

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS INTERACTIVOS  
DE VOZ (IVR) EN UNA RED DE TELEFONIA FIJA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:  
DEYBI ROBERT MARTINEZ JANAMPA**

**PROMOCIÓN  
2008-I**

**LIMA-PERÚ  
2012**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS INTERACTIVOS DE VOZ  
(IVR) EN UNA RED DE TELEFONÍA FIJA**

---

**A mis padres y hermanas por su gran apoyo para seguir avanzando en mis metas trazadas.**

---

## **SUMARIO**

El presente estudio tiene por objetivo revisar las tecnologías aplicadas y mostrar los criterios para el diseño de un proyecto de implementación de un sistema interactivo de voz aplicado a la necesidad de empresas y negocios en el Perú. El acrónimo IVR proviene de las iniciales en inglés Interactive Voice Response, cuya traducción al castellano es respuesta de voz interactiva, o más conocido como sistema interactivo de voz, es un aporte de la ingeniería que consiste en un sistema autónomo capaz de interactuar con las personas a través de una red telefónica, un IVR es diseñado y dedicado a la atención automatizada de llamadas al centro de atención telefónico de una empresa proveedora de servicios, estos sistemas adoptan una inteligencia prediseñada, en base a una estructura lógica planificada según las necesidades de soporte y la atención telefónica requerida por los usuarios.

En tal sentido, para conocer y entender el funcionamiento de los IVR el presente estudio ha sido dividido en seis capítulos, cada uno de los cuales fue desarrollado bajo la premisa de poder explicar los aspectos que permiten entender como funciona un IVR, que aplicaciones tiene y que se necesita para una implementación.

La aplicación de los IVR está bastante difundida en diferentes rubros, es el caso de entidades financieras, aeropuertos y proveedores de productos y servicios en general, permitiendo la atención automatizada de las llamadas de sus usuarios en interacciones que no requieren de una atención personalizada.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO E INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b>	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos del trabajo	2
1.3 Descripción del problema	3
1.4 Limitaciones del trabajo	3
1.5 Síntesis del trabajo	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO CONCEPTUAL</b>	5
2.1 Red de telefonía	5
2.2 Red de Telefonía Pública Conmutada	5
2.3 Partes de la red de telefonía	6
2.3.1 Terminal de abonado	5
2.3.2 Sistema de transmisión	9
2.3.3 Central de conmutación de circuitos	12
2.3.4 Señalización	18
2.3.4.1 Señalización entre abonado y central de conmutación	19
2.3.4.2 Señalización entre nodos de una red telefónica	24
2.4 Telefonía y Voz sobre IP	28
2.4.1 Clasificación de protocolos sobre IP	33
2.4.1.1 Protocolo de inicio de sesión	33
2.4.1.2 Protocolo de transporte de tiempo real	35
2.4.2 Conversión analógica a digital de la voz	36
2.4.3 Codificador y Decodificador de la voz	36
2.4.4 Calidad de servicio	38
2.4.5 Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)	40

**CAPÍTULO III****SISTEMAS INTERACTIVOS DE VOZ**

<b>3.1</b>	<b>Sistemas Interactivos de voz</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Integración de una red telefónica privada y la red de telefonía pública</b>	<b>44</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Hardware y Software para un IVR</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Sistemas interactivos de voz y necesidades de los negocios en nuestro país</b>	<b>47</b>
<b>3.3</b>	<b>Funciones de programación</b>	<b>48</b>
<b>3.4</b>	<b>Conversión de texto a voz con Festival</b>	<b>50</b>
<b>3.5</b>	<b>Características de los IVR</b>	<b>51</b>
<b>3.6</b>	<b>Aplicaciones de un IVR</b>	<b>52</b>

**CAPÍTULO IV****IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO DE VOZ** ..... 54

<b>4.1</b>	<b>Recopilar información</b>	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>Cálculos y dimensionamiento</b>	<b>55</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Modelo Erlang-B</b>	<b>57</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Efecto de incremento de tráfico</b>	<b>58</b>
<b>4.3</b>	<b>Planificación</b>	<b>59</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Plan de trabajo</b>	<b>59</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Tecnologías y recursos de un centro de atención de llamadas</b>	<b>61</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Alta disponibilidad</b>	<b>64</b>
<b>4.4</b>	<b>Desarrollo de IVR</b>	<b>65</b>
<b>4.4.1</b>	<b>IVR e integración con tecnologías de la información</b>	<b>66</b>
<b>4.5</b>	<b>Etapa de pruebas y validación</b>	<b>67</b>

**CAPÍTULO V****CASO DE ESTUDIO****SISTEMA INTERACTIVO DE VOZ DE UN PROVEEDOR DE ENERGIA ELECTRICA**

<b>5.1</b>	<b>Bienvenida y menú principal</b>	<b>68</b>
<b>5.2</b>	<b>Opción de nuevos productos y servicios</b>	<b>69</b>
<b>5.3</b>	<b>Opción de información de requisitos</b>	<b>70</b>
<b>5.4</b>	<b>Opción de saldo y fecha de vencimiento</b>	<b>71</b>
<b>5.5</b>	<b>Opción de información de suministro eléctrico</b>	<b>72</b>

**CAPÍTULO VI****COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN IVR CON ASTERISK** ..... 73**RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES** ..... 76**ANEXO A****RECOMENDACIÓN Q.23 ITU-T**

**ANEXO B**

RECOMENDACIÓN Q.24 ITU-T

**ANEXO C**

RECOMENDACIÓN G.703 ITU-T

**ANEXO D**

RECOMENDACIÓN E.164 ITU-T

**ANEXO E**

RECOMENDACIÓN G.732 ITU-T

**ANEXO F**

RECOMENDACIÓN G.711 ITU-T

**ANEXO G**

RECOMENDACIÓN G.729 ITU-T

**ANEXO H**

RECOMENDACIÓN ETS 300 102

**ANEXO I**

GSM

**ANEXO J**

DISTRIBUCIÓN DE POISSON

**ANEXO K**

PLAN TECNICO FUNDAMENTAL DE SEÑALIZACIÓN

**ANEXO L**

GLOSARIO DE TERMINOS

**BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de telefonía desde su concepción constituyen un gran aporte de la electrónica y telecomunicaciones a la necesidad cada día más creciente de comunicación de las personas y en diferentes contextos, ya sean por motivos de negocios, de acceso a la información, o en general, la necesidad de interacción de cada persona con el mundo que nos rodea.

Un sistema interactivo de voz (IVR) consiste en una solución basada en un sistema de telefonía con una autonomía prediseñada que interactúa con las personas mediante grabaciones o reproducciones de voz con la finalidad de proporcionar al usuario una atención automática y en muchos casos solicitar la intervención de un agente para una atención personalizada.

En términos más generales un IVR tiene la función principal de interactuar con el usuario con el objetivo de intercambiar información, guiando al usuario en una atención telefónica automatizada, lo cual genera muchos beneficios para una empresa, permite optimizar los tiempos de atención, automatizar la atención de sus clientes hasta cierto nivel según sea el criterio y necesidad de la empresa, constituye un mecanismo muy rentable en el manejo de las llamadas en cualquier fecha y hora y además permite obtener información acerca de las necesidades de los clientes.

Hoy en día los IVR son una necesidad para grandes empresas y negocios en pleno crecimiento, esta necesidad se basa en la demanda de sus clientes para recibir atención vía telefónica, para atender sus requerimientos y consultas o brindar un servicio en cualquier momento del día.

Es importante recalcar que en el segundo capítulo se estudia la red de telefonía pública, sin embargo en concordancia al alcance del presente estudio, solo se hace énfasis a la red de telefonía fija, y no a la telefonía celular, esto debido a que normalmente una red de telefonía privada de un centro de atención de llamadas se integra a la red de telefonía fija, sin embargo no existe inconveniente alguno para el acceso desde un teléfono celular siguiendo el plan de marcación vigente para llamar a un número fijo desde un teléfono celular.



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO E INGENIERÍA DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

Una de las mayores necesidades de las industrias que ofrecen servicios de consumo masivo es la de ofrecer a sus clientes distintos medios de comunicación que permita atender consultas o requerimientos de manera eficiente y productiva tanto para la empresa como para el cliente, en general cualquier empresa proveedora de productos y servicio maduro o en proceso de desarrollo requiere continuamente automatizar sus procesos para hacer mas eficiente y rentable el negocio, y como parte importante de las estrategias de negocio está la necesidad de ofrecer a sus clientes y usuarios un mecanismo automatizado que permita optimizar los procedimientos de atención, los medios pueden ser muchos, sin embargo el medio de comunicación de mayor difusión y accesibilidad para el usuario es la vía telefónica.

Hoy en día es común que cualquier persona sea usuario de algún servicio, por ejemplo en la mayoría de hogares de nuestro país el servicio básico de electricidad, y esporádicamente surge la necesidad de comunicarse con el proveedor del servicio para realizar consultas o reclamos acerca del servicio, comúnmente el medio de comunicación mas accesible a cualquier persona es la vía telefónica. Es lógico pensar que mientras mas clientes tenga una empresa es mas probable reciba en algún momento una comunicación por algún motivo y con mayor frecuencia, ante esta necesidad, se ha vuelto indispensable para las empresas poder brindar un medio telefónico funcionalmente eficaz que permita al usuario conseguir de una manera práctica la información que necesita y al mismo tiempo le permita a la empresa ahorrar costos en recursos humanos y logísticos.

Por lo expuesto, los sistemas interactivos de voz son una necesidad para las empresas, ya que constituyen un medio eficaz para automatizar los procesos de atención de los clientes, haciendo que las tareas comunes y repetitivas sean resueltas de manera autónoma y de no ser esto posible, derivar la llamada a una persona especializada para atender la consulta o necesidad del cliente.

## **1.2 Objetivos del trabajo**

El objetivo del presente trabajo es revisar los conceptos, criterios y tecnologías que están asociados al desarrollo de un sistema interactivo de voz de acuerdo a las necesidades actuales de proveedores de productos y servicios en nuestro país.

Se estudiarán los sistemas interactivos de voz en el marco de una red de telefonía fija.

## **1.2 Evaluación del problema**

El trabajo de implementación de un IVR tiene por objetivo cubrir una necesidad, en este caso la necesidad de una compañía para atender de una manera eficiente las llamadas telefónicas de los usuarios o clientes. Muchas de las razones por las cuales se comunica un cliente es para hacer una consulta sencilla y frecuente, por ejemplo consultar su deuda, este tipo de consultas pueden ser atendidas de manera inmediata sin necesidad de la intervención de una persona y es uno de los aspectos que es posible automatizar, ahorrándole tiempo al cliente y reduciendo costos a la compañía.

En este sentido, una de las primeras tareas a la hora de diseñar un IVR es identificar cuáles son las interacciones más usuales, es decir las necesidades más comunes de quienes se comunican al centro de atención para poder automatizarlas, agilizando las llamadas y enfocando el recurso humano en situaciones que realmente lo requieran.

Normalmente implementar un IVR demanda de grandes capacidades de procesamiento, debido a que las llamadas se pueden presentar de manera simultánea, las capacidades necesarias varían de acuerdo a que tan masivo es el servicio que ofrece la compañía.

## **1.3 Limitaciones del trabajo**

Se debe entender que un IVR es la parte automatizada de un centro de atención de llamadas. Un centro de atención está conformado por el espacio físico, material logístico, recursos tecnológicos y personal humano que en su conjunto tiene como objetivo dar atención a los requerimientos y consultas vía telefónica de los clientes de una compañía.

El presente estudio se enfoca en revisar los aspectos involucrados en el desarrollo de un IVR, en algunos casos y cada vez que sea necesario se tocarán detalles referidos a los centros de atención de llamadas.

El presente estudio no alcanza a la implementación de un IVR, se enfoca en la explicación en detalle de todos los recursos necesarios para el diseño e implementación del mismo.

El caso de estudio trata sobre un IVR dedicado a la atención de clientes de una compañía proveedora de energía eléctrica, cuyo código no será publicado por razones de seguridad de la información, se tratará el caso de manera descriptiva para ilustrar la utilidad del IVR.

#### **1.4 Síntesis del trabajo**

Para poner el tema en contexto, a continuación se mencionan algunas características de los sistemas interactivos de voz (IVR):

- Un IVR es un programa cuyo código es diseñado en función a necesidades de automatización de atención de llamadas de una compañía, el lenguaje de programación depende de la tecnología sobre la cual se va a desarrollar.
- Un IVR reside en un servidor físico que dá soporte al conjunto de procesos que se ejecutan durante su operación.
- El IVR como parte de una red privada de telefonía, se integra a una red de datos, con fines de administración vía IP, interacción y comunicación con otros recursos de la red tales como base de datos y servidores que ofrecen funciones complementarias y especializadas propias de un centro de atención de llamadas, además forma parte una red digital, debido a que usualmente se opta por medios digitales para la transmisión de señales entre el IVR y la central telefónica.

En síntesis el IVR es un recurso en una red de telefonía privada, interconectado a la red de telefonía pública que presta servicios de interacción por tonos y sintetización de la voz con los usuarios y cuya funcionalidad es plasmada en un código programado, para su implementación es necesario entender el funcionamiento de las redes telefónicas, y los criterios lógicos para el despliegue de un programa en base a un conjunto de funciones disponibles en un lenguaje de programación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

#### **2.1 Red de Telefonía**

Una red de telefonía es la integración de un conjunto de componentes, tanto hardware y software que constituye la plataforma que permite la comunicación por voz entre dos personas físicamente distantes, sin embargo considerando las nuevas aplicaciones de esta red desde sus inicios a la actualidad también se puede añadir que permite la comunicación de una persona con un sistema interactivo de voz o viceversa y que las características funcionales de esta infraestructura de la mano con las nuevas tecnologías emergentes han hecho posible expandir la funcionalidad de la red telefónica y permitir también las comunicaciones de datos, tal es el caso del envío de fax, el acceso a internet, funcionalidades que aprovechan gran parte de la arquitectura de la red y cuya utilidad hoy en día está muy desarrollada.

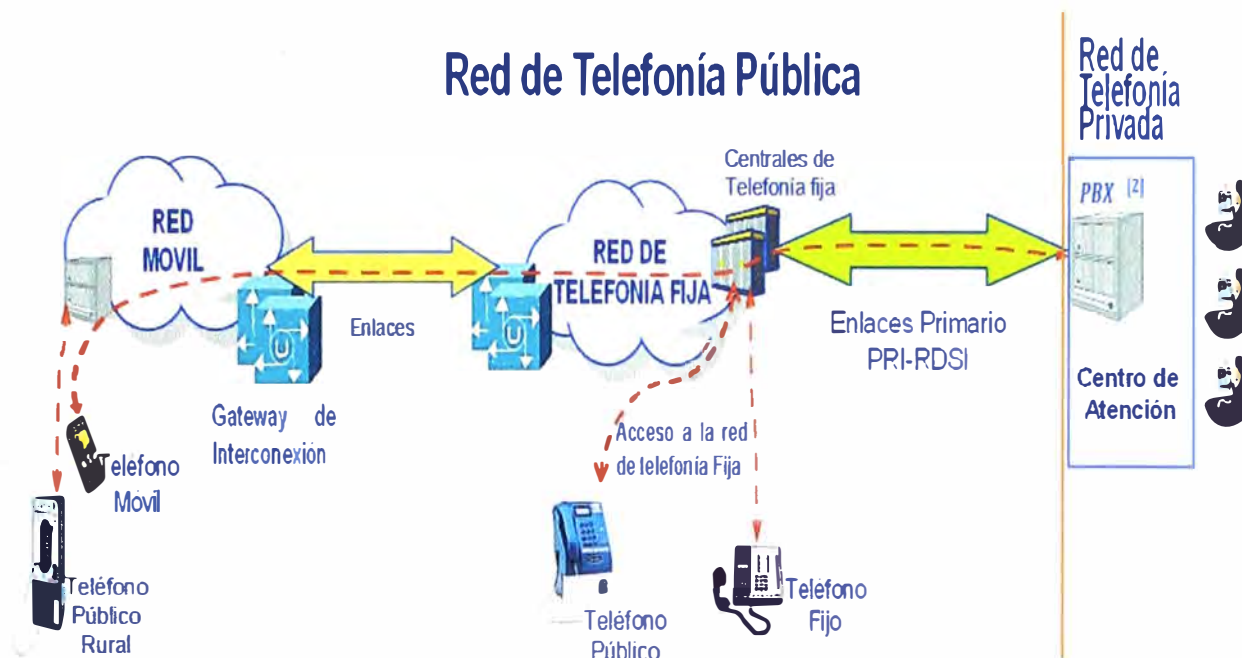
#### **2.2 Red de Telefonía Pública Conmutada**

También conocido como red de telefonía básica o RTB, es un conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios que permite enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación telefónica y que desaparece una vez que se ha completado la misma. La red de telefonía pública es frecuentemente asociado al termino PSTN<sup>1</sup> proveniente de sus iniciales en inglés.

Se denomina pública dado que esta red de telefonía permite el acceso de comunicación a cualquier usuario de teléfono fijo o celular, sea de carácter local, nacional o internacional, esto gracias a la integración de las redes telefónicas entre los distintos operadores y proveedores de telecomunicaciones.

La figura 2.1 se muestra un esquema que describe la estructura de la red de telefonía pública y su integración con una red privada.

[1] PSTN: acrónimo ingles de red de telefonía pública conmutada (Public Switched Telephone Network).



**Figura 2.1- Red de Telefonía Pública.**

Entonces el objetivo de la Red telefónica conmutada es conseguir la conexión entre todos los usuarios de la red, a nivel geográfico local, nacional e internacional; los servicios que se pueden ofrecer en la red PSTN son:

- Larga distancia nacional e internacional.
- Asistencia por operadoras; por citar un ejemplo es el caso de los números 108 y 109 de Telefónica del Perú que brinda asistencia para comunicaciones de larga distancia nacional y a países con restricción de discado directo internacional.
- Números gratuitos; tal es el caso de los números 0800 (de red inteligente), donde el costo de la llamada es gratuita para quien la realiza, por lo general es la empresa arrendataria del número quien cubre los costos de estas llamadas con su proveedor.
- Tarjetas pre-pago, mediante el cual se anticipa el importe del consumo máximo por la llamada que se va a realizar con la tarjeta.
- Internet, RDSI<sup>3</sup> y redes privada virtuales.

### 2.3 Partes de la red de telefonía

La red de telefonía está constituida por cuatro partes

- Terminal de abonado
- Sistema de transmisión
- Central de conmutación de circuitos
- Sistema de señalización

[2] PBX: Es un término atribuido a las centrales telefónicas privadas, proveniente de las iniciales del término en inglés Private Branch Exchange.

[3] RDSI: Acrónimo de Red Digital de Servicios Integrados, explicado en la página 18.

### 2.3.1 Terminal de abonado

El terminal de abonado es el equipo telefónico usado como interfaz de acceso a la red de comunicación de telefonía, se conecta mediante un par de cobre hasta el PTR<sup>4</sup>, la instalación correspondiente desde PTR hacia el domicilio es de dominio del abonado, pudiendo conectar un teléfono o más equipos de acuerdo a su necesidad.

El teléfono cumple dos funciones, primero la de establecer la conexión con la red de telefonía a través de impulsos que son convertidos y enviados por la línea o tonos de frecuencia generados por el disco dactilar<sup>5</sup> de un teléfono antiguo o actualmente el teclado numérico<sup>6</sup> según sea el caso, para dar acceso a la comunicación con el destinatario, detrás de este proceso hay protocolos y recursos que permiten la comunicación la cual será repasado mas adelante.

En segundo lugar el aparato telefónico permite la comunicación de voz entre los abonados mediante transductores que convierte la voz en señal eléctrica en el transmisor y la señal eléctrica en voz en el receptor.

En la figura 2.2 se puede apreciar un diagrama de bloques del aparato telefónico convencional (de línea analógica), constituido por el transmisor y receptor que son los transductores y el circuito híbrido para la conversión de la señal eléctrica en acústica y viceversa, el teclado numérico para generar los tonos DTMF<sup>7</sup> para interactuar con la red y solicitar una comunicación con otro abonado, el switch que permite colgar y descolgar el teléfono y el timbrador para alertar cuando se está recibiendo una llamada.

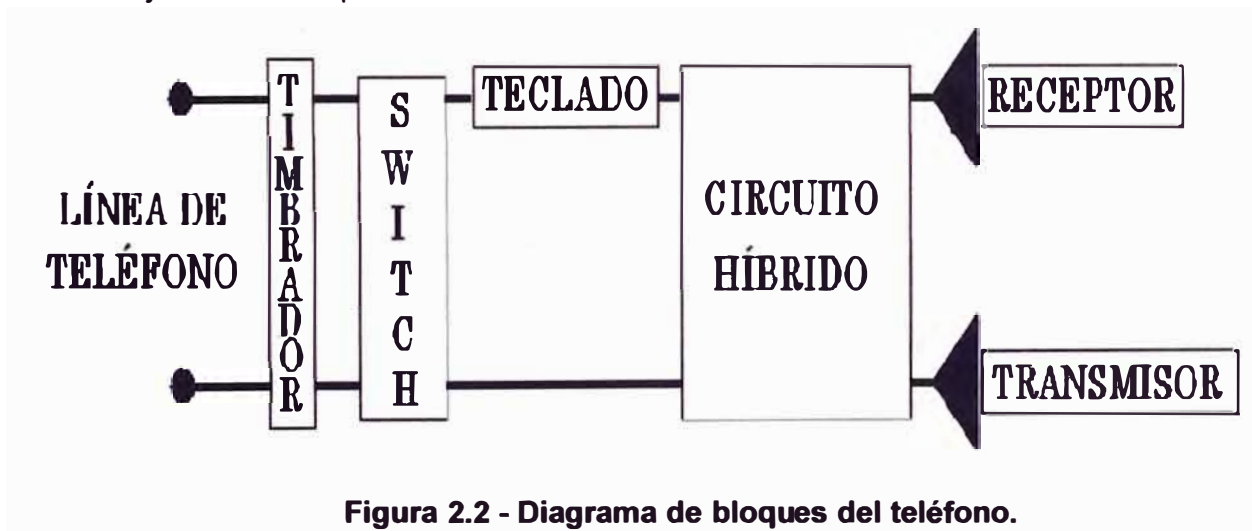


Figura 2.2 - Diagrama de bloques del teléfono.

[4] PTR: Iniciales de Punto de Terminación de Red.

[5] Disco dactilar: mecanismo de discado en teléfonos antiguos.

[6] Teclado Numérico: mecanismo actual de discado, genera un tono de dos frecuencias definidas para identificar cada dígito marcado desde el equipo terminal.

[7] DTMF: Acrónimo del término inglés Dual Tone Multi Frequency, explicado en la siguiente página.

Este punto es importante para los propósitos del presente trabajo, debido a que uno de los mecanismos que permite la interacción del usuario con un IVR es el teclado numérico, ante una petición del IVR el usuario puede interactuar mediante el teclado, por el cual se generan los tonos de frecuencia que son identificados por el IVR y atribuidos a una condición prevista en el flujo del tratamiento de la llamada.

### Tonos de Multifrecuencia

También denominado DTMF<sup>7</sup>, por sus iniciales en inglés, es un mecanismo de señalización analógica que consiste en el envío de frecuencias dentro de la banda base desde el equipo terminal para señalizar con la central de conmutación, las características técnicas de DTMF fueron normadas por la recomendación Q.23<sup>[8]</sup> de la ITU-T<sup>[9]</sup> en el fascículo VI.1 del denominado Blue Book en la cual se establecen las características de los aparatos telefónicos para la transmisión de las señales DTMF.

La recomendación establece que al marcar un botón se genera una señal de multifrecuencia compuesto por dos frecuencias emitidas simultáneamente, además plantea el uso de 10 señales de multifrecuencia, para cubrir los diez dígitos decimales y 6 dígitos reservados, es decir un total de 16 señales cuyos valores de frecuencias están determinados por un arreglo matricial de 4x4 según se observa en la figura 2.1.

La distribución está definida por dos grupos de frecuencias:

- Frecuencias inferiores: 697, 770, 852 y 941 Hz.
- Frecuencias superiores: 1209, 1336, 1477 y 1633 Hz.

La información de numeración se transmite a la central telefónica a la que el abonado está conectado, y no habría ningún tono que pudiera afectar la conexión después de su establecimiento.

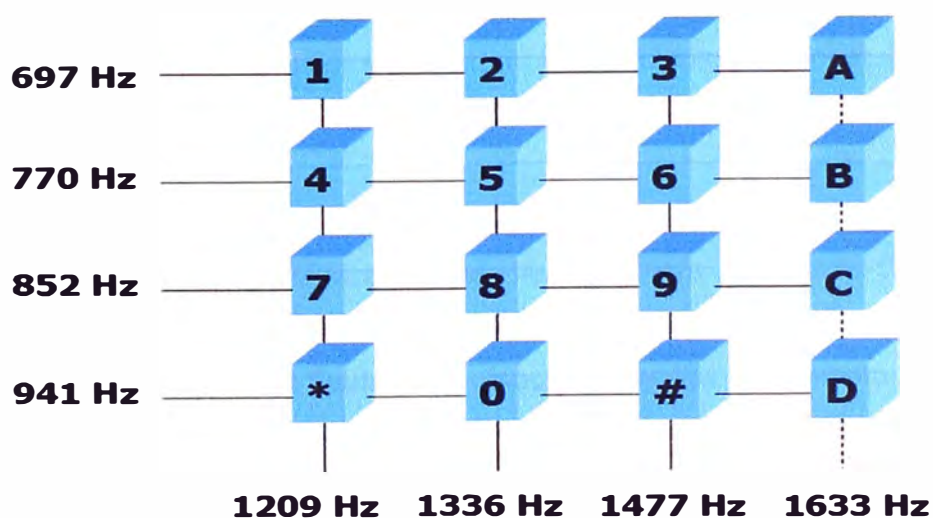


Figura 2.3 - Arreglo de frecuencias DTMF.

[8] Q.23: Anexo A.

[9] ITU-T: Sector de telecomunicaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones.

La norma Q.24<sup>[10]</sup> en complemento a la norma Q.23<sup>[8]</sup> establece las recomendaciones que se aplican en las centrales de conmutación para la recepción de señales DTMF en lo que refiere a niveles de potencia de recepción, tolerancias de frecuencia, consideraciones de duración de la señal, condiciones de interferencia, entre otros.

En la normativa aplicada en nuestro país estos aspectos están contemplados en el “plan técnico fundamental de señalización”<sup>[11]</sup> aprobada en abril del 2003 por el MTC.

### 2.3.2 Sistema de transmisión

Está conformado por el medio físico que conduce las señales portadoras de voz y/o datos, y los equipos electrónicos del medio para transmisión y recepción. El medio físico puede ser cable coaxial, par de cobre, cables multipar, fibra óptica, o el aire para formas de transmisión inalámbricas.

Las principales funciones de los sistemas de transmisión son organizar y optimizar el uso de medios físicos, por ejemplo mediante técnicas de multiplexación en el tiempo para explotar el ancho de banda disponible en el medio de transmisión, cabe mencionar que la red de acceso para un usuario de la red de telefonía puede ser analógico (acceso tradicional) o digital, para el caso de las interconexiones entre los nodos de la red de telefonía se utiliza un formato digital, por las capacidades que esta ofrece.

G. 703<sup>[12]</sup> es un estándar publicado por la ITU-T que describe las características físicas y eléctricas de una interfaz para la transmisión digital de señales, los principios de G.703 son aplicables a las interfaces con velocidades de transmisión de datos que van desde 64 kbps hasta 2,048 Mbps.

En la figura 2.4 se puede apreciar un circuito electrónico full dúplex, para la transmisión y recepción de la voz en formato digital, soporta 32 canales de 64kbps de los cuales 30 canales son para voz, mas adelante se explicara el concepto de E1, y está basado en multiplexación por división en el tiempo y con un acoplamiento de 75ohm, esto le permite trabajar con un par de cables coaxial, a continuación se describen algunas de las partes del circuito:

- **MT8979 ISO-CMOS (1)**, se encarga de la multiplexación por división en el tiempo, opera con una tasa de 2.048Mbps, transmite de manera secuencial 8 bits por canal para 32 canales de transmisión cada 125us.
- **MT8985 Enhanced Digital Switch (2)**, dispositivo de alto rendimiento diseñado para conmutar señales digitalizadas con codificación PCM.
- **TC551001CP (3)**, dispositivo de memoria SRAM (Static Random Access Memory) con capacidad de 131,072 palabras de 8bits.

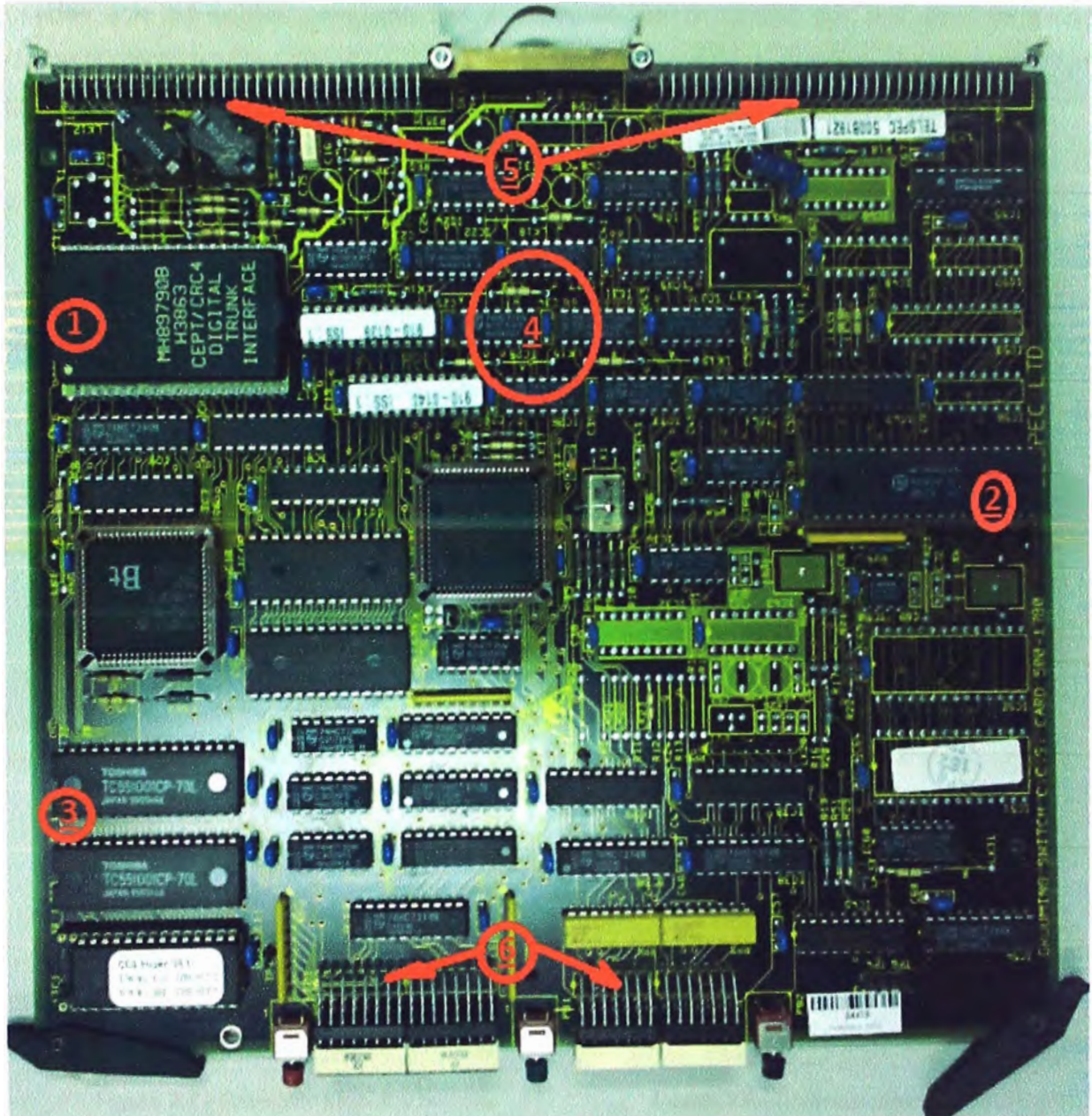
[10] Q.24: Anexo B.

[11] Plan técnico fundamental de señalización: Anexo K.

[12] G.703: Anexo C.



- **74HCT (4)**, familia de dispositivos CMOS, con aplicaciones de trigger, contadores binarios sincrónicos, compuertas lógicas, etc.
- **Interfaz de conexión (5)**, conector de alta densidad para la transmisión y recepción, permite acoplarse mediante un adaptador con salidas BNC a líneas de transmisión coaxial de 75ohm de impedancia.
- **Display (6)**, muestra el estado lógico del enlace de transmisión.



**Figura 2.4 - Circuito de transmisión digital (30 canales de voz).**

Además del sistema de transmisión, en una central telefónica digital es muy importante el procesamiento digital de señales, hoy en día la telefonía incorpora módulos DSP de gran capacidad cuya función es la codificación de la voz para la transmisión digital incluyendo capacidades de compresión, estos recursos de DSP se irán utilizando en función a la

cantidad de llamadas simultáneas y el tipo de codificación digital de la voz y se liberan al finalizar la llamada.

Hoy en día es común trabajar con tarjetas full dúplex digital con capacidad ajustable de acoplamiento, se pueden acoplar con impedancias de 75ohm para conexión de cables coaxial o 120ohm para conexión del cable multipar.

En un sistema de telefonía, los medios físicos para transmisión digital típicamente usados son los cables coaxiales flex y cable de par trenzado, por sus características físicas y eléctricas favorables.

### Cable coaxial Flex

Los cables coaxiales flex tienen una impedancia de acoplamiento de 75 ohm, se instalan en pares, uno para transmisión y el otro para recepción.

En la figura 2.5 se muestran ambos extremos de un cable coaxial flex preparado para su instalación, además en la figura 2.6, figura 2.7 y figura 2.8 se muestran los distintos adaptadores usados en la elaboración de un cable coaxial para su acoplamiento al equipo de transmisión y recepción.



Figura 2.5 - coaxial con terminación siemens y BNC.



Figura 2.6 - Conector BNC macho.



Figura 2.7 - Conector siemens macho.



Figura 2.8 - Conector siemens hembra.

Normalmente los adaptadores BNC<sup>13</sup> y siemens macho son utilizados en la terminación los cables coaxiales, los adaptadores siemens hembra son instalados en los paneles de conexión o DDF<sup>14</sup>, finalmente los adaptadores de las tarjetas de TX y RX viene con conectores BNC hembra propios de fábrica.

[13] BNC: Conector usado en cables coaxiales, proviene del término inglés Bayonet Neill Concelman.

[14] DDF: Proviene del término inglés Digital Distribution Frame, es un armario que permite agrupar y distribuir los enlaces de red de transmisión que convergen en una instalación o lugar físico.

### Cable de par trenzado

Comúnmente utilizado en las redes de datos y en general en transmisión digital de señales, se caracteriza por el entrelazado de los pares, lo cual permite reducir las interferencias por diafonía.

Para telefonía se utiliza categoría 5e y conector RJ45, la impedancia de acoplamiento es de 120ohm, en la figura 2.9 se muestra la distribución de hilos para ambos extremos del cable de par trenzado usados en enlaces primarios (E1).



**Figura 2.9 - Cable de par trenzado y distribución de hilos para telefonía.**

### BALUN

Es un dispositivo de acoplamiento para dos líneas de transmisión con diferentes características de impedancia, son utilizados principalmente porque permiten ahorro de costos y ahorro en espacio, ya que permite reemplazar los cables coaxiales por cables de par trenzado los cuales resultan mucho más económicos, en la figura 2.10 se muestra un balun, como se puede apreciar, consta de dos conectores BNC hembra para adaptar el par coaxial de transmisión y recepción, y por el otro lado un puerto RJ45 para conectar el cable de par trenzado.



**Figura 2.10 - Balun.**

Los balun utilizados para telefonía suelen ser de capacidades de transmisión de 2 a 8Mbps.

#### 2.3.3 Central de conmutación de circuitos

Viene a ser la parte inteligente de la red de telefonía, que se encarga de encaminar la llamada a través de la red hacia el destino al cual un usuario desea comunicarse en base

a un plan de numeración y patrones de enrutamiento que se definen en cada central, la central de conmutación viene a ser un nodo en la red de telefonía, y a la vez la red está constituida por un conjunto de nodos cuya interconexión y cobertura dan servicios de comunicación a los usuarios.

Al hablar de centrales se aplica el término “conmutación de circuitos” debido a que cumple la función de determinar el medio físico por el cual se va establecer la llamada, desde el inicio hasta el fin de su duración y ello en la mayoría de casos involucra varias centrales interconectadas entre si desde la central local que alberga al abonado llamante hasta la última central que se asocia localmente con el abonado de destino.

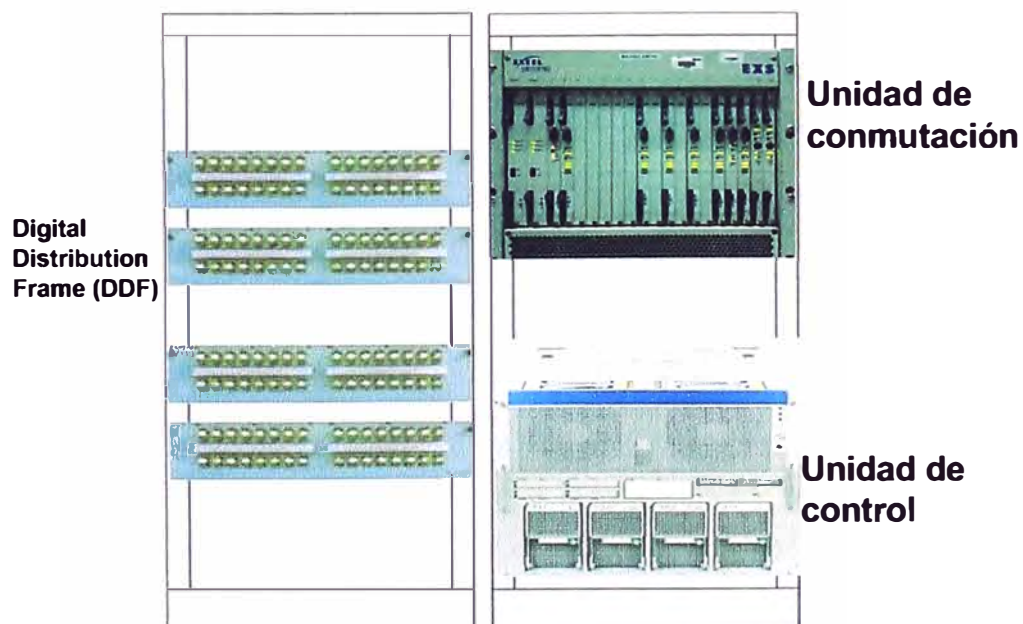
Además de la función de conmutación, las centrales de telefonía cumplen también la función de control ya que son capaces de identificar cuando una llamada inicia o finaliza para asignar o liberar los recursos de voz que fueron asignados para la comunicación mientras esta haya durado, esta funcionalidad está basada en protocolos de señalización que vienen a ser datos que las centrales manejan y se comunican entre sí cuando se asocian para entablar, mantener y finalizar una llamada.

### 2.3.3.1 Partes de la central telefónica

Las dos partes más importantes de la central de conmutación son:

- La unidad de conmutación
- La unidad de control

En la figura 2.11 se observa una representación de la instalación de una central telefónica digital, la unidad de conmutación contiene un conjunto de tarjetas que permite la comunicación de la unidad de control con otras centrales de la red pública o red privada y con los equipos de distribución de línea de abonado.



**Figura 2.11** Unidad de control de control y conmutación de una central digital.

### 2.3.3.1a) Unidad de conmutación

También conocida como matriz, es la parte de la central telefónica que se encarga de establecer una conexión o asociación entre dos tramos físicos que determina el canal de voz que permite la comunicación entre dos o más usuarios, por un lado está el canal de voz asociado al abonado llamante y por el otro un canal que permita seguir una ruta para alcanzar al destinatario de la llamada.

La conmutación nació como método de conexión desde los inicios de la telefonía, el objetivo es concentrar las conexiones de los abonados a un punto en la red (nodo), desde el cual se va a realizar la función de interconexión con los demás abonados y con otros nodos de la red, se adoptó este método debido a que permite hacer un uso muy eficiente de los canales de voz, pero para poder adoptarlo demanda de una gran capacidad de procesamiento; en los inicios de la telefonía esta función se realizaba manualmente mediante la intervención de una operadora, que haciendo uso de conectores y un cable, unía manualmente los canales de voz del usuario llamante con el destinatario, debido a la creciente demanda del servicio de telefonía esta técnica ha ido evolucionando, pasando por la conmutación realizada por circuitos electrónicos digitales con grandes capacidades de conmutación y hoy en día con la aparición de la telefonía IP esta función es realizada por software.

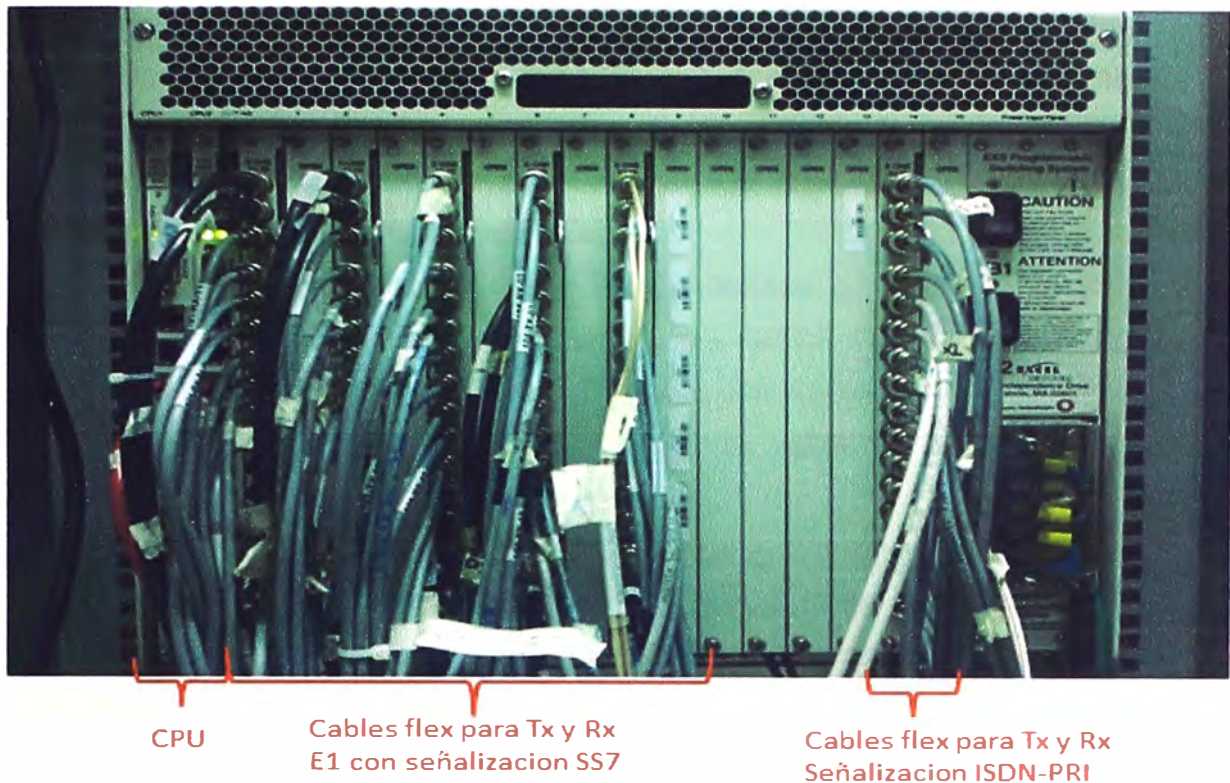
En la figura 2.12 se muestra la estructura de una matriz de conmutación de una central digital, en ella se puede observar un arreglo de tarjetas que permiten la conexión de cables coaxial en pares, para la transmisión y recepción de la voz, para este caso la matriz es capaz de soportar señalización SS7<sup>[15]</sup> y señalización DSS1<sup>[16]</sup>, mas adelante se revisará los distintos tipos de señalización en telefonía y el protocolo de transmisión E1<sup>[17]</sup>.

Para que la matriz realice la función de conmutación se le debe configurar criterios de encaminamiento que le permitan reconocer la ruta física a seguir entre todas las conexiones que mantiene con otros nodos de la red, y poder alcanzar conexión con el destinatario, los puertos de la matriz son interfaces donde son conectados los enlaces de voz, típicamente para una distribución ordenada el otro extremo de los enlaces son agrupados en un DDF desde el cual se interconectarán a otras centrales o con los puntos de distribución hacia los abonados.

[15] SS7: Protocolo de señalización por canal común, explicado en la página 27.

[16] DSS1: Protocolo de señalización en una red digital de servicios integrados, explicado en la página 24.

[17] E1: Protocolo de transmisión digital basado en multiplexación por división en el tiempo, tiene una capacidad de 2.048Kbps, los detalles del caso son explicados en la página 25.



**Figura 2.12 - Matriz de conmutación.**

#### a.1) Criterios de encaminamiento

Es la tabla de enrutamiento de la central de telefonía, consiste en el uso planificado de parámetros numéricos configurados en una central, cada cual está asociado a los enlaces de interconexión de la central con otros nodos, esto le permite a la matriz de conmutación identificar por donde deberá encaminar una llamada cuando recibe una trama numérica proveniente de algún abonado local o remoto que intenta realizar una llamada a algún destino, cuando un abonado intenta comunicarse genera una cadena de números la cual es leída por la central en orden desde el primer dígito discado, si se logra identificar un patrón definido en la tabla de enrutamiento se realizara la conmutación correspondiente para encaminar la llamada por el enlace que está asociado a dicho patrón, esta asociación entre patrón numérico y enlace es conocida como patrón de enrutamiento o "router pattern".

El patrón de enrutamiento tiene entre sus funciones editar la trama numérica, agregar un nuevo patrón numérico, eliminar el patrón o sencillamente no hacer modificación de la trama, en resumen permite acomodar la trama para el siguiente salto, finalmente permite desbordar las llamadas por una ruta alternativa o contingente en casos de saturación o un estado de fuera de servicio de la ruta principal.

Por otro lado si una trama no contiene un patrón definido en una central, ya sea local o remota respecto del abonado llamante entonces la llamada no se concretará, debido a

que el destino será considerado inalcanzable, esto significa que los patrones de numeración deben ser definidas en cada nodo de la red telefónica, y el planeamiento, la distribución y modificación de los patrones numéricos en cada nodo constituyen los criterios de encaminamiento que permite que dos abonados cualesquiera puedan comunicarse desde cualquier punto de la red.

Una vez que la llamada llega al último nodo, el formato de la cadena de dígitos que recibe esta última central telefónica debe ser tal que identifica un número local, es decir, esta central no va buscar una ruta para dar un salto a un siguiente nodo, sino identifica el número recibido como número local y envía la señal de timbrado al número correspondiente.

Para ilustrar la idea de criterio y patrón, se describe la definición de un “número directo” asociado a un anexo de una red privada, en la figura 2.13 se observan 3 ejemplos de llamadas realizadas desde los terminales N1, N2 y N3, asociados a la central A, como se observa, la central A (local) encamina la llamada por la troncal<sup>18</sup> A1B1 para cualquier número de destino que comience con la serie 311 o 511, es decir para enrutar al siguiente salto se considera como criterio de encaminamiento los primeros dígitos del número marcado, para este caso los prefijos 311 y 511, incluso si se marca a un celular el criterio de encaminamiento podría ser el prefijo 9 y la ruta para este caso es A2B2 como se observa en la figura 2.13, además el patrón de enrutamiento en la central A asocia los prefijos 311 y 511 con la troncal<sup>16</sup> A1B1, y retransmite los números de destino sin modificación alguna; en la central B observar hay una ruta independiente para cada prefijo, y el usuario final es una central privada C, esta identifica el número de destino y hace una conversión del número de 7 dígitos a uno de 4 dígitos correspondiente a un anexo interno, para este caso la central C borra los primeros 4 dígitos de la serie 311XXXX tomando los 3 últimos dígitos del número destino, y finalmente inserta el número 7 (ver el cuadro 2.1), de esta forma se construye el número final y se procede al timbrado correspondiente, de manera similar para la serie 511XXXX se aplica el mismo criterio pero para este caso el dígito insertado es 8, por ejemplo en la figura 2.13 el número interno 8010 corresponde a un IVR asociado al número público 5116010.

**Cuadro 2.1 – Asociación de número público y anexo interno**

Número	Borrar 4 dígitos	Nos queda	Agregar dígito	Extensión
3116467	<del>3116</del>	467	7	7467
3116468	<del>3116</del>	468	7	7468
5116010	<del>5116</del>	010	8	8010

[18] Troncal: Es una conexión física que agrupa de varios canales de transmisión.

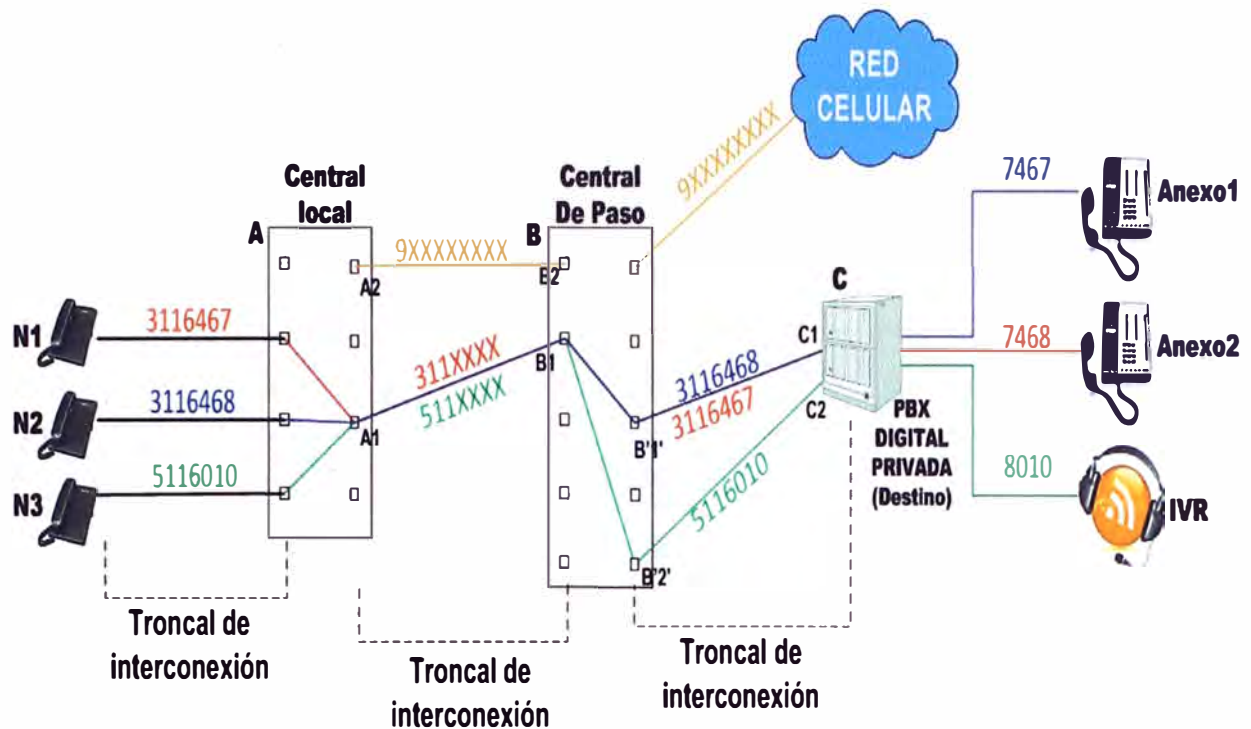


Figura 2.13 - Criterio de encaminamiento.

Para llamar entre anexos solo bastara marcar los 4 dígitos, sin embargo desde la red pública se deberá marcar el número público "directo" correspondiente.

Como se puede apreciar, las redes de telefonía demandan trabajar con las facilidades que ofrecen los criterios de encaminamiento para definir una ruta física que permita conectar al usuario llamante con el destinatario, y trabajar con los patrones de enrutamiento que permiten manipular los números de acuerdo al plan de encaminamiento definido.

En complemento a la planificación del encaminamiento, el plan de numeración permite definir la estructura de los números de la red de telefonía y como es que un usuario debe marcar desde su origen para comunicarse con el destinatario, sea o no a un destino local.

#### a.2) Plan de numeración

Consiste en la distribución planificada de los números telefónicos que permiten la identificación univoca de un abonado en una red de telefonía, el plan de numeración se complementa con criterios de encaminamiento para decidir por que camino se enrutará una llamada, en nuestro país el Ministerio de transportes y comunicaciones publicó el Plan Técnico Fundamental de Numeración basándose en la recomendación E.164<sup>[19]</sup> de la UIT, la cual es aplicada para regular la administración y distribución del recurso numérico existente entre los distintos operadores y formas de servicio de telefonía en nuestro país.

[19] E.164: Anexo D.



En el aspecto internacional, la unión internacional de telecomunicaciones estableció el formato internacional de los números telefónicos y adjudicó el código de país 51 al Perú. La figura 2.14 muestra el formato del número telefónico internacional de la red pública, establecido por la UIT:

CC : Country Code

NDC : National Destination Code

SN : Subscriber Number



**Figura 2.14 - Formato internacional de numeración (UIT).**

En un sistema de telefonía privada, el plan de numeración tiene el mismo concepto pero para comunicaciones internas se crean en base a las necesidades y criterio del propietario, sin embargo su integración a la red de telefonía pública conlleva a la disposición de al menos una línea asignado por el proveedor contratado y que por ser parte de la red pública cualquier comunicación saliente deberá cumplir los estándares nacionales e internacionales, caso contrario la red privada no podrá interactuar con la red de telefonía pública.

#### **2.3.3.1b) Unidad de control**

Es la parte de una central de conmutación encargada de establecer conexiones bajo demanda, controlar la asignación de recursos de voz y deshacer una conexión por cuenta propia o por petición, mediante el uso de un protocolo de señalización.

En una red, la unidad de control describe una función conjunta en la que participa cada nodo de la red involucrada en una comunicación, y permite inicializar, mantener y finalizar las comunicaciones en la red, este mecanismo es necesario, por la naturaleza de la comunicación en una red de telefonía, basada en la conmutación de circuitos, donde el uso de un canal de voz en una comunicación es asignada a una única llamada, este canal queda ocupado hasta que la llamada finaliza, por ende el sistema debe ser capaz de identificar cuando la llamada ha finalizado, para liberar el circuito en sus distintos tramos desde el abonado llamante hasta el destinatario para permitir la reutilización de los recursos de voz para una nueva comunicación en la red.

#### **2.3.4 Señalización**

Es la funcionalidad que permite la transferencia de información entre los distintos elementos de la red de telefonía con la finalidad de sincronizar las acciones entre los

elementos de la red y hacer posible controlar una llamada desde su inicio hasta el término del mismo.

La señalización permite supervisar y controlar las llamadas en una red de telefonía, el direccionamiento en base al número marcado, indicar al usuario sobre el progreso de las llamadas, evitar interferencias con otras llamadas, y otras funciones como tarificación. Es importante diferenciar la señalización entre el abonado y la red de telefonía que para el caso de telefonía tradicional (analógica) está basada en emisión de tonos de frecuencia y la señalización entre las centrales la está basada en protocolos de comunicación tales como RDSI y SS7.

#### **2.3.4.1 Señalización entre abonado y central de conmutación**

Consiste en el intercambio de información entre el equipo terminal de abonado<sup>20</sup> y la central de conmutación local, estas señales se producen en el bucle de abonado<sup>21</sup>, y comunican un evento o acción a la central de conmutación local.

##### **a) Acceso Analógico**

En una red de telefonía tradicional, el bucle de abonado permanece alimentado constantemente por una corriente continua, debido a ello la señalización está basado en los cambios de corriente en el circuito, cuando un teléfono está colgado la impedancia es muy alta y la corriente muy baja, pero cuando el abonado descuelga el teléfono para iniciar una llamada la impedancia es reducida y la corriente se incrementa considerablemente, la central interpreta esta circunstancia como solicitud de llamada.

##### **a.1) Señalización de supervisión de estado**

Permite a la central detectar los cambios de impedancia del bucle de abonado, lo cual activara los recursos necesarios en la central de origen para recibir la información del número destino marcado cuando el abonado requiera comunicarse, mientras en la central de destino permite dar inicio de la conversación ya que un cambio de estado implica que el destinatario ha contestado.

Si una de las partes cuelga habrá un cambio de impedancia, y la central liberará los recursos utilizados localmente, del otro lado si aún la línea permanece descolgada hay un temporizador de 30 segundos que liberará los recursos correspondientes.

##### **a.2) Señalización de dirección**

Son las señales que permiten comunicar el número de abonado a quien se desea contactar, estas señales pueden ser generadas por pulsos decádicos propios de los teléfonos con discos actualmente en desuso, y los tonos DTMF que ya fue revisado, y se basa en el envío de dos frecuencias por cada número.

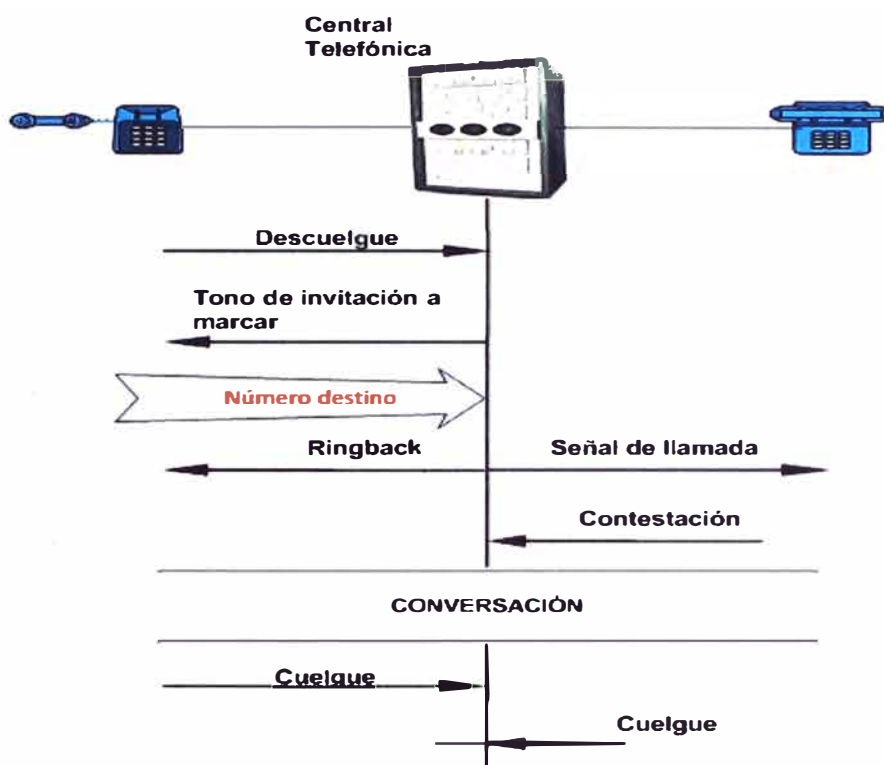
[20] Terminal de abonado: Teléfono o fax, permite la comunicación por la red telefónica.

[21] Bucle de abonado: Es el medio físico que conecta el equipo terminal del abonado del con la central telefónica.

### a.3) Señalización de información

Son tonos generados por la central local que le comunica al abonado mediante una señal el motivo por el cual no puede entablar la llamada. Por ejemplo se pueden mencionar el tono de invitación a marcar que es una señal de 400Hz que se escucha de manera continua, el tono de llamada o ringback que le indica al abonado llamante que ya se ha localizado al destinatario y se le está alertando, el tono de ocupado que indica el destinatario no tiene la línea libre, y otros, para todos estos casos se emplea una señal de 400Hz con una secuencia discreta de periodo variable que identifica cada caso.

En la figura 2.15 se puede observar la secuencia de eventos de señalización entre el terminal de abonado y la central de telefonía asociada.



**Figura 2.15 - señalización entre abonado y central.**

Mientras que los medios de transmisión empleados en la red de telefonía tradicional es analógica, la tendencia a futuro es la digitalización mediante el uso de la modulación por codificación de pulsos (PCM), debido a la mejora en calidad de servicio y mayores capacidades de comunicación.

### b) Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

También conocido como IDSN por sus iniciales en inglés (Integrated Services Digital Network), facilita la conectividad digital de extremo a extremo, con la finalidad de dar soporte a una amplia gama de servicios tales como voz y datos. La denominación de red integrada se debe a la propiedad de poder utilizar un único medio de interconexión físico para poder brindar distintos tipos de servicios, tales como transmisión de voz y datos, que

originalmente demandaban de infraestructuras independientes, esto gracias a la digitalización de la información.

La transmisión digital en comparación con la analógica trae muchos beneficios, permite obtener mayor ancho de banda, varias comunicaciones de voz simultáneas a través de un mismo medio además de menores latencias<sup>22</sup> en las comunicaciones y la integración de distintos tipos de servicio en una sola red.

Los accesos digitales de abonado permiten conectar los terminales del abonado a la red a través de configuraciones de acceso normalizadas. Los accesos digitales de abonado están constituidos por los equipos y líneas de transmisión digital que unen las instalaciones del abonado con la central local, esto se conocen como red local. La digitalización de la telefonía ofrece una capacidad de 64kbps por canal de comunicación, de esta manera una red que antes era dedicado para transmisión de voz y conmutación de circuitos es capaz también de ofrecer un servicio de transmisión de datos y conmutación de paquetes.

De acuerdo a la definición de la UIT-T, la RDSI de banda estrecha presenta dos estructuras de acceso:

- Acceso Básico (BRI), el cual consta de dos canales de voz de 64kbps y un canal para señalización de 16kbps.
- Acceso Primario (PRI), el cual consta de 30 canales de voz de 64kbps, un canal de sincronismo de 64kbps y un canal de señalización de 64kbps.

El canal B permite transportar la información generada por el terminal del usuario, puede soportar conexión por conmutación de circuitos y por conmutación de paquetes. El canal D esta designado para el transporte de los mensajes de señalización asociadas a los canales B en una conexión por conmutación de circuitos.

### **b.1) Sistema digital de abonado (DSS1)**

También conocido como DSS1<sup>[23]</sup>, es el sistema de señalización de un abonado RDSI (señalización por canal D), cuya operación es descrito por el instituto europeo de normas de telecomunicaciones (ETSI) en la normativa ETS 300 102<sup>[24]</sup>, el canal D es para señalización y se establece entre el cliente y la central de conmutación, La UIT-T en su recomendación Q.931 describe las características, el repertorio, el formato, los procedimientos y secuencia de los mensajes de señalización RDSI.

En base al modelo de referencia OSI, en el cuadro 2.2 se resumen cada una de las capas referente a la señalización DSS1.

[22] Latencia: Retardo de en la transmisión de una señal o paquetes de datos en una red de comunicaciones.

[23] DSS1: Proviene de las iniciales en inglés Digital Subscriber System.

[24] ETS 300 102: Anexo H.

**Cuadro 2.2. Las tres capas de DSS1**

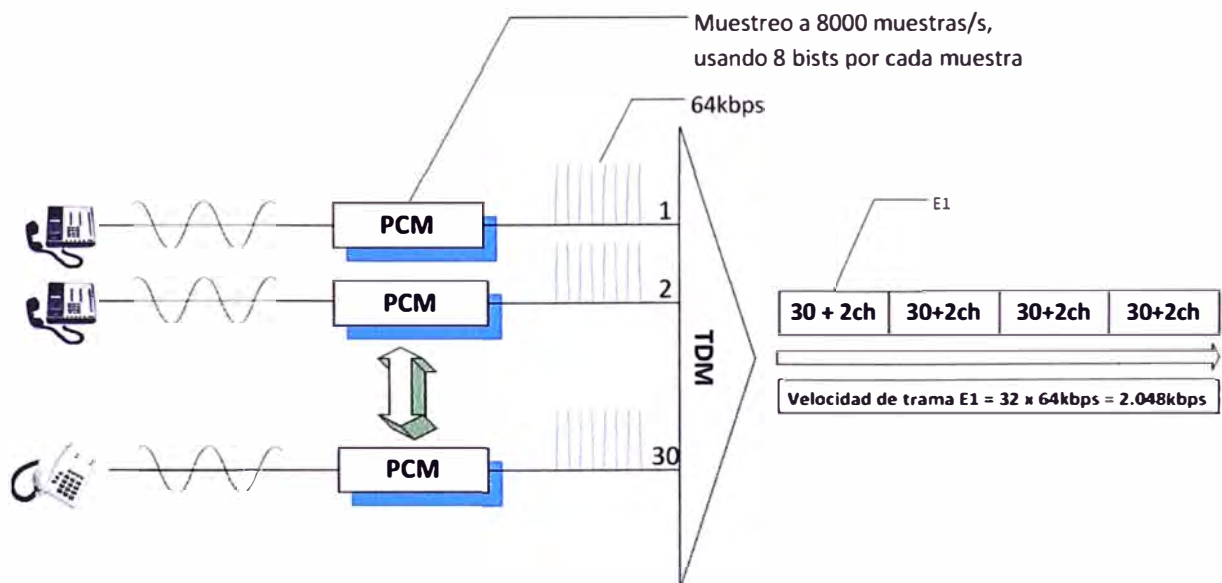
<b>CAPA DE RED</b>	<b>Q.931</b>	Señalización de llamadas, conmutación de mensajes.
<b>CAPA DE ENLACE</b>	<b>LAP-D</b>	Delimitación, control de flujo y de errores, asignación de identificadores.
<b>CAPA FISICA</b>	<b>I.430 ó I.431</b>	Sincronismo, modulación, código de línea, etc.

Hoy en día es común encontrar que los operadores proveedores de servicio de telefonía brindan interconexiones de acceso a la red pública mediante enlaces primarios con señalización DSS1, comúnmente conocido como Euro-RDSI, y en general es común y bastante práctico emplear este tipo de señalización para interconexión de dos PBX en una red de telefonía privada y para el acceso a la red pública, en tal caso siempre uno de los nodos se configura como máster o proveedor del servicio y el otro como esclavo o cliente.

### b.2) Multiplexación por división en el tiempo

La técnica de multiplexación por división en el tiempo (TDM)<sup>25</sup> permite obtener un mayor rendimiento en los sistemas de transmisión y se utilizan en las etapas de concentración y expansión de la conmutación telefónica.

TDM aplicado a la telefonía digital es de naturaleza asíncrona y permite combinar las señales de voz digitalizadas y enviarlas por un mismo medio físico en unidades de transmisión denominadas tramas<sup>26</sup>, permitiendo de esta manera varias comunicaciones simultáneas, esto se describe de manera gráfica en la figura 2.16 donde hasta 30 comunicaciones pueden establecerse de manera simultánea por un mismo medio físico, haciendo uso de multiplexación dividido en el tiempo.



**Figura 2.16 – Multiplexación por división en el tiempo.**

[25] TDM: Es el término atribuido a la multiplexación por división en el tiempo.

[26] Trama: Es una unidad de transmisión digital que contiene la información a transmitir.

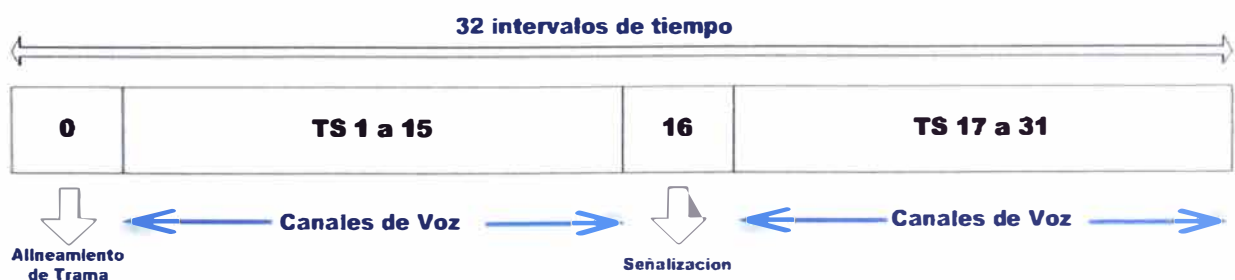
Por su naturaleza asíncrona, se añaden bits en la primera ranura de tiempo, al comienzo de cada trama, para la sincronización entre el multiplexor y demultiplexor, esto permitirá mantener alineadas las ranuras de tiempo.

Existen diferentes estándares de TDM aplicado a telefonía digital, y los más representativos son el estándar europeo conocido como E1 y el estándar americano conocido como T1, en general, en la mayoría de países incluyendo el nuestro se ha adoptado el sistema europeo.

### b.3) Sistema de transmisión europeo E1

Los sistemas de transmisión digital emplean protocolos para transmitir las tramas de voz y datos de señalización disponiendo en total de 32 ranuras de tiempo de acuerdo al sistema europeo (denominado E1) o 24 ranuras de tiempo de acuerdo al sistema americano (denominado T1), en nuestro país el protocolo de transmisión adoptado es el E1. Un E1 es un protocolo de transmisión digital plesiócrono<sup>27</sup> (PDH) de nivel de multiplexación primario, las características de operación de un sistema transmisor por E1 están descritas recomendación UIT-T G.732<sup>[28]</sup>, es utilizado en las redes de telefonía para transmitir voz y datos mediante multiplexación por división en el tiempo (TDM) y modulación codificada por pulsos (PCM), en los sistemas de transmisión basados en TDM la señal de voz es muestreada a razón de 8kHz, la tasa de transmisión por cada ranura de tiempo es de 8 bits lo cual permite que la capacidad de transmisión de cada ranura sea 64kbps (full dúplex), obteniendo así una capacidad total de transmisión de 2.048kbps en las 32 ranuras de tiempo o "Time Slots" (TS).

En la figura 2.17 se describe el formato de transmisión del sistema europeo, la primera ranura de tiempo de un E1 (TS0) es usado para sincronismo lo cual permite al receptor identificar el inicio de cada trama, la ventana de tiempo 16 (TS16) es usada para la señalización para la comunicación de datos de control entre los nodos de la red de telefonía y las 30 ventanas restantes son para la transmisión de voz entre los nodos asociados al enlace, en la figura 2.17 se describe la estructura de intervalos de tiempo de una trama E1.



**Figura 2.17 – Trama de comunicación de transmisión por E1.**

[27] Plesiócrono: Hace referencia a las transmisiones casi sincronizadas (pero no sincronizadas), mayor referencia ver glosario.

[28] G.732: Anexo E.

### 2.3.4.2 Señalización entre nodos de una red telefónica

En la actualidad la señalización digital es el tipo más común de señalización utilizada en las redes de telefonía pública y privada en sus diferentes formas:

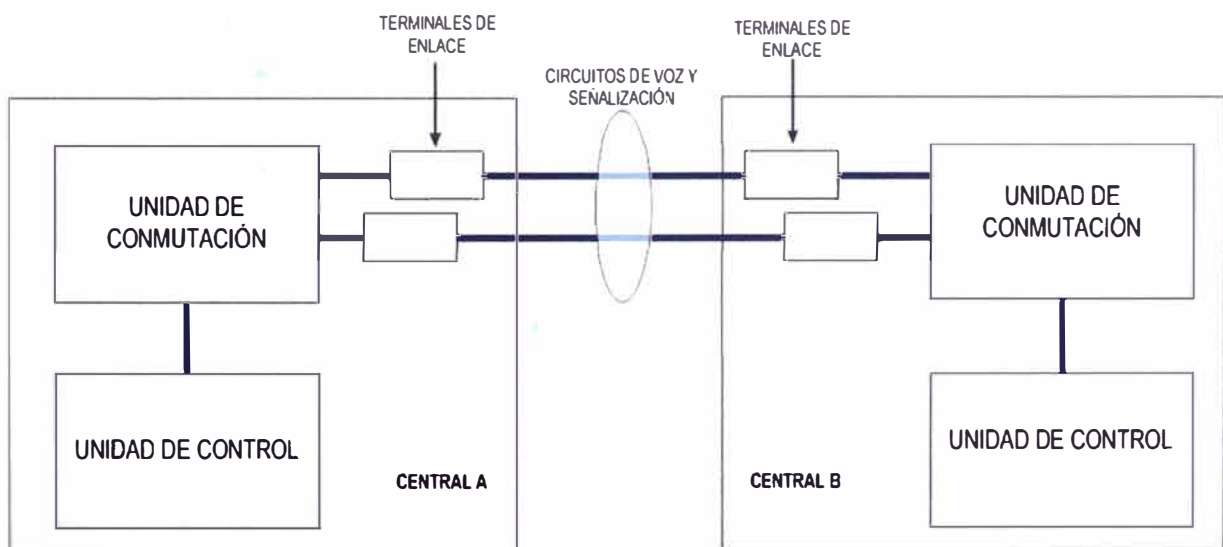
- Señalización por canal asociado (CAS)
- Señalización por canal común (CCS)

#### a) Señalización por canal asociado

CAS<sup>29</sup> es un tipo de señalización donde se utiliza el mismo canal de voz para transmitir los mensajes de señalización, es decir la voz y la señalización siguen el mismo camino físico a lo largo de la red. Por su naturaleza la señalización tipo CAS es lenta y tiene un repertorio de mensajes muy restringido.

Un tipo de señalización CAS que aún subsiste en nuestros días en nuestro país es el R2. CAS está limitada por la cantidad de información de señalización que puede ser enviado por el canal que transporta la voz. Porque sólo una pequeña parte de la banda de voz se utiliza para enviar una señal CAS, y a menudo no puede satisfacer las necesidades actuales de las redes modernas.

En la figura 2.18 se observa un esquema de la señalización por canal asociado, la red de transmisión de voz y señalización lo constituye el mismo medio físico.



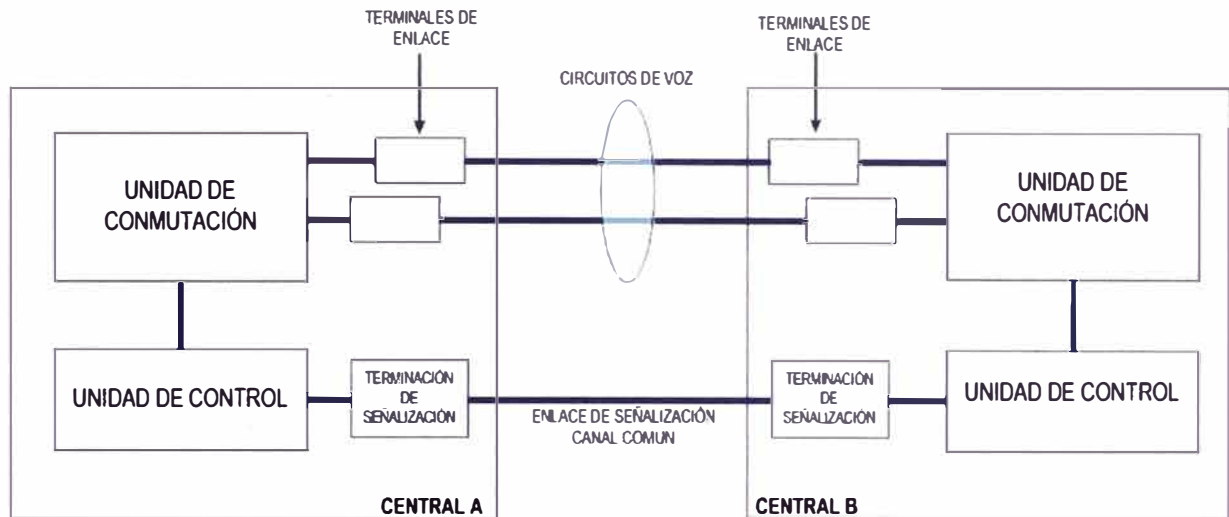
**Figura 2.18 – señalización por canal asociado.**

#### b) Señalización por canal común (CCS)

A diferencia de la señalización tipo CAS, en un sistema con señalización por canal común la información de señalización no necesita ir por el mismo medio físico de transmisión de voz pudiendo conformar una red de datos para señalización completamente independiente de la red de voz.

[29] CAS: acrónimo inglés de señalización por canal asociado (Channel Associated Signaling).

La señalización por canal común es un sistema mediante el cual a través de un canal se transfieren los mensajes relativos a la señalización de varios circuitos para el tráfico de voz, este método de señalización es capaz de emplear una red de conmutación de paquetes (datos) para el envío de mensajes de señalización para el control de una red de telefonía, es ampliamente usada en redes de telefonía pública debido a las ventajas que ofrece, como ejemplo está el protocolo de señalización SS7. En la figura 2.19 se representa la interconexión entre dos centrales, tanto para voz como para señalización.



**Figura 2.19 – señalización por canal común.**

El protocolo de señalización SS7 fue estandarizado por la ITU-T en su serie de recomendaciones Q.7xx<sup>[30]</sup> y sustituye a los predecesores sistemas de señalización SS5 y R2, ambos señalización tipo CAS, SS7 le proporciona inteligencia a la red de telefonía, se ocupa del establecimiento de llamada, intercambio de información de usuario, facturación, y da el soporte necesario para la existencia de los servicios de red inteligente.

El sistema de señalización SS7 es un sistema basado en transferencia de mensajes de datos, con este esquema la UIT-T logra desarrollar un protocolo que permite un amplio vocabulario de comunicación entre los nodos de conmutación y con ello una amplia variedad de servicios avanzados aplicables en la red de telefonía fija y móvil tales como transferencias, conferencias, buzón, fax, Red Inteligente, roaming, etc. A todo esto se suma la elevada confiabilidad de los mensajes de señalización debido a la incorporación de técnicas de detección y corrección de errores y la ventaja de bajos tiempos en el establecimiento y liberación de una llamada lo cual optimiza la disponibilidad de los canales de voz para cursar tráfico.

[30] Q.7xx: Serie de recomendaciones de la ITU-T que especifica el modo de operación y características del sistema de señalización SS7, son 100 documentos desde la recomendación Q.700 hasta la Q.799.



En el cuadro 2.3 se menciona la agrupación de protocolos que conforman el sistema de señalización SS7, tomando como base el modelo de referencia OSI. Los niveles 1, 2 y 3 se encargan de la transferencia de los mensajes de señalización entre los nodos de la red SS7, y de manera fiable, estos niveles son denominados subsistema de transferencia de mensajes, MTP proviene del acrónimo inglés “Messages Transfer Part”.

**Cuadro 2.3. Agrupación de protocolos del sistema SS7**

Nivel	Capa	Protocolos
4	Aplicación	IMAP, MAP, TCAP, ISUP
3	Red	MTP3 + SCCP
2	Enlace	MTP2
1	Físico	MTP1

**MTP1:** corresponde el nivel físico, el más bajo de la arquitectura, consiste en un par de canales de transmisión que opera a 64kbps que transporta los datos entre dos puntos de señalización.

**MTP2:** Es un protocolo equivalente al nivel de enlace de datos del modelo OSI, sus funciones son el control de flujo y control de errores.

**MTP3:** Los mensajes de este nivel son enrutados a través de la red basados en un identificador denominado “punto de código”, lo cual permite identificar de manera única cada elemento o nodo de la red SS7.

#### **b.1) Parte de usuario RDSI (ISUP)<sup>31</sup>**

Es un protocolo de capa de aplicación, basado en el sistema de señalización SS7 el cual proporciona las funciones de señalización necesaria para las redes de conmutación de circuitos. Define los procedimientos para el inicio, administración y liberación de circuito de voz en una llamada sobre la red de telefonía pública.

Los mensajes típicos de ISUP son:

- Mensaje inicial de dirección (IAM)<sup>32</sup>
- Mensaje subsiguiente de dirección (SAM)<sup>33</sup>
- Mensaje de dirección completada (ACM)<sup>34</sup>
- Mensaje de respuesta (ANM)<sup>35</sup>
- Liberación (REL)<sup>38</sup>
- Liberación completada (RLC)<sup>39</sup>

[31] ISUP: Acrónimo de ISDN User Part.

[32] IAM: Acrónimo de Initial Address Message.

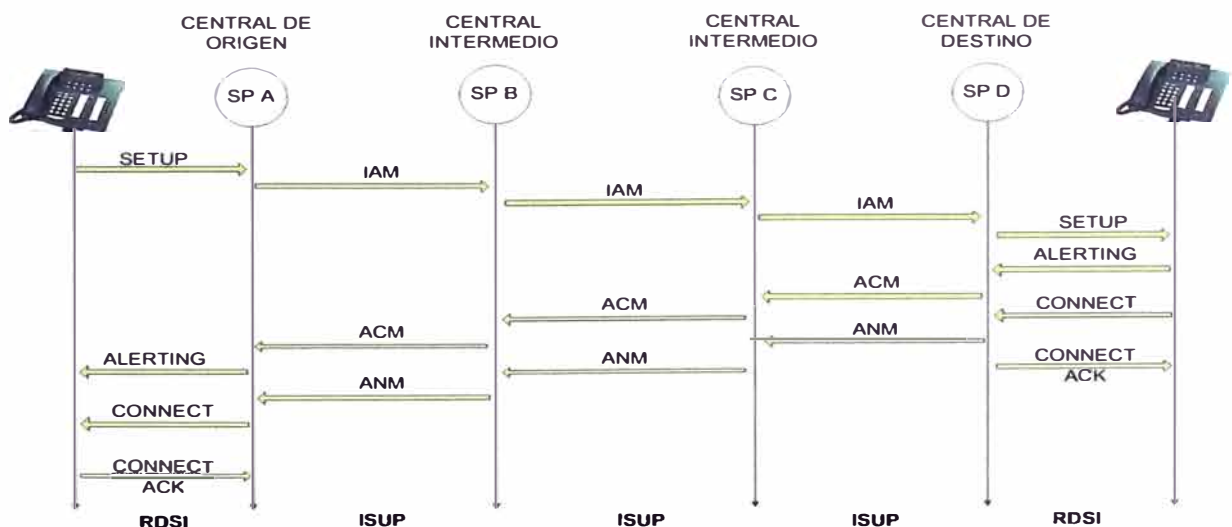
[33] SAM: Acrónimo de Subsequent Address Message.

[34] ACM: Acrónimo de Address Complete Message.

A continuación se describe los mensajes de señalización y el modo de operación durante una comunicación telefónica con protocolo ISUP:

- El usuario que inicia la llamada descuelga el teléfono y marca el número de destino, considerando el usuario dispone de una línea RDSI, la información de número DNIS es enviado a la central local en un mensaje denominado SETUP recibida por la central de conmutación local.
- La central local encapsula la información de número de destino, número de origen, tipo de servicio en un primer mensaje de señalización denomina IAM (Initial Address Message) que se transmite al siguiente nodo en la ruta hacia el número de destino.
- El mensaje IAM es retransmitido en cada nodo hasta alcanzar la central que alberga el número de destino, este último nodo identifica si el circuito del destinatario está disponible, de ser este el caso envía la señal de alerta al destinatario, el equipo terminal responde con un mensaje ISDN Alerting, el nodo terminal responde hacia atrás un mensaje denominado ACM (Address Complete Message) el cual es encaminado paso a paso hasta llegar al nodo de inicio, el cual transmite el mensaje de alerting al llamante para indicar el teléfono de destino está timbrando.
- Cuando el destinatario descuelga el teléfono envía un mensaje ISDN Connect al nodo terminal y este envía hacia atrás el mensaje de respuesta ANM (Answer Message).
- El nodo inicial envía un mensaje connect al usuario llamante el cual responde con un mensaje connect ACK y se da inicio a la conversación.

En la figura 2.20 se describe de manera gráfica las etapas de la señalización que se acaba de comentar, para las comunicaciones telefónicas.



**Figura 2.20 - Inicio de llamada con SS7.**

[35] ANM: Acrónimo de Answer Message.

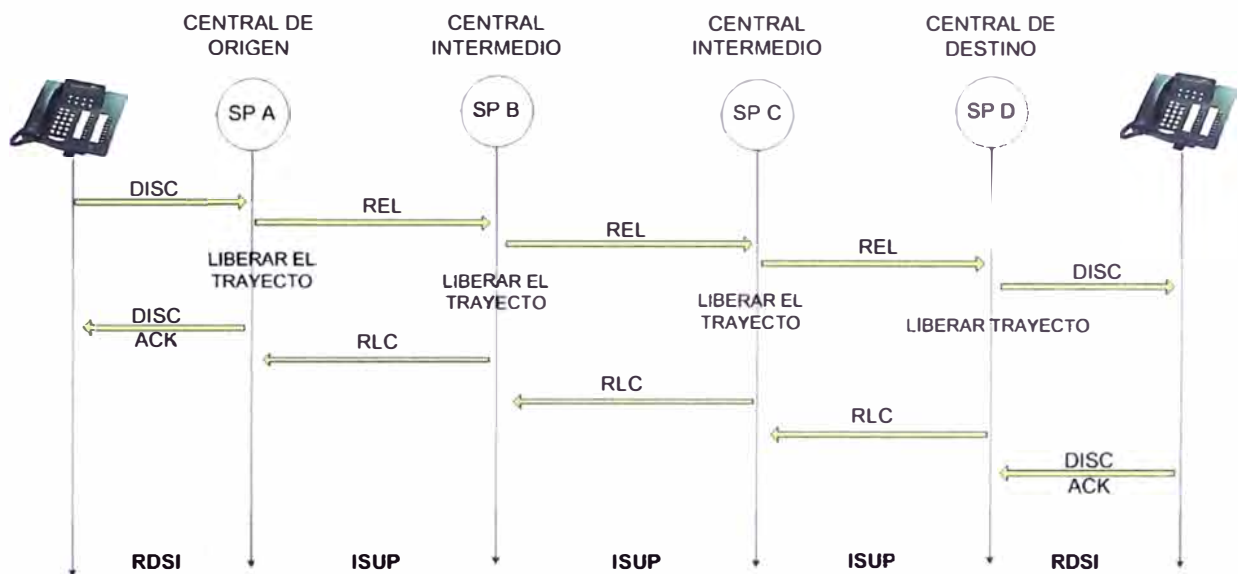
[36] REL: Abreviación del termino ingles Release.

[37] RLC: Abreviación del termino ingles Release Complete.

## Liberación de la llamada

Tiene por objetivo liberar el circuito de voz para dejarlo en estado disponible para una nueva comunicación. Para la liberación, el protocolo ISUP emplea el mensaje REL (Release) para iniciar la liberación del canal y el mensaje RLC (Release Complete) para completar la liberación.

En la figura 2.21 se muestra el procedimiento de liberación de una llamada, cuyo evento de desconexión se origina en el llamante, liberando cada tramo del circuito de comunicación.



**Figura 2.21 Liberación de llamada con SS7.**

## 2.4) Telefonía IP y Voz sobre IP

Voz sobre IP (VoIP) es una tecnología emergente de las comunicaciones, conformada por un conjunto de recursos y protocolos que permite la digitalización y el transporte de voz sobre una red de datos y protocolo IP.

La telefonía IP tiene un concepto más amplio, es una solución tecnológica que permite transmitir voz y otros servicios de valor agregado propios de un sistema de telefonía, sobre una red de datos basado en protocolo IP y además es capaz de interactuar con otras redes de telefonía, tales como la red de telefonía fija y celular.

- **Conmutación de circuitos**

Cuando se habla de las redes de conmutación de circuitos, comúnmente se hace referencia a la red de telefonía pública, consiste en un sistema de comunicaciones capaz

[38] Setup: Es el primer mensaje generado del terminal donde se origina la llamada, permite enviar a la red los datos necesarios para iniciar la comunicación RDSI, tales como número de destino, canal de voz asignado para la comunicación solicitada, codificación de la voz, entre otros.

[39] Alerting: Término inglés que hace referencia al evento de timbrado o alerta en el equipo terminal.

[40] Disc: Abreviación del término en inglés disconnect, hace referencia al evento de desconexión o dicho de otro modo colgar el teléfono.

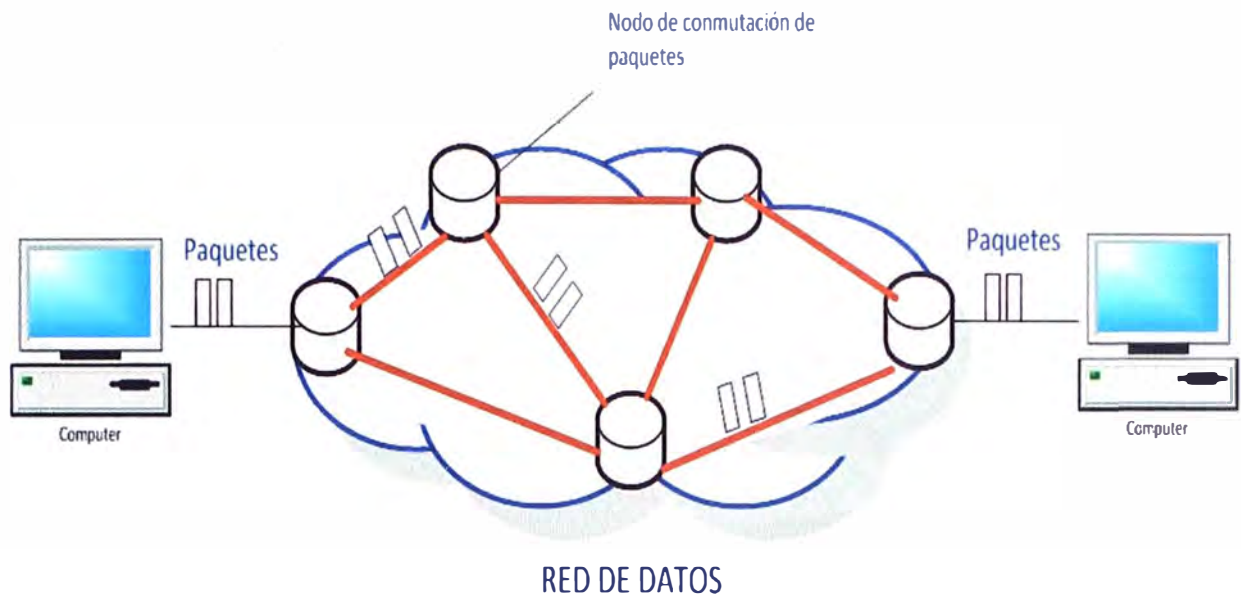
de proveer a cada llamada un único circuito o canal y con un ancho de banda garantizado, y estos recursos son dedicados mientras dure la comunicación, en la figura 2.22 se describe que para una llamada establecida hay un canal de voz dedicado, que no será usado por otra comunicación hasta que finalice la llamada, para una interconexión RDSI el canal de voz representa una ranura de tiempo específica de la multiplexación.



**Figura 2.22 red de conmutación de circuitos.**

- **Conmutación de paquetes**

En una red de conmutación de paquetes, las comunicaciones se enfocan en la paquetización de la información, los paquetes pueden seguir caminos distintos, en tal sentido ya no hay circuito dedicado, en lugar hay una multiplicidad de caminos, bajo este escenario los paquetes pueden llegar fuera de orden, con retardo variable o simplemente no llegar. Para la transmisión de señales como la voz o el video esto es crítico, dado que para este tipo de transmisión se transmiten paquetes a velocidad constante lo cual conlleva a la necesidad de asegurar la calidad de servicio en la redes de datos, la figura 2.23 describe la transmisión de paquetes en una red de datos, como se observa los paquetes pueden viajar por caminos distintos.



**Figura 2.23 - Red de conmutación de paquetes.**

Una red de telefonía IP transporta la voz a través de una red de conmutación de paquetes sobre TCP/IP, y en su topología se va a encontrar diversos equipos tales como:

- Equipos terminales: Son los dispositivos que utilizan los usuarios tales como teléfono IP, softphone, video teléfonos, fax, etc.
- Gateway<sup>43</sup> de voz: Son dispositivos que actúan como interfaces entre diferentes redes, mediante estos es posible integrar la red de telefonía IP con otras redes tales como la red de telefonía tradicional (PSTN).
- ATA<sup>44</sup>: Es un dispositivo que permite integrar teléfonos analógicos a una red de datos, de forma tal que este teléfono podrá interactuar como un teléfono IP.
- Administrador de llamadas: Comúnmente denominado call manager, se encarga de administrar las comunicaciones telefónicas sobre la red IP, adicionalmente realizan autenticación, almacenan información para facturación y despliegan servicios de valor agregado.

La telefonía IP surge como alternativa a la telefonía tradicional, tiene sus orígenes en los años 90, cuando en los foros internacionales se empieza a discutir en el concepto de las redes convergentes<sup>43</sup>, las cuales son capaces de transportar comunicaciones de voz y video (información en tiempo real), además comunicaciones de datos, es el caso de las transacciones comerciales, e-mail, etc.

[41] Gateway: Proviene del término inglés puerta, es un término atribuido a todo dispositivo que permita la comunicación entre dos redes con características o funciones diferenciadas.

[42] ATA: Acrónimo inglés de Analog Telephone Adapter.

[43] Red convergente: Concepto que hace referencia a la integración de distintas tecnologías de telecomunicaciones en una misma red, es el caso de la telefonía IP donde se transmite de voz y datos.

La figura 2.24 muestra los equipos típicos de una red de telefonía privada, los dispositivos que se conectan a la red de datos deben tener un adaptador o tarjeta de red que les permita configurar y asignar una dirección IP.



**Figura 2.24 - Red de telefonía IP.**

La paquetización surge por las siguientes razones:

- En teoría, una red de paquetes de alta velocidad es capaz de transportar voz y datos, esto resulta beneficioso en el aspecto económico, ya que no será necesario desplegar tantas redes como servicios a utilizar.
- Una red de paquetes permite ahorro en ancho de banda, sin embargo este ahorro se traduce en disminución de calidad de la voz.
- Una red de paquetes permite tener un control centralizado, la gestión de servicios es más simple.

La red de telefonía pública y privada resultan ser dos redes equivalentes en el aspecto funcional pero con dominios diferentes, el equivalente de las centrales de conmutación telefónica en redes IP privadas es el call manager o administrador de llamadas, y hoy en día la opción más conveniente, sobretodo en el aspecto económico es el uso de asterisk para estos fines.

### **Asterisk**

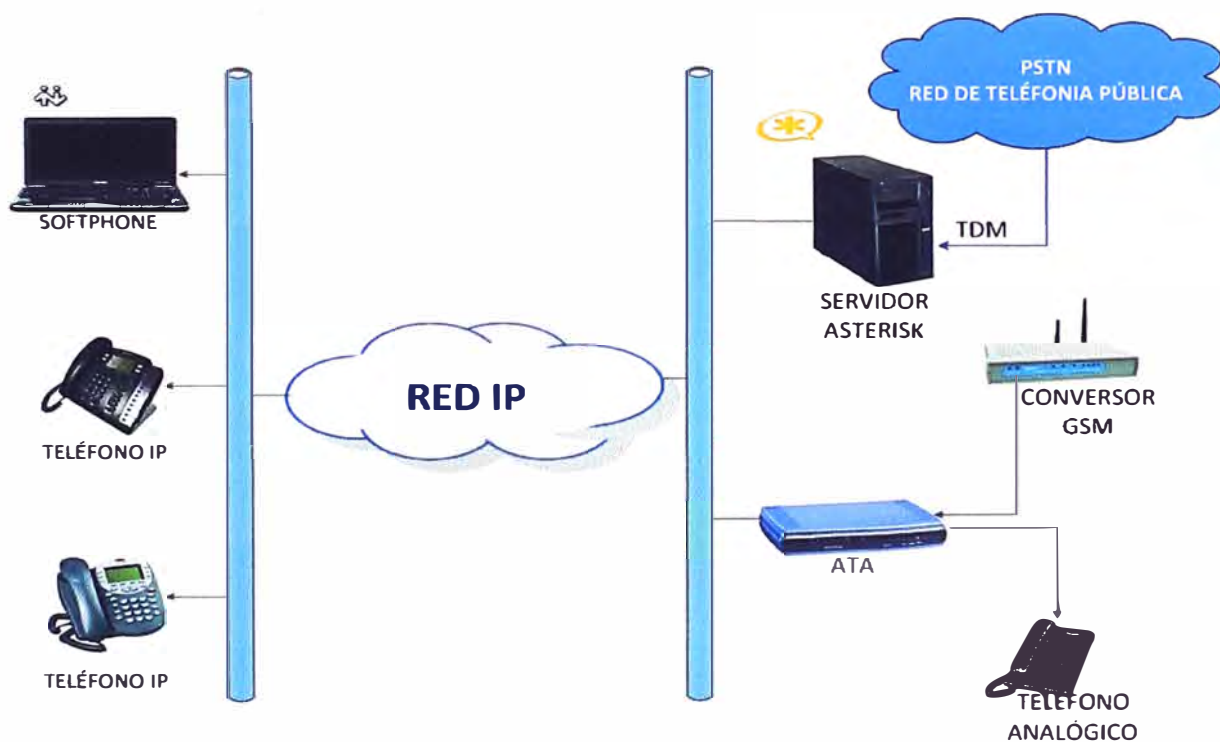
Es una central telefónica programado en lenguaje C, consiste en una plataforma de comunicaciones convergentes de código abierto licenciado bajo GPL<sup>44</sup>, es instalado principalmente en SO<sup>45</sup> Linux, aunque hay versiones para Windows y MAC, está

[44] GPL: Acrónimo del término inglés General Public License,

[45] SO: Acrónimo de sistema operativo.

diseñada para aceptar distintos tipos de hardware para telefonía IP, analógica y digital permitiendo una integración consistente entre estos tipos de tecnología de comunicación por voz. Existen muchas opciones de centrales que soportan telefonía IP en el mercado, para determinadas aplicaciones, por ejemplo una central privada, asterisk representa una conveniente alternativa por los costos bajos en su implementación, ya que principalmente requiere invertir en hardware para algún proyecto o desarrollo mas no en licencias como ocurre con las marcas propietarias.

En la figura 2.25, se ilustra una típica red de telefonía IP, el servidor asterisk cumple las funciones de call manager y Gateway de voz, ya que se encarga de la administración de las llamadas y servicios de telefonía, además de interconectar la red privada a la red de telefonía pública, adicionalmente se muestra un conversor GSM, el cual es un Gateway de voz que permite que una red de telefonía privada pueda acceder directamente a la red celular haciendo uso de tarjetas SIM<sup>46</sup> celular y con adaptación a la red de telefonía privada mediante interfaz IP, analógico o digital, para esta imagen sería una interfaz analógica, finalmente debo mencionar el **softphone** es un software que cumple las funciones de cualquier teléfono y que opera en una computadora, aprovecha los recursos de memoria, procesamiento, y periféricos de audio para digitalizar la voz y transmitirla en formato IP, del mismo modo recibir la voz en formato IP, decodificar y convertir a analógico estableciendo una comunicación full dúplex equivalente a un teléfono convencional.



**Figura 2.25 - red de conmutación de telefonía IP.**

[46] Tarjeta SIM: Acrónimo del término inglés Subscriber Identity Module.

### 2.4.1) Clasificación de protocolos de Voz sobre IP

Las principales entidades que definen normas o protocolos de VoIP son la IETF<sup>47</sup> por medio de las RFC<sup>58</sup> y la ITU-T, y la clasificación de los protocolos para un sistema de voz sobre IP se resume en el cuadro 2.4 a continuación:

**Cuadro 2.4. Clasificación de protocolos de VoIP**

	<b>SIP</b>	<b>H.323</b>	<b>MeGaCo/H.248</b>	<b>MGCP</b>
Señalización de llamada	SIP	H.225/Q.931	MeGaCo	MGCP
Control de Señalización de llamada	SDP	H.245	SDP	SDP
Registración y control	SIP	H.225/RAS	MeGaCo	MGCP
Transporte de audio	RTP	RTP	RTP	RTP
Control de transporte de audio	RTCP	RTCP	RTCP	RTCP
Softswitch	SIP Server	Gatekeeper	Call Agent MGCP	Call Agent

A continuación se describe los protocolos de VoIP y definiciones, típicamente usados en una red de telefonía privada, en el alcance de este estudio:

#### 2.4.1.1) Protocolo de Inicio de Sesión (SIP)<sup>49</sup>

Es un protocolo de señalización que permite el establecimiento, liberación y modificación de sesiones multimedia, este protocolo hereda funcionalidades de http, protocolo usado para navegar vía web y SMTP, utilizado para transmitir mensajes electrónicos, con SIP una vez establecida la sesión de comunicación el tráfico de voz es intercambiado directamente entre ambos participantes, es decir SIP solo permite el control de la llamada mas no el control de la media, a diferencia de los protocolos de señalización en TDM, SIP no es un protocolo de reservación de recursos, ha sido concebido para el envío de mensajes cortos de señalización, para el inicio, mantenimiento y liberación de sesiones multimedia. SIP es un protocolo ampliamente utilizado en aplicaciones de telefonía IP, fue desarrollado por IETF y publicado como RFC3261. SIP define dos tipos de entidades, los clientes y los servidores:

- **Servidor de redireccionamiento:** es un servidor que acepta las solicitudes SIP, traduce a la dirección SIP de destino en una o varias direcciones de red y las devuelve al cliente.
- **Registrador:** es un servidor que acepta las solicitudes SIP de registro, el usuario envía su ubicación (dirección IP) por medio de un mensaje "register", el cual permite actualizar la base de datos de localización.
- **Usuario:** se trata de una aplicación o software que reside en un equipo terminal de un usuario, cuya función es emitir y recibir solicitudes SIP.

[47] IETF: Acrónimo del término inglés Internet Engineering Task Force.

[48] RFC: Acrónimo de Request For Comments en español petición de comentarios, ver glosario.

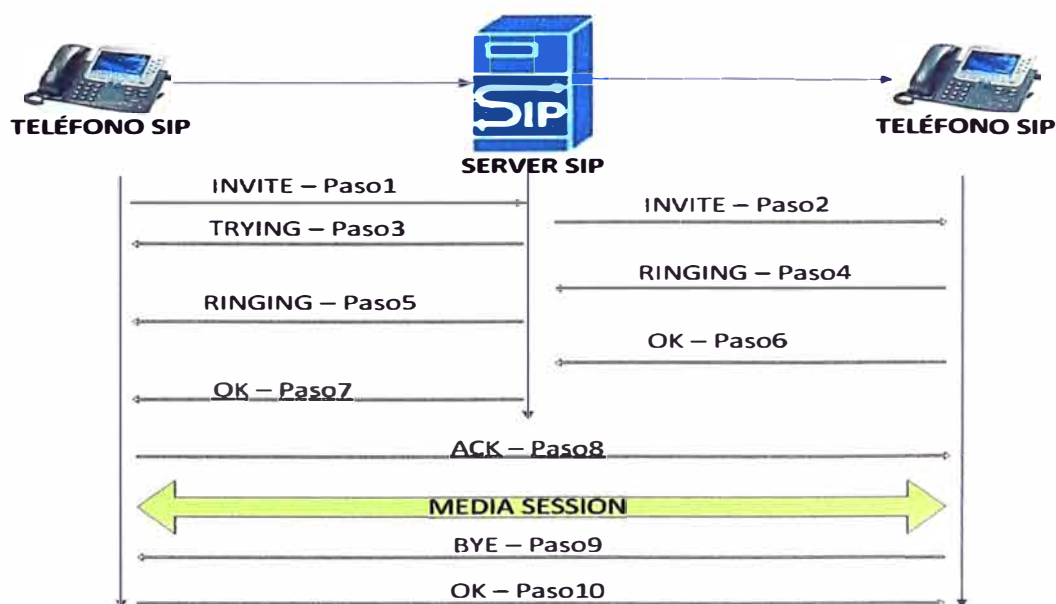
[49] SIP : Acrónimo de Session Initiation Protocol.



El RFC3261 define seis tipos de mensajes o métodos SIP.

- El método **“INVITE”** es usado con el fin de establecer una sesión entre usuarios SIP. INVITE es equivalente al mensaje IAM de ISUP o al mensaje SETUP de Q.931 y contiene los datos sobre el que genera la llamada y el destinatario así como sobre el tipo de comunicación, sea de voz o video.
- Cuando un usuario que emitió el método SIP **“INVITE”** recibe una respuesta de tipo final a la invitación, el confirma la recepción de esta respuesta por medio de un método **“ACK”**. Tener en cuenta, una respuesta **“busy”** o **“answer”** es considerada como tipo final mientras una respuesta tipo **“ringing”** significando que el destinatario ha sido avisado es una respuesta provisoria.
- El método **“BYE”** permite la liberación de una sesión anteriormente establecida, es equivalente al mensaje RELEASE de los protocolos ISUP y Q.931. Un mensaje BYE puede ser emitido por el que genera la llamada o el que la recibe.
- El método **“REGISTER”** es usado por un usuario SIP con el fin de indicar la correspondencia entre su dirección SIP y su dirección IP.
- El método **“CANCEL”** es utilizado para pedir el abandono de la llamada en curso (que aun no fue establecida) y no tiene ningún efecto sobre una llamada ya aceptada, solo el método **“BYE”** puede terminar una llamada establecida.
- El método **“OPTIONS”** es utilizado para interrogar las capacidades y el estado de un servidor, como respuesta se puede obtener el tipo de media o idioma soportado.

En la figura 2.26 se describe paso a paso como se establece y libera una llamada con protocolo SIP, la media representa el flujo de paquetes IP que transportan la voz en una comunicación de voz sobre IP.



**Figura 2.26 - Mensajería de señalización SIP.**

### 2.4.1.2) Protocolo de transporte de tiempo real (RTP) <sup>50</sup>

Es un protocolo de nivel de aplicación, utilizado en aplicaciones que transmiten datos en tiempo real, tales como audio y video. RTP trabaja con el protocolo de transporte UDP, no orientado a conexión, debido a que UDP es más ligero que TCP para aplicaciones en tiempo real, esto implica ganar velocidad de transporte a cambio de confiabilidad en la entrega de datos.

La función de RTP es la de multiplexar varios flujos de datos de tiempo real en un único flujo UDP<sup>51</sup>, pudiendo ser una comunicación a un único destino (unicast) o a múltiples destino (multicast), además se encarga de transportar el audio codificado sobre UDP, para ello posee dos campos fundamentales:

- Etiqueta de tiempo (Time Stamp): este campo le permite al receptor saber en que momento debe reproducir el audio recibido.
- Número de secuencia: es un número correlativo, sirve para ordenar los paquetes y determinar si hubo pérdida en la red de transporte.

RTP se complementa con un protocolo de control (RTCP) <sup>52</sup> que permite monitorizar el envío de datos y retroalimentar al emisor sobre la calidad en la recepción de los datos de audio y video, en una sesión RTP los participantes envían periódicamente paquetes RTCP con información referente a la calidad de datos recibidos.

Los paquetes RTCP ofrecen los siguientes servicios:

- Monitorizar la calidad de servicio y control de la congestión, es la función principal de RTCP, permite conocer la calidad de distribución de los datos, permitiendo al emisor ajustar la velocidad de transmisión en función al informe recibido.
- Sincronización entre flujos, es utilizado por ejemplo para sincronizar audio y video de una video conferencia.
- Información de control escalable, los paquetes de control son enviados periódicamente entre los participantes, cuando el número de participantes se incrementa es necesario obtener un equilibrio entre información de control y tráfico de control, RTP limita el tráfico RTCP a un máximo del 5% de todo el tráfico de sesión.
- Identificación de la fuente, los paquetes RTCP contienen información textual, correspondiente a un identificador único para un participante en una sesión, este identificador es denominado CNAME.

[50] RTP: Acrónimo del término inglés Real Time Transport Protocol.

[51] UDP: Acrónimo del término User Datagram Protocol.

[52] RTCP: Acrónimo del término Real Time Control Protocol.

### 2.4.2) Conversión analógica a digital de la voz

Una señal analógica puede ser convertida a un formato digital aplicando básicamente tres operaciones, el muestreo, la codificación y la cuantificación, este proceso está representado en la figura 2.27.

- En la etapa de muestreo, se toman muestras de la voz por intervalos regulares de tiempo, estos intervalos deben cumplir el teorema de muestreo de Nyquist.
- En la etapa de cuantización, se aproxima el valor muestreado al nivel más cercano de un conjunto finito de valores discretos.
- En la etapa de codificación, es la representación numérica de una muestra cuantificada por una palabra de código.

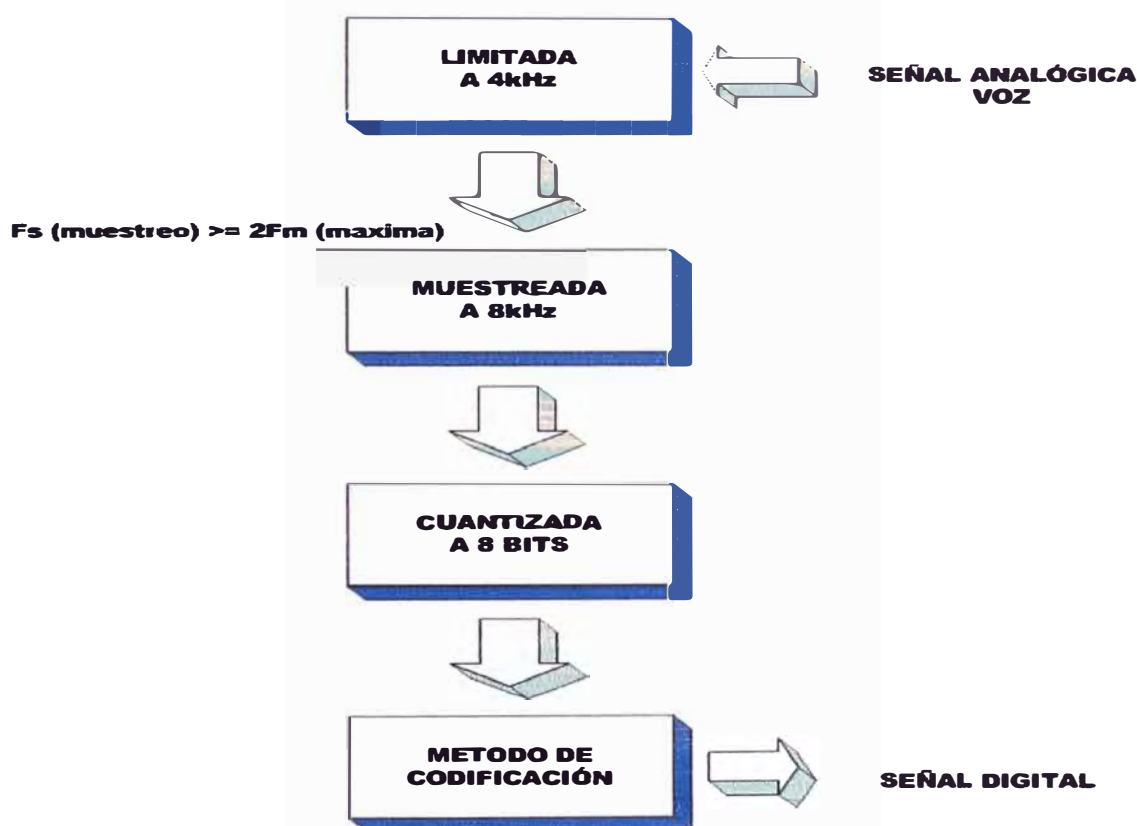


Figura 2.27 - Digitalización de la voz.

La mayor parte de la energía de la voz humana se concentra por debajo de los 4kHz, entre los 300 y 3.4kHz, para la codificación de la voz se usa 8000 muestras por segundo (frecuencia de muestreo:  $F_s=8\text{kHz}$ ), cada muestra es representada por un código de 8 bits.

### 2.4.3) Codificador y Decodificador de la voz (CODEC)<sup>53</sup>

La digitalización de la voz puede realizarse en los propios teléfonos (cómo es el caso en los “teléfonos digitales” o en los “teléfonos IP”), en “Gateways conversores” o en las “placas de abonado” en las centrales públicas.

[53] CODEC: Es el término atribuido a los métodos de codificación y decodificación de la voz.

El proceso de convertir la voz (analógica) a información digital y viceversa se hace con un códec (codificador - decodificador), los codecs nos dan la posibilidad de utilizar menos anchos de banda por canal de voz, permitiéndonos realizar más llamadas simultáneas por una red.

Los codecs digitalizan y en muchos casos además comprimen la voz para ser ingresada a la red de datos, esto es necesario para poder aprovechar al máximo el ancho de banda disponible para la transmisión, cuando se elige un códec de voz hay que tener en cuenta la calidad de la voz y la tasa de transmisión que proporciona el códec, normalmente a mayor compresión la calidad disminuye.

Alrededor del 60% del tiempo de una comunicación son silencios, para estos casos se utilizan técnicas de ahorro de ancho de banda, tal es el caso de la supresión de silencios, lo cual consiste en no enviar los paquetes de voz entre silencios de una conversación.

Los parámetros que caracterizan a un códec son los siguientes:

- **Bit Rate:** Es la cantidad de información que se manda por segundo.
- **Sampling Rate:** Es la frecuencia de muestreo de una señal vocal.
- **Frame Size:** Indica cada cuantos milisegundos se envía un paquete con la voz digitalizada.
- **MOS<sup>54</sup>,** es un indicador numérico de la calidad de la voz recibida después de una transmisión, se expresa con un valor entre 1 y 5 y es producto de los resultados obtenidos en una serie de pruebas estandarizadas.

Los principales estándares para codificación utilizados en VoIP:

**G711<sup>55</sup>,** es el códec con mayor calidad, codifica la voz a razón de 64kbps sin compresión, existen 2 algoritmos para este codec, el mu-law usado en EEUU y Japón, y el algoritmo a-law usado en Europa y el resto del mundo.

**G729<sup>56</sup>,** alcanza una tasa de transmisión de 8kbps, utilizan algoritmos específicamente diseñados para la voz humana, para el caso de otras señales como música o tonos DTMF no es recomendado ya que estas señales son distorsionadas, debido a que la transmisión de señales DTMF sobre una red IP solo puede ser confiable si no se utiliza ningún tipo de compresión. Para estos casos se utiliza transporte fuera de banda, que consiste en la transmisión de tonos a través de paquetes RTP especiales, con un indicativo de la señal DTMF que se está transportando, esto está definido según la norma IETF2833.

[54] MOS: Acrónimo de Main Opinion Score.

[55] G711: Anexo F.

[56] G729: Anexo G.

**GSM**<sup>57</sup>, utilizada en telefonía celular, alcanza una tasa de transmisión de 13 kbps.

**Cuadro 2.5 Resumen de codificadores de voz comúnmente usados en VoIP**

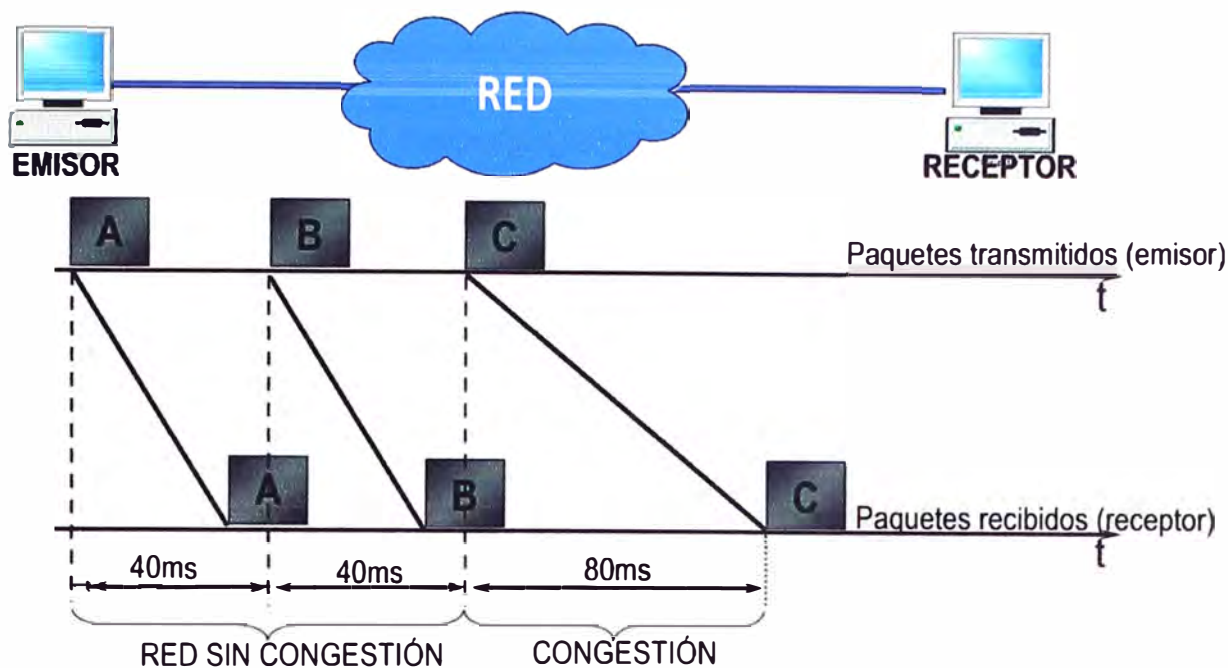
Nombre	Estandar	Descripción	Bit Rate (kb/s)	Sampling Rate (KHz)	Frame Size (ms)	Observaciones	MOS
<u>G.711</u>	ITU-T	Modulación codificada por pulsos (PCM)	64	8	0.125	Tiene dos versiones u-law (US, Japón) y a-law (Europa) para muestrear la señal	4.1
<u>G.729</u>	ITU-T	Codificación de la voz en 8 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada (CS-ACELP)	8	8	10	Bajo retardo (15 ms)	3.92
GSM	ETSI	Excitación de pulso regular con predictor de largo plazo (RPE-LTP)	13	8	22.5	Usado por la tecnología celular GSM	3.5

#### 2.4.4) Calidad de servicio

Uno de los factores que la voz sobre IP no ha podido replicar de los sistemas telefónicos tradicionales es la calidad de servicio, a continuación se mencionan los principales factores que afectan la calidad de audio en una comunicación de VoIP:

- **Latencia**, es un problema general de las redes de comunicaciones, y las comunicaciones en tiempo real son sensibles a este factor, se define como el tiempo que tarda un paquete en llegar a su destino desde que es transmitido, la recomendación es que la latencia en una red para una comunicación de VoIP sea menor a 150ms.
- **Jitter**, se define como la variación en la transmisión de los paquetes, causada por diversos factores tales como congestión en la red, pérdidas de sincronismo o las diferentes rutas hasta llegar al destino, las comunicaciones de VoIP son sensibles a este efecto, la recomendación es que el jitter sea menor que 100ms, la solución mas utilizada para atenuar este inconveniente es el uso de un "jitter buffer" los cuales almacenan temporalmente los paquetes, permitiendo estos sean entregados al receptor con una latencia regular. En la figura 2.28 se ilustra una situación de variación de la latencia en la transmisión, generando un jitter en la transmisión de paquetes producto de una congestión en la red.

[57] GSM: Anexo I.



**Figura 2.28 - Variación del retardo (Jitter).**

- **Pérdida de paquetes**, VoIP trabaja con protocolo UDP, el cual es no orientado a conexión, si se produce la pérdida de un paquete en la red de datos, no hay reenvío. Además hay casos en los cuales los paquetes llegan fuera de tiempo al receptor, estos son descartados y se consideran también como paquetes perdidos, la pérdida de un paquete máxima permitida es menor al 1%, y el efecto de degradación es mayor cuando se utilizan codecs con compresión, es el caso del G729.
- **Eco**, se define como una reflexión retardada de la señal acústica original, y su efecto de degradación es mayor cuanto mayor es el retardo y mayor su intensidad, el oído humano es capaz de percibir el eco cuando el retardo de la señal reflejada es mayor a 10ms, se consideran niveles tolerables un retardo de 65ms y una atenuación de 30dB. Para atenuar los efectos de eco se utilizan supresores de eco y canceladores de eco.

Se dice que en una red IP se ofrece Calidad de Servicio o QoS<sup>58</sup> cuando se garantiza el valor de uno o varios de los parámetros que definen la calidad de servicio que ofrece la red. Si el proveedor de la red no se compromete en ningún parámetro se dice que ofrece un servicio "best effort".

El documento que especifica los parámetros de calidad de servicio acordados entre un proveedor de servicio y un usuario (cliente) se denomina SLA<sup>59</sup>, en el cuadro 2.6 se listan los parámetros típicos de un SLA.

[58] QoS: Acrónimo de Quality of Service.

[59] SLA: Acrónimo de Service Level Agreement, es una herramienta que permite a ambas partes a llegar a un consenso en términos de calidad de servicio, también se denomina ANS, acrónimo de Acuerdo de Nivel de Servicio.

**Cuadro 2.6 Parámetros de SLA**

Parámetro	Significado	Ejemplo
Disponibilidad	Tiempo mínimo que el operador asegura que la red estará en funcionamiento.	99.9%
Ancho de Banda	Indica el ancho de banda mínimo que el operador garantiza al usuario dentro de su red.	2 Mb/s
Pérdida de paquetes	Máximo de paquetes perdidos (siempre y cuando el usuario no exceda el caudal garantizado).	0.1%
Round Trip Delay	El retardo de ida y vuelta medio de los paquetes.	80 mseg
Jitter	La fluctuación que se puede producir en el retardo de ida y vuelta medio.	± 20 mseg

Actualmente una de las mejores opciones para para el transporte de voz sobre IP con calidad de servicio es mediante una red MPLS<sup>60</sup>, típicamente se opta por este tipo de redes para interconectar oficinas físicamente distantes.

#### **2.4.5) Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS)**

Es un protocolo definido por la RFC3031, puede transportar protocolos distintos y de forma simultánea, encapsula una información denominada etiqueta entre la capa de enlace de datos (capa2) y la capa de red (capa3) del modelo OSI, cuyo contenido permiten a un router efectuar la conmutación de paquetes lo cual se vuelve independiente del protocolo de red utilizado, esto permite dirigir un flujo de paquetes IP a lo largo de un camino predeterminado utilizando las etiquetas adosadas en los paquetes IP.

Ante todo, se debe considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías en las redes IP, es el resultado de combinar la inteligencia del routing y la rapidez del switching en un solo nivel. Básicamente MPLS identifica una dirección IP destino y le asigna una etiqueta en el primer router de la red, luego cada equipo dentro de la red se independiza de la dirección IP y solo se limita a conmutar las etiquetas hacia el ultimo router de la red, donde en este último se conoce la dirección IP destino.

De esta forma MPLS se independiza de las largas tablas de rutas que los routers manejan en una red IP nativa y mejora la performance limitándose a conmutar etiquetas, ofreciendo calidad de servicio por medio de la cual se puede asegurar el envío de tráfico crítico, sin pérdidas de paquetes y mínima latencia.

A continuación algunos conceptos importantes de MPLS:

- LER<sup>61</sup>, es un router que opera en la frontera de las redes MPLS y funcionan como interfaz entre la red de acceso y la red MPLS, los LER se encargan de clasificar

[60] MPLS: Acrónimo de Multiprotocol Label Switching, ver siguiente página.

[61] LER: Acrónimo de Label Edge Router.

paquetes en base a un nivel de calidad de servicio.

- LSR<sup>62</sup>, después que los paquetes fueron etiquetados por el LER, estos comienzan su viaje encontrándose en el trayecto con los router de conmutación de etiquetas, los cuales se encargan de dirigir el tráfico en el interior de la red.
- LSP<sup>63</sup>, la ruta que sigue un paquete entre dos nodos de la red MPLS se conoce como ruta conmutada de etiquetas (LSP).
- FEC<sup>64</sup>, es un conjunto de paquetes que comparten los mismos requerimientos para su transporte, estas reciben la misma etiqueta, por ende siguen la misma ruta hasta su destino.

Hablar de calidad de servicio, implica que la tecnología sea capaz de asignar prioridades a los distintos tipos de tráfico y manejar la congestión a lo largo de toda la red, en particular MPLS maneja una arquitectura de calidad de servicio que le permite identificar, y manejar el tráfico de voz en forma prioritaria, de esta forma los paquetes de voz será despachados con bajo retardo y sin pérdida de paquetes.

La red MPLS resulta un punto mas a considerar en este estudio, dado que un caso bastante usual en la implementación de un centro de atención de llamadas es la necesidad de establecer un medio de comunicación que permita el transporte de la voz y con calidad de servicio, para casos donde se tiene uno o más orígenes de tráfico, y el iVR se encuentre físicamente en un lugar distante, por lo cual el medio ideal de transporte es la voz sobre IP con MPLS.

Por ejemplo, en la figura 2.29 se muestra un diagrama descriptivo de un centro de atención de llamadas para una empresa "X" proveedor de productos y servicios con presencia internacional, dado que el centro de atención está en Perú, únicamente el tráfico generado en la red pública de Perú es recibido por una interconexión RDSI directo a la red pública de Perú, el tráfico proveniente de los demás países son transportados mediante una red MPLS contratado a un proveedor de telecomunicaciones, considerando que el número del centro de atención en cada país es un número gratuito o "toll free"<sup>65</sup>, es el propietario (empresa "X") quien asume los costos de telecomunicaciones de cada llamada, la solución con MPLS permite evitar los altos costos que implicaría transportar las llamadas a través de la red de larga distancia internacional de la telefonía pública y brinda calidad de servicio.

[62] LSR: Acrónimo de Label Switching Router.

[63] LSP: Acrónimo de Label Switched Path.

[64] FEC: Acrónimo de Forwarding Equivalence Class.

[65] Toll Free: Significa número de teléfono gratuito, es un número telefónico especial que es gratis para la persona que llama, el costo de la llamada es asumido por el contratante del servicio.



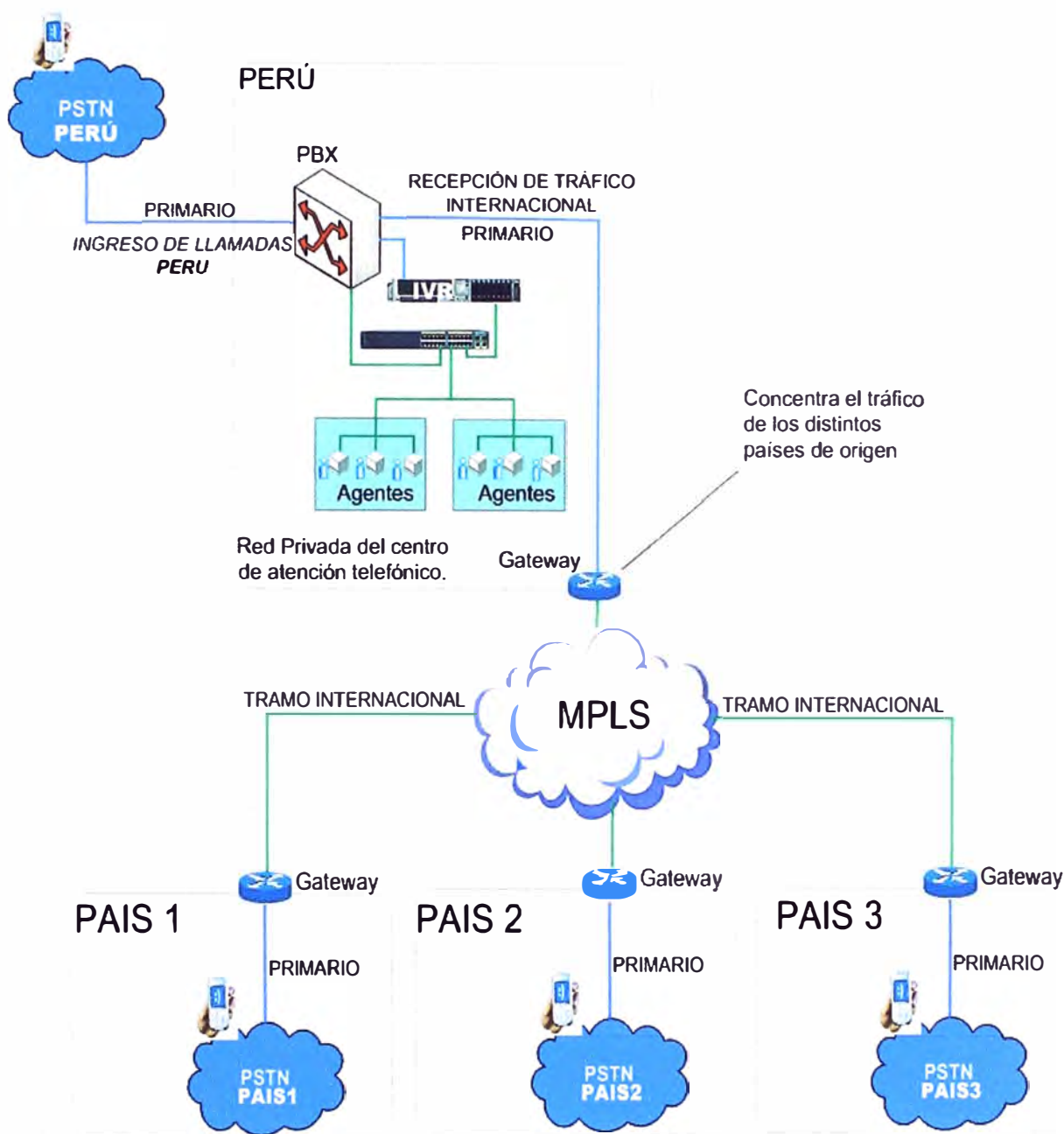


Figura 2.29 - Interconexión MPLS para el transporte de voz.

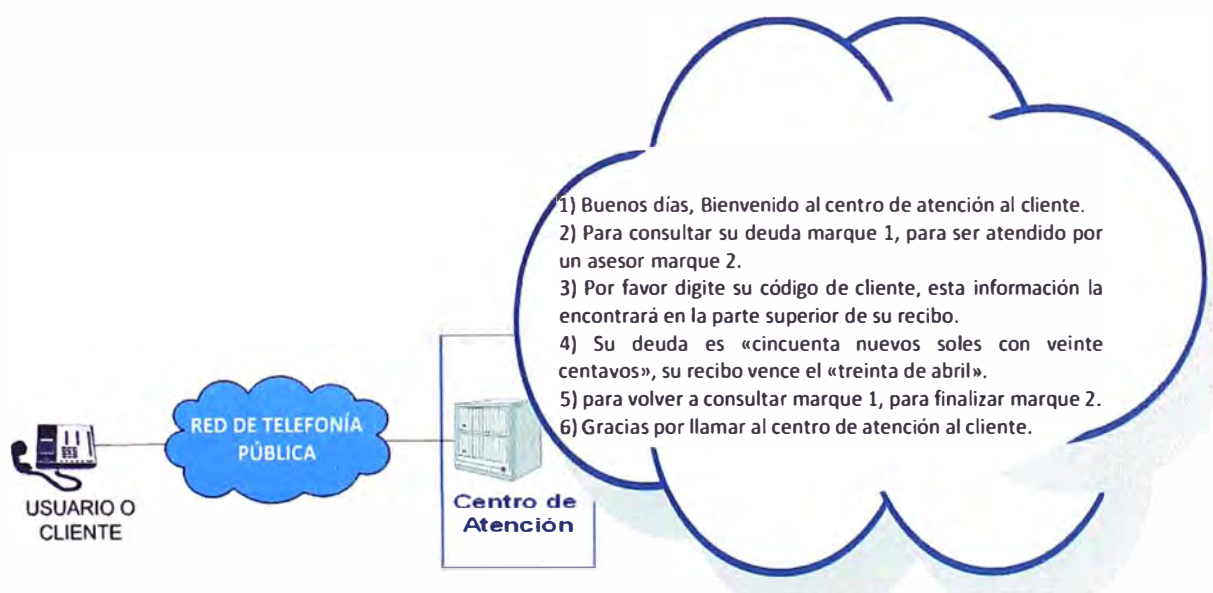
## CAPÍTULO III

### SISTEMAS INTERACTIVOS DE VOZ (IVR)

#### 3.1) Descripción

Un sistema interactivo de voz o IVR<sup>66</sup> consiste en un arreglo de hardware y software que se integra a una red de telefonía, con la finalidad de darle cierta autonomía planificada a la atención de las llamadas en un centro de atención telefónico de alguna empresa proveedora de productos y servicios.

El objetivo de un IVR es automatizar la atención telefónica de los usuarios o clientes con la finalidad de mejorar los procesos de atención, lo cual conlleva a identificar las necesidades de los usuarios, esto varía de acuerdo al contexto o rubro del negocio, y finalmente automatizar aquellas necesidades que pueden ser atendidas de manera automática sin la intervención de una persona, salvo casos donde esta intervención sea realmente necesaria. La figura 3.1 muestra un ejemplo práctico de una atención automática por IVR, el cliente se comunica al centro de atención, recibe la bienvenida del IVR, luego reproduce un menú de opciones, el cliente responde marcando 1, el IVR le pide marcar su código de cliente, el cliente responde marcando los dígitos de su código, el IVR identifica al cliente y le responde indicando su deuda y fecha de vencimiento.



**Figura 3.1 - Atención automática por IVR.**

[66] IVR: Acrónimo de Interactive Voice Response.

Un IVR está conformado por hardware y software, el software brinda los recursos lógicos necesarios para desarrollar un IVR en base a un lenguaje de programación definido, y el hardware provee de todos los recursos físicos necesarios para que el programa desarrollado pueda integrarse a una red de telefonía.

Para poder habilitar la atención automatizada propio del sistema interactivo de voz, la central telefónica de la red privada que acoge al IVR debe asociar el número telefónico público del centro de atención con el número de la red interna correspondiente al IVR. Como es lógico pensar, la central telefónica de la red privada debe estar interconectada a la red de telefonía pública, para tener presencia y atender llamadas desde cualquier origen de la red de telefonía pública.

### **3.1.1) Integración de una red telefónica privada y la red de telefonía pública**

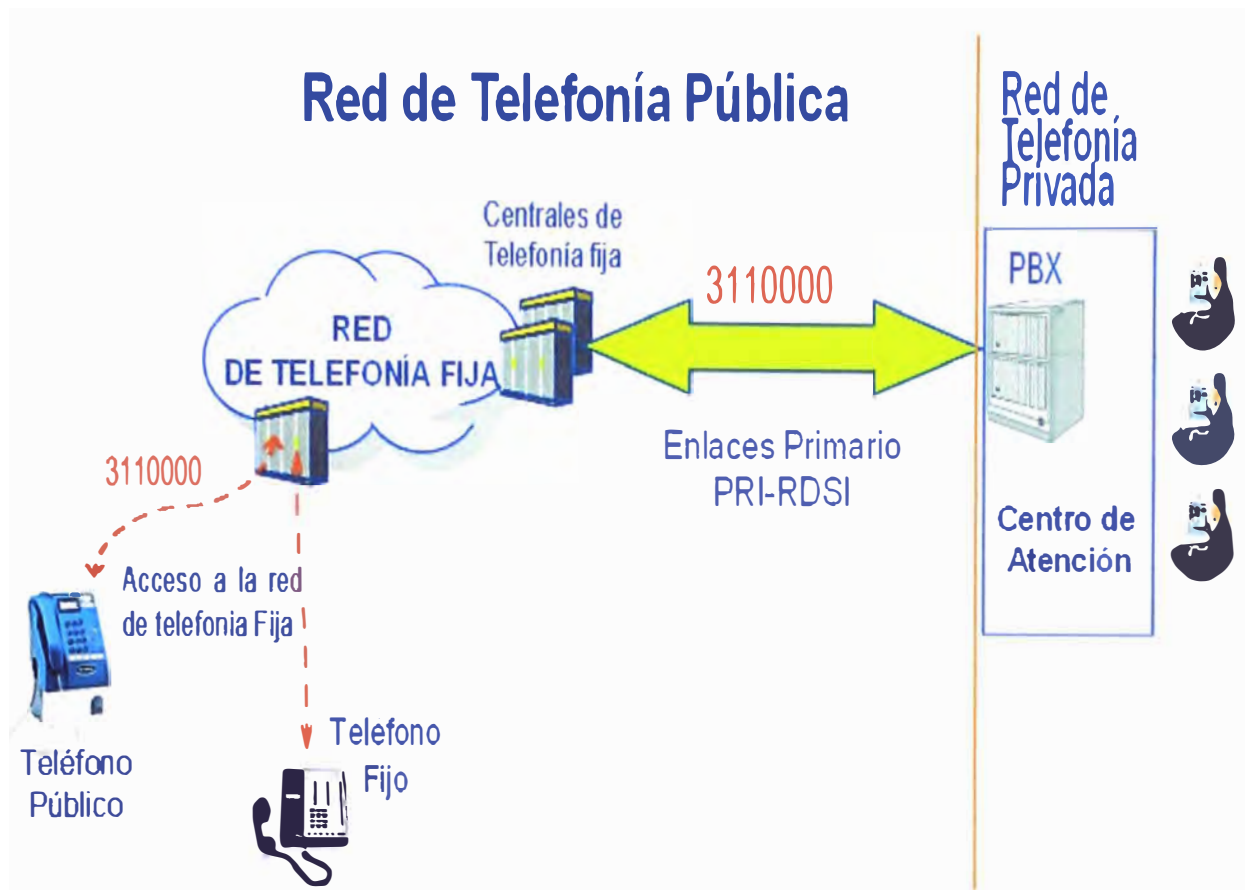
Para integrar una red de telefonía privada con la red pública, es necesario contratar el servicio de interconexión con un operador de telefonía local, hoy en día los operadores brindan este tipo de servicios mediante protocolo Euro-RDSI. Este tipo de conexiones son comúnmente denominados enlace primario o simplemente primario, en el cual el operador pone a disposición del contratante 30 números telefónicos y la capacidad de comunicación de 30 canales de voz simultáneos, debido a que un primario trabaja con protocolo de transmisión E1.

De los 30 números asignados el primero de todos es denominado número de cabecera y es el número representativo del enlace contratado, sería lógico pensar que hay una asociación de cada canal de voz con un número telefónico, sin embargo no hay una relación específica, al marcar a un número telefónico del primario, la llamada puede tomar cualquiera de los 30 canales, además se puede ocupar cuantos canales sean necesarios de acuerdo al tráfico de llamadas para cualquier número de la serie asignada, a este conjunto de características del primario se le conoce como hunting<sup>67</sup>.

Para poder habilitar un enlace primario es necesario disponer de una interfaz de conexión, es decir un módulo o tarjeta que soporte protocolo RDSI, el operador de telefonía solo brinda la conexión física hasta esta interfaz, quien contrata el primario debe disponer de una interfaz compatible e integrado con su central telefónica para que se pueda habilitar el enlace.

La figura 3.2 ilustra una interconexión entre una red pública y privada, el número de cabecera del primario contratado es el 3110000, por lo cual los números asociados a este primario abarca desde el 3110000 hasta el número 3110029.

[67] Hunting: Término atribuido a la disponibilidad de usar cualquier canal de voz al marcar a cualquier número de un enlace primario desde la red de telefonía pública.



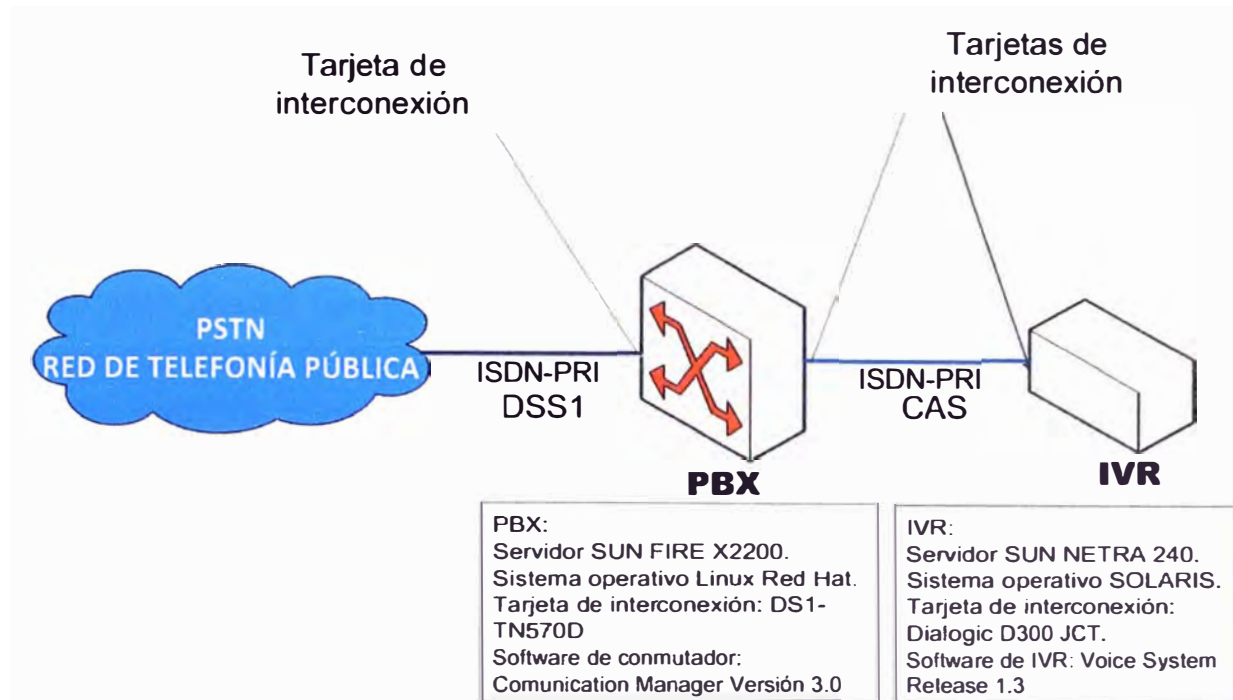
**Figura 3.2 - Interconexión de la red pública y privada**

### 3.1.2) Hardware y Software para un IVR

Hoy en día, es común encontrar que las tecnologías propietarias de telefonía (muy robustas y de alta confiabilidad) para redes privadas ofrecen centrales telefónicas con funciones básicas de IVR, que permiten un desarrollo sencillo, por ejemplo reproducir locuciones, emitir un menú, recoger dígitos, filtrar números, aplicar condiciones, si bien es cierto estas funciones permiten desarrollar un IVR, para funciones mas complejas como consultar a una base de datos<sup>68</sup> o convertir texto a voz, es necesario disponer de una solución en software instalado en un servidor independiente que brinde todas las capacidades y funciones que demanda implementar un IVR completo.

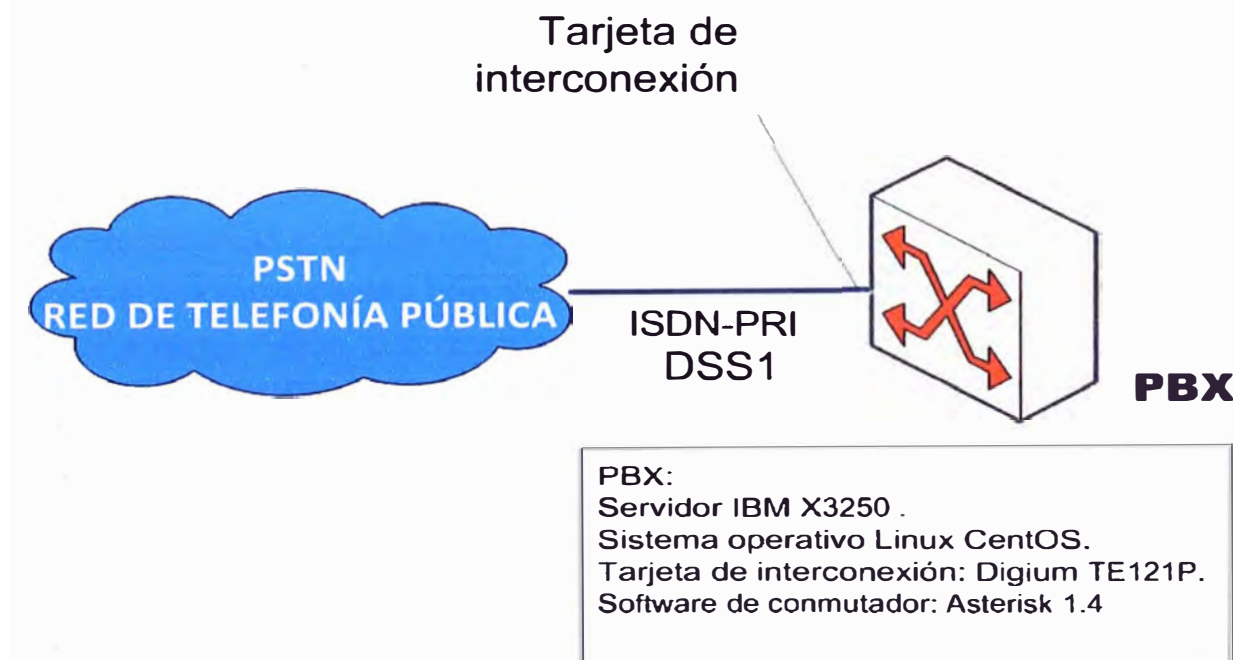
En la figura 3.3 se describe la conexión de un servidor IVR integrado a una central telefónica privada y se menciona un ejemplo de composición en hardware para un sistema propietario.

[68] Base de datos: Recurso informático que tiene como fin el almacenamiento masivo de información.



**Figura 3.3 – Hardware y software de IVR.**

En contraste, existen soluciones tecnológicas en las cuales las funcionalidades completas para el desarrollo de un IVR pueden coexistir en la propia central de conmutación, es decir en un único hardware, este es el caso de los servidores asterisk, la figura 3.4 se muestra un ejemplo de hardware y software requerido.



**Figura 3.4 – Hardware y software de IVR con asterisk.**

Es importante mencionar que para realizar las consultas desde el IVR a una base de datos, es necesario la instalación de un programa cliente en el servidor IVR, que permita realizar la conexión a la base de datos y la ejecución de sentencias de consultas.

### 3.2) Sistemas interactivos de voz y necesidades de los negocios en nuestro país

Los sistemas IVR son dedicados a la atención automática de llamadas utilizando recursos telemáticos, de telefonía, reconocimiento del habla y síntesis de voz. Los IVR son aplicables a cualquier actividad que pretenda establecer contacto con grupos de personas, una empresa privada, una institución pública o un conjunto de particulares; todos ellos pueden beneficiarse de las facilidades de comunicación, coordinación y gestión que ofrecen los servicios de respuesta vocal.

Estos sistemas constituyen una solución a las necesidades de los negocios en crecimiento y grandes empresas para atender de una manera automatizada, vía la red de telefonía pública ya sea fija o móvil, la demanda de los clientes al acceso a la información y atención a consultas y reclamos en cualquier momento del día.

Los IVR constituyen una solución que permite optimizar el uso de recursos humanos e infraestructura tecnológica, el desarrollo de estos sistemas integra varios aspectos de la electrónica, las telecomunicaciones y la informática, son parte de una red de telefonía privada por lo cual para su concepción es necesario la existencia de una central de telefonía privada, la cual deberá interconectarse a la red de telefonía pública para tener presencia y accesibilidad desde cualquier parte de la red pública; en el dominio de la red privada es necesario disponer de plataformas tecnológicas de comunicación por voz, hoy en día la voz sobre IP es la solución mas extendida, y disponer también de un arreglo de servidores que permitan complementar las funcionalidades de los IVR.

Muchos negocios optan por esta solución, debido a que la telefonía es uno de los medios de comunicación mas difundidos y que le permite al usuario la interactividad, y precisamente este concepto es la base de la existencia de los IVR, ya que es un medio que interactúa con el usuario con la finalidad de intercambiar la información en muchos casos de una manera básica pero efectiva.

Varios son los motivos para requerir estos sistemas de acuerdo al contexto del negocio: **Los aeropuertos** que permiten al usuario consultar los vuelos, horas de partida y de llegada de vuelos aéreos.

**Los proveedores de servicios** pueden dar acceso a consultas de deudas, fechas de vencimiento, motivos de falta de servicios y otros datos que típicamente un usuario requiera obtener de su proveedor de servicio.

**Los bancos** permiten tener acceso a consultas de saldo, activación o bloqueo de tarjetas y transacciones de cuentas bancarias.

Finalmente para complementar aquellas funcionalidades que no puede hacer un IVR, la llamada de un cliente es derivada a una atención personalizada, con un asesor, para realizar consultas más puntuales o realizar reclamos.

Por lo expuesto, en la actualidad es muy común ser atendido por un IVR, los negocios utilizan este desarrollo como una “puerta de acceso” al centro de atención telefónica de sus clientes, permitiéndole al negocio reducir sus costos y sus tiempos de atención y resolución de consultas, enfocando su recurso humano en una atención especializada, haciendo que las interacciones típicas y frecuentes sean atendidas por el IVR haciendo más eficiente la atención de sus clientes.

### 3.3) Funciones de programación

A continuación se lista cada una de las funciones comúnmente utilizadas para la programación de un IVR, esta lista nos da un panorama general de cuáles son las funciones existentes para la programación de un IVR, independientemente de la tecnología sobre la cual opera el sistema de telefonía.

- **Colgar:** pone la interfaz de línea en estado colgado (on-hook), esta es una función del sistema para señalización con la PBX y permite que el IVR termine una llamada.
- **Descolgar:** pone la interfaz de línea en estado descolgado (off-hook), es una función del sistema que está presente al inicio de la programación, permite señalizar con la PBX para aceptar una llamada.
- **Emisión:** Esta función permite reproducir una locución de manera informativa, en este caso el IVR “no escucha”, solo reproduce información que se prevé es de utilidad para el usuario.
- **Emisión con recogida:** Esta función permite al IVR emitir una locución y luego esperar un tiempo “escuchando” para recoger dígitos mediante la identificación de los tonos DTMF, este tipo de funciones es utilizado para solicitar el usuario marque una opción de un menú, solicitar marque número de DNI, número de RUC, número y clave de tarjetas bancarias, números de vuelo aéreo, etc. , de acuerdo al contexto de la funcionalidad del IVR; los parámetros de configuración para esta función son el tiempo de espera del total de dígitos, tiempo de espera interdigito, máximo número de dígitos y la variable en la cual se va guardar el dato recogido.
- **Asignaciones:** Esta función permite crear variables y asignar valores iniciales, estas variables serán usadas en la programación para definir condiciones.
- **Condicional:** Esta función se basa en operaciones aritméticas y lógicas para crear una estructura con capacidad de decisión en base a criterios predefinidos, normalmente este tipo de funciones es utilizado para definir horarios de atención, hacer una segmentación y/o discriminación de algunas llamadas, tratamientos especiales, etc. Típicamente las condicionales están compuestas de funciones aritméticas básicas como suma, resta, multiplicaciones, divisiones, manipulación de

cadena numérica y/o de texto; funciones lógicas tales como and, or, negación, comparación, etc.

- **Envío y recepción de Fax:** Es posible implementar la funcionalidad de envío y/o recepción de fax en los IVR, típicamente estos sistemas son requeridos por entidades bancarias, normalmente los archivos de fax son administrados en formatos ASCII (extensión .TXT) o en formatos TIFF (extensión .TIF), las funciones de envío y recepción requieren se especifique el número de teléfono del dispositivo que origina el fax y el nombre del archivo.
- **Grabar:** Permite almacenar grabaciones de voz, típicamente esta función es usada para implementar buzones de voz en un IVR, requiere se especifiquen parámetros de tiempo máximo de grabación, de máximo de silencio, formato de archivo de grabación, frecuencia de muestreo de la voz, número de bits para la codificación de la voz, método de codificación de la voz, nombre del archivo para la grabación.
- **Hacer llamada:** Es una función que permite al IVR marcar a un número o una lista de números, típicamente esta función es utilizada para implementar sistemas automáticos de marcación o discadores empleados para fines comerciales, tales como ventas telefónicas, emisión automática de locuciones informativas de deudas a clientes, emisión de promociones de ventas con interacción de recogida y paso automático a asesor de ventas, etc., la función hacer llamada requiere como parámetros el número de destino y el tiempo de timbrado.
- **Consulta a base de datos:** Permite realizar una conexión a una base de datos y ejecutar consultas a través de stored procedures, con el objetivo de poder obtener información relevante almacenada en la base de datos, esto permite poder diferenciar a los usuarios y brindar una atención automática con ciertas prioridades según sean convenientes. Los parámetros requeridos para esta funcionalidad son el identificador de la base de datos, nombre del procedimiento (stored procedure) que se va ejecutar y los parámetros de ingreso y salida (argumentos) del stored procedure, en tal sentido los parámetros de ingreso serán variables con valores previamente definidos y los parámetros de salida son las variables previamente definidas y cuyo valor será el resultado de la consulta a la base de datos.
- **Reconocimiento de voz:** Los IVR se pueden integrar con soluciones que le atribuyan la capacidad de reconocimiento de voz, conocido como ASR (Automatic Speech Recognition), lo que le permitirá procesar la señal de voz emitida por el ser humano y reconocer la información contenida en esta, generando órdenes que actúan sobre el proceso de atención automática, existen muchas soluciones comerciales para estos fines los cuales trabajan en distintos idiomas incluyendo el



español, también existen soluciones libres, es el caso de sphinx el cual actualmente solo trabaja con el idioma inglés y es posible integrarlo a asterisk.

- **Texto a Voz (TTS)**<sup>69</sup>: es una funcionalidad que permite la conversión de texto a voz, ampliamente utilizados en los IVR para la sintetización por voz de variables de tipo caracteres o numérico. Existen varios tipos de sintetizadores de voz, en particular en los IVR se utiliza la síntesis concatenativa el cual resulta el método de sintetización mas práctico y también el mas común. La síntesis concatenativa, permite reproducir un texto a partir de unidades vocales pregrabadas contenidas en una base de datos, para formar la oración o frase completa a sintetizar estas unidades se concatenan, finalmente se aplica procesamiento digital de señales en el punto donde se juntan los audios para suavizar la señal acústica. Una solución de conversión de texto a voz utilizada en asterisk es festival<sup>70</sup>, la cual al igual que asterisk es una aplicación de código abierto, lo cual se puede utilizar sin costo alguno. La instalación de esta herramienta está descrita en la siguiente sección.

### 3.3) Conversión de texto a voz con Festival

Existen una gran variedad de aplicaciones que permiten la conversión de texto a voz, en particular se menciona a festival por ser una herramienta libre de licencias y que puede ser muy útil a la hora de desarrollar un IVR sobre asterisk, sin embargo festival no viene instalado por defecto, debe ser instalado manualmente, a continuación en las figuras 3.5 y 3.6 se describe el procedimiento completo para su instalación, en su versión en español, para un servidor asterisk instalado sobre el sistema operativo CentOS<sup>[71]</sup>.

```

1 # yum install festival festival-devel           ; para realizar la instalación de festival
2 # cd /usr/share/festival/voices                 ; ruta en la cual instalaremos las voces de festival
3 # wget http://www.voztovoice.org/tmp/festival-spanish.zip ; descargar voces de festival
4 # yum install unzip                             ; instalamos programa de descompresión.
5 # unzip festival-spanish.zip                   ; descomprimir paquete descargado.
6 # vi /etc/asterisk/festival.conf               ; editamos fichero de configuración festival.conf
7
8 Editar las siguientes lineas del fichero festival.conf:
9 [general]
10 host=localhost
11 port=1314
12 festivalcommand=(tts textasterisk "%s" 'file')(quit)\n

```

**Figura 3.5 - Procedimiento para la instalación de festival en CentOS 5.5.**

[69] TTS: Acrónimo de Text to Speech

[70] Festival: Solución basada en software libre para la conversión de texto a voz, soportado por asterisk.

[71] CentOS: Distribución del sistema operativo Linux basado en Red Hat, libre de licencias.

Editamos el fichero festival.scm y añadimos las siguientes líneas:

```

14 # vi /usr/share/festival/festival.scm ; editamos fichero de configuracion festival.scm
15 ; (language_ spanish)
16 (set! voice_default 'voice_el_diphone)
17 (define (tts_textasterisk string mode)
18   "(tts_textasterisk STRING MODE)
19   Apply tts to STRING. This function is specifically designed for
20   use in server mode so a single function call may synthesize the string.
21   This function name may be added to the server safe functions."
22   (let ((wholeutt (utt.synth (eval (list 'Utterance 'Text string))))))
23     (utt.wave.resample wholeutt 8000)
24     (utt.wave.rescale wholeutt 5)
25     (utt.send.wave.client wholeutt)))
26
27 #export PATH=$PATH:/usr/bin/festival_server ; para iniciar el servidor festival
28 #festival_server ; inicia el servidor festival.

```

**Figura 3.6 - Procedimiento para la instalación de festival en CentOS 5.5.**

Para hacer una prueba y validar la operatividad, podemos ejecutar el siguiente comando:

```
#echo "hola mundo" | festival --tts
```

Donde el texto indicado entre comillas será sintetizado por festival.

### 3.5) Características de los IVR

- **Es multiusuario**

Lo cual significa que varios usuarios a la vez pueden interactuar con el IVR, es decir un IVR puede atender varias llamadas al mismo tiempo y permitir la interactividad, sin embargo esta característica tiene factores de limitación, el más importante es la cantidad de líneas telefónicas que dispone el propietario. Cada llamada realizada al centro de atención demanda de un canal telefónico, normalmente se debe disponer de más de una línea telefónica para tener la capacidad de atender llamadas simultáneas de los clientes; determinar la cantidad de líneas necesarias para cubrir la demanda de llamadas es parte del estudio de los niveles de ocupación y volumen de tráfico que conlleva a la determinación de la cantidad de líneas que debe disponer la central de telefonía privada. En este aspecto típicamente el propietario contrata enlaces primarios con un operador de telefonía.

- **Es flexible a las nuevas necesidades del negocio**

El aspecto lógico de los IVR, el cual define el tratamiento de la llamada, es desarrollado en base a un lenguaje de programación, y como tal la fuente del programa puede ser modificada y mejorada de acuerdo a los ajustes que requiera el negocio en base a sus necesidades actuales y en el transcurso del tiempo, este aspecto muchas veces también demanda de la incorporación de nuevos recursos físicos y tecnológicos que den el soporte requerido para los cambios que se necesiten realizar, tal es el caso de incrementar el número de líneas, incorporar bases de datos, incorporar tecnologías de

reconocimiento de voz y tecnologías que permitan la conversión de texto a voz entre otros.

- **Es integrable a tecnologías de la información**

Para poder interactuar con el cliente y responder de manera automática los sistemas interactivos de voz hacen uso de recursos de datos, hoy en día los lenguajes de programación de IVR traen herramientas que permiten crear agentes de conexión a bases de datos a través de los cuales el IVR puede tener acceso a información que puede ser relevante para el tratamiento de la llamada, para segmentar o identificar clientes en base a la autenticación por número de teléfono, DNI, RUC, número de tarjeta, clave, o cualquier otro tipo de dato que el IVR pueda obtener en su interacción con el usuario.

- **Capacidad autónoma de respuesta**

Un IVR debe ser autónomo, y su autonomía depende de la programación, y en su desarrollo los criterios de programación se deben contemplar todos los casos posibles de interacción de forma tal que siempre exista una respuesta o salida por parte del IVR para dar una atención automática hasta cierto nivel y darle termino a su interacción invocando la atención personalizada de un asesor o finalizando la llamada.

- **Emulación de comunicación**

Tomando como base la teoría de la comunicación, para que esta exista se requiere al menos de dos participantes, un emisor y un receptor, un medio de comunicación y un lenguaje; en una interacción con IVR se emula una conversación con una persona, muchas veces el IVR hará la función de emisor, por ejemplo cuando reproduce una locución de bienvenida, locuciones informativas o solicita información al usuario, y en otros casos hará la función de receptor cuando espera recibir una respuesta por parte del usuario, en este contexto el medio de comunicación es la línea telefónica y el lenguaje no es una constante debido a que el IVR reproduce locuciones en un idioma entendible por el usuario, haciendo uso de grabaciones estáticas o reproduciendo locuciones dinámicas mediante el uso de tecnologías de conversión de texto a voz, en contraparte el usuario deberá interactuar a través del teclado numérico del teléfono enviando tonos de multifrecuencia “entendibles” por el sistema de telefonía, y hoy en día con tecnologías de reconocimiento de voz es posible usar frases de comunicación que puedan ser interpretadas por el IVR expandiendo su uso y haciendo más sencilla la comunicación .

### **3.6) Aplicaciones de un IVR**

- **Emisión de mensajes**

El IVR interactúa con los usuarios a través de la emisión de mensajes pregrabados mediante la ejecución funciones que son parte del lenguaje de programación del sistema,

esta es la función de base para la interacción con el usuario, ya que mínimamente un IVR reproduce un mensaje de bienvenida el cual es fijo, y casos mas complejos reproduce mensajes dinámicos proveniente de la conversión texto a voz de una cadena de datos alfanuméricos.

- **Diferenciación y distribución de llamadas**

El IVR puede ser programado para hacer una diferenciación de los clientes a través de algún parámetro obtenido de la interacción, muchas veces a través de un básico menú de opciones, en otros casos realizando consultas a bases de datos, la distribución permite dar atención automática diferenciada con niveles de prioridad y encaminar la llamada a áreas de atención especializada.

- **Centro de conferencias**

Es posible implementar salas de conferencias telefónicas explotando recursos de la central de telefonía permitiendo así conferencias múltiples, para lo cual los usuarios únicamente deberán marcar el número de la central y pasar por una etapa de autenticación previa interacción con el IVR.

- **Encuestas telefónicas**

Que permiten hacer preguntas a los usuarios para evaluaciones de diversa índole y obtener información estadística de algún asunto de interés por parte del propietario, típicamente para evaluar la calidad de un servicio.

- **Marcación automática**

Permite trabajar con listas de números telefónicos por el cual el IVR enviara la orden de marcado a la central de telefonía con el objetivo de enviar notificaciones informativas vía teléfono, o como en muchos casos campañas de ventas de productos y servicios vía telefónica.

- **Envío de fax**

El IVR puede ser programado para el envío de fax lo cual conlleva a que el usuario llamante debe disponer de un telefax que permita este tipo de interactividad con el IVR.

- **Buzón de voz**

Mediante el cual un usuario puede dejar un mensaje y recibir una atención diferida.

- **Retención de llamadas**

Permite retener llamadas que no puedan ser inmediatamente atendidas, para mantener la atención del usuario recurre a la emisión de música de espera o locuciones informativas, esto es un factor importante sobre todo para las áreas de ventas de un negocio.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO DE VOZ**

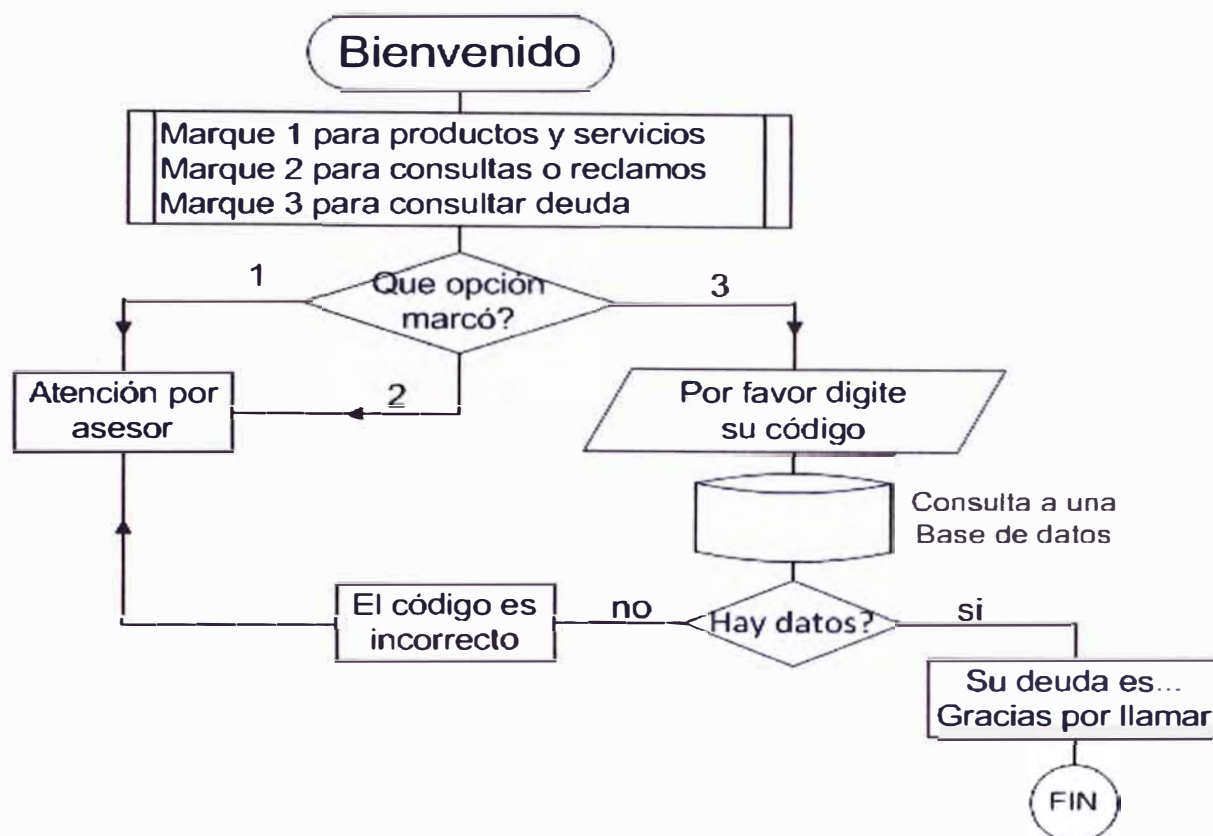
Los sistemas interactivos de voz tienen el propósito de brindar una atención automatizada y ser la primera línea de atención a un usuario que se comunica a un centro de atención telefónico, la implementación de un sistema interactivo de voz conlleva varias etapas, y para poner en marcha un proyecto es necesario conocer cuáles son las necesidades del propietario auspiciador respecto a la atención automatizada que desea poner a disposición de sus usuarios, normalmente el diagrama de flujo del IVR a implementar es una propuesta del propietario y es criterio del diseñador determinar la tecnología necesaria, las capacidades requeridas y realizar la programación para implementar el IVR.

#### **ETAPAS**

- La primera etapa del proyecto es la recopilación información.
- La siguiente fase es hacer cálculos y dimensionamiento.
- La siguiente fase conlleva a la planificación, aquí se definen los recursos que serán necesarios para la implementación.
- La siguiente fase la etapa de desarrollo en la cual se realiza el diseño lógico del IVR sobre un lenguaje de programación de acuerdo a la tecnología de la PBX.
- Finalmente la etapa de pruebas y validación.

#### **4.1) Recopilar información**

Es indispensable conocer la propuesta del propietario sobre los flujos de atención automática de las llamadas, esta información permitirá posteriormente definir los criterios lógicos para el despliegue sobre el lenguaje de programación, la figura 4.1 representa como ejemplo un flujo de un IVR.



**Figura 4.1 - Diagrama de flujo, ejemplo de un IVR.**

Además es necesario conocer los niveles de tráfico estimado en la hora cargada, que será recibido por el centro de atención, en el cuadro 4.1 se muestra como ejemplo un resumen por mes del tráfico de llamadas a un centro de atención, se considera los valores mas altos de número de llamadas y duración promedio en cada mes para poder dimensionar el número de canales de voz entre la central telefónica privada y la red pública.

**Cuadro 4.1 Trafico en hora pico**

Tráfico de la Hora Pico		
Mes	Núm. de llamadas	Duración (seg)
Enero	20	180
Febrero	50	220
Marzo	120	230
Abril	200	220
Mayo	240	220
Junio	360	240
Julio	360	240

#### 4.2) Cálculos y dimensionamiento

El dimensionamiento dependerá de la cantidad de llamadas que el propietario estima recibirá en horas pico y el promedio de duración de estas llamadas, esto determinara la capacidad necesaria que debe existir en los enlaces de interconexión con la red de

telefonía pública, evidentemente el dimensionamiento de las interconexiones a futuro puede ser ampliado según se observe mayor necesidad, esta etapa tiene influencia en cuanto a requerimiento tecnológico y costos.

La intensidad de tráfico es la medida del número de órganos ocupados en un instante dado y la unidad de medición de tráfico es el Erlang<sup>72</sup>, para nuestro estudio, el número de órganos hace referencia al número de canales de voz.

Para el dimensionamiento del tráfico se usan los modelos estadísticos recomendados por la UIT-T; basándonos en las características y el comportamiento del tráfico de llamadas en un centro de atención telefónico con IVR el modelo idóneo es el Erlang-B, con el cual se dimensiona el número de circuitos entre la red de telefonía pública y la PBX que alberga nuestro IVR, además se debe tener presente algunas consideraciones que nos permitan compensar el grado de servicio<sup>74</sup> frente a los costos económicos que esta etapa implica.

La recomendación es considerar una probabilidad de bloqueo baja, de forma tal que la tentativa de remarcado sea poco apreciable, de esa manera se evita sobrecarga en la red y también incomodidad en los usuarios, usualmente se puede considerar 1%.

A partir de los datos mostrados en el cuadro 4.1 se realiza el cálculo de número de Erlang, de acuerdo a la siguiente fórmula (ecuación 4.1):

$$\text{Tráfico (Erl)} = \frac{(\text{Num. Llamadas}) \times (\text{Duración Prom.})}{3600} \quad \dots (4.1)$$

En el cuadro 4.2 se muestran los resultados del cálculo, ver el campo tráfico:

**Cuadro 4.2 Tráfico en Erl**

Tráfico por Hora Pico			
Mes	Núm. de llamadas	Duración (seg)	Tráfico (Erl)
Enero	20	180	1
Febrero	50	220	3.05
Marzo	120	230	7.66
Abril	200	220	12.22
Mayo	240	220	14.66
Junio	360	240	24
Julio	360	240	24

[72] Erlang: Es la unidad de medida de la intensidad de tráfico.

[73] Grado de servicio: representa el nivel de disponibilidad de una red, para ofrecer el servicio comunicación entre usuarios.

#### 4.2.1) Modelo Erlang-B

Es un modelo matemático respaldado por la ITU-T en la recomendación E.520<sup>[74]</sup>, este modelo permite hacer un dimensionamiento cuantitativo en ingeniería de tráfico y se basa en las siguientes hipótesis:

- Infinitas fuentes de llamadas (usuarios).
- Distribución exponencial de la duración de las llamadas.
- Cantidad de canales ocupados en el dominio del tiempo tiene una distribución de Poisson<sup>75</sup>.

La fórmula para Erlang B es la siguiente (ecuación 4.2):

$$P_b = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{A^i}{i!}} \dots (4.2)$$

Dónde:

- $P_b$  es la Probabilidad de bloqueo
- $m$  es el número de recursos, en este caso número de canales de voz
- $A$  = Es la cantidad total de tráfico ofrecido en Erlang

Para realizar el cálculo se debe conocer el nivel de tráfico y el nivel de bloqueo esperado o probabilidad de bloqueo, entonces es posible determinar el número de circuitos.

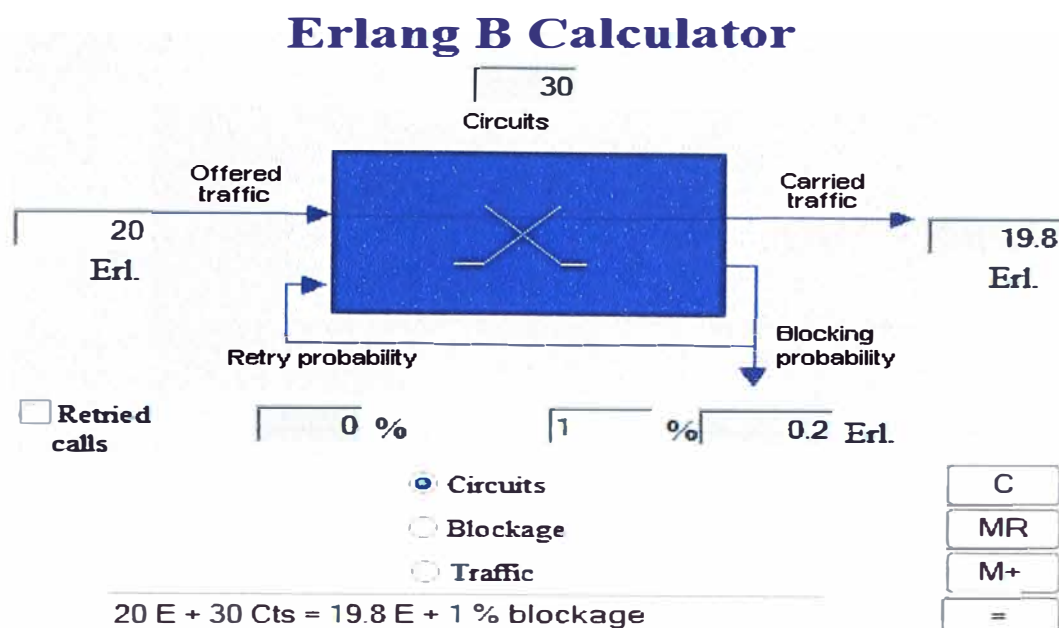
En la figura 4.2 se muestra una herramienta de cálculo del modelo Erlang B, se considera una situación en la que se considera 20Er de tráfico con una probabilidad de bloqueo de 1%, con lo cual se obtiene que el número de circuitos necesarios es de 30 canales, es decir un E1, como se puede apreciar, para hacer el dimensionamiento solo se requieren dos datos, el nivel de tráfico y el porcentaje de bloqueo.

El porcentaje de bloqueo es un valor asociado al grado de servicio de la interconexión que se está dimensionando, mientras mas bajo sea el porcentaje de bloqueo es mayor el grado de servicio, el modelo Erlang B se puede considerar siempre que el porcentaje de bloqueo asumido en el diseño sea bajo, debido a que este modelo asume que las llamadas bloqueadas no generan reintentos, y esta condición normalmente no se ajusta a la realidad. Para situaciones en la que deseamos considerar un nivel de bloqueo alto se debe utilizar el modelo Erlang B extendido el cual se habilita con la opción "retried calls" de la figura 4.2, este modelo considera un porcentaje de reintentos del conjunto total de llamadas bloqueadas.

[74] E.520: Ver glosario.

[75] Distribución de Poisson: Anexo J.





**Figura 4.2 - Calculadora Erlang B.**

Para el cuadro 4.2 que se está analizando, el dimensionamiento sería el siguiente:

**Cuadro 4.3 Calculo y dimensionado**

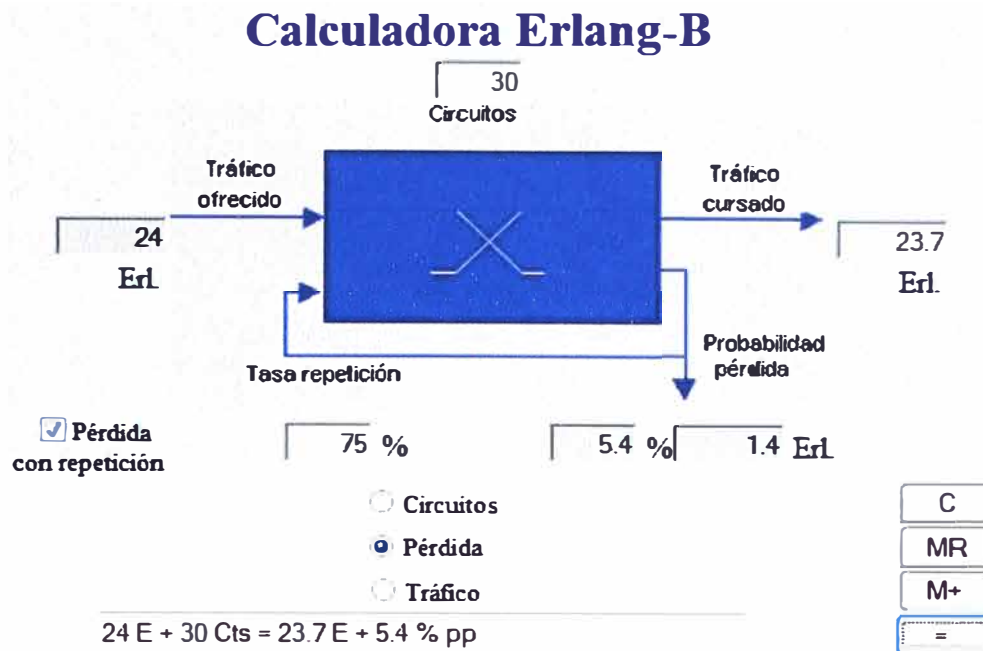
Mes	Tráfico por Hora Pico			Dimensionado	
	Núm. de llamadas	Duración (seg.)	Tráfico (Erl.)	Canales de voz	Enlaces necesarios
Enero	20	180	1	5	1E1
Febrero	50	220	3.05	8	
Marzo	120	230	7.66	15	
Abril	200	220	12.22	21	
Mayo	240	220	14.66	24	
Junio	360	240	24	35	2E1
Julio	360	240	24	35	

Se puede concluir que hasta el mes de Mayo con 1 enlace primario será suficiente 1E1, sin embargo a partir de Junio va ser necesario 5 canales adicionales, esto se traduce en contratar un enlace adicional, caso contrario se va a experimentar bloqueos superiores al 1% que fue considerado en el cálculo, ya que se está excediendo la ocupación de 30 canales de voz simultáneos.

#### 4.2.2) Efecto de incremento de tráfico

La figura 4.3 ilustra una situación de una interconexión que soporta 24Er de tráfico, se están usando 30 canales de voz (1E1) y el porcentaje de reintentos es del 75%, esto quiere decir 3 de cada 4 personas intentará marcar nuevamente ante un evento de bloqueo, esto nos da como resultado un nivel de bloqueo de 5.4%. Al hacer las comparaciones entre los cálculos mostrados en las figuras 4.2 y 4.3, se puede decir que inicialmente el enlace de 30 canales soportaba 20Er con 1% de bloqueo, luego el tráfico se incrementa a 24Er, y el número de canales no ha cambiado, esto ocasiona que el porcentaje de bloqueo incremente, como observación, notar que para hacer un cálculo

mas acertado, se hace uso del modelo Erlang B extendido, dado que el porcentaje de bloqueo calculado es apreciable.



**Figura 4.3 - Calculadora Erlang B extendido.**

De presentarse una tendencia creciente de incremento de tráfico, será necesario redimensionar para evitar mayores incrementos de bloqueo que genere la percepción de un sistema poco eficiente (en horas pico).

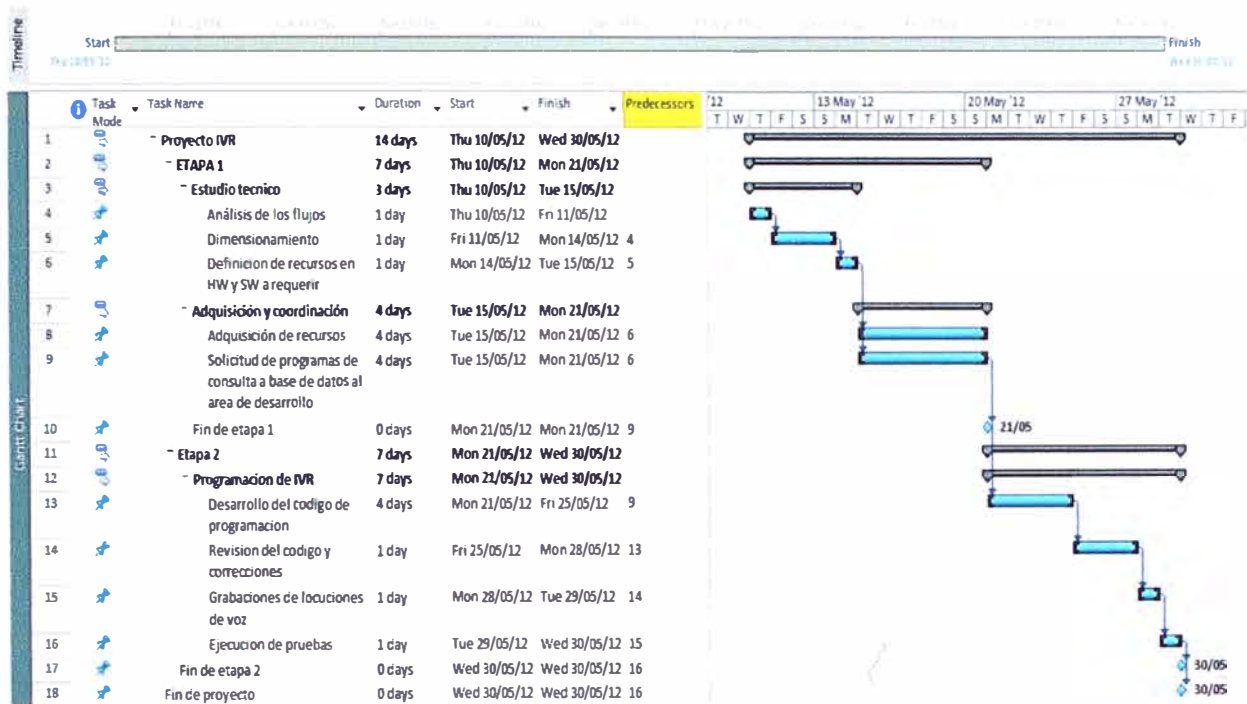
### 4.3) Planificación

La planificación conlleva a establecer el plan de trabajo, para definir que tecnologías, dispositivos y en qué cantidad serán necesarias para la implementación, basándonos en los cálculos de dimensionamiento se verá necesario adquirir gabinetes, tarjetas de interface para interconexión, arrendamiento de la interconexión de la central privada con la red pública e interconexión IP a una base de datos para temas de consultas.

#### 4.3.1) Plan de trabajo

Consiste en definir cada una de las etapas que involucra el proyecto y los tiempos que tomará cada una de las actividades para ser ejecutadas, esto nos da la proyección en el tiempo y nos permite establecer plazos en el desarrollo de un IVR hasta ponerlo en producción, usualmente para estructurar un plan de trabajo se crea un diagrama de Gantt. En la figura 4.4 se describe los puntos generales a considerar en la implementación y desarrollo (programación) de un IVR, y el tiempo referencial que se estima tomará en trabajar cada uno de los puntos, las actividades pueden variar dependiendo del tipo de proyecto y la complejidad de la misma, en algunos casos seguramente se va requerir agregar actividades de implementación o actualización de la red de telefonía privada, interconexión con la red de telefonía pública, interconexión IP a

un servidor de base de datos, adquisición de hardware para interconexión TDM, adquisición de licencias y cualquier otra tarea que afecte la puesta a producción del IVR y que debe ser prevista para una adecuada planificación del proyecto de implementación.



**Figura 4.4 – Diagrama de Gantt.**

[76] Plan de trabajo: Es el conjunto de actividades agendadas para ser ejecutadas en determinada secuencia y fechas específicas, con tiempos de duración planificados, de acuerdo a un cronograma.

#### 4.3.2) Tecnologías y recursos de un centro de atención de llamadas

El mercado tecnológico de las comunicaciones ofrece una amplia variedad de opciones, existen marcas especializadas en el desarrollo de equipamiento para centros de atención de llamadas, caracterizados por su capacidad de procesamiento, estabilidad y arquitectura escalable. Una alternativa a las tecnologías propietarias es asterisk, por ser una versión de PBX basado en software libre no implica el uso de licencias y costos por el uso del software, además que la inversión en hardware para cualquier implementación resulta mucho más económica en comparación a cualquier solución con una tecnología propietaria en el mercado, lo cual constituye una buena alternativa para trabajos en pequeñas y mediana escala.

A continuación se describe los dispositivos que forman parte de una red privada de telefonía y la topología de interconexión tomando como referencia una solución con tecnología propietaria y una solución con asterisk.

En la figura 4.4 se observa un gabinete de una marca propietaria, este gabinete es conocido como “puerto de red” el cual contiene un conjunto de tarjetas cada una de las cuales presta un tipo de servicio al sistema de telefonía y se pueden ir agregando mas tarjetas de acuerdo a la necesidad (arquitectura escalable) para alcanzar mayor rendimiento, el puerto de red tiene la función de albergar a los diferentes módulos e interfaz para comunicación entre el procesador central del sistema de telefonía con:

- Teléfonos analógicos, digitales e IP y terminales de fax.
- Interconexión con otras centrales de telefonía e interconexión con servidores dedicados para IVR, mediante transmisión IP y digital, en la figura 4.4 la interfaz “**DS1**” cumple estas funciones, por cada enlace primario es necesario una tarjeta DS1, en la figura 4.4 hay dos tarjetas DS1 ubicados en los puertos 3 y 5 del gabinete, los protocolos de señalización que soporta son SIP, H323 y DSS1 (RDSI).
- Recursos DSP<sup>77</sup>, para la codificación de la voz y transmisión de paquetes RTP de telefonía IP, en la figura 4.4 la interfaz “**Media Resource**”<sup>78</sup> cumple esta función y se ubica en el puerto 4 del gabinete.
- Recursos para el control de las llamadas telefónicas (señalización) y registro de los teléfonos o softphone al sistema de telefonía IP, en la figura 4.4 la interfaz “**CLAN**”<sup>79</sup> cumple esta función, esta se observa en el puerto 2 del gabinete.

[77] DSP: Acrónimo de Digital Signal Processor, dispositivo dedicado al procesamiento digital de señales.

[78] Media Resource: Dedicado a la codificación y transmisión de la voz en formato digital o IP.

[79] CLAN: Acrónimo de Control - Local Area Network, dedicado a controlar el registro de extensiones a la central telefónica y supervisar las llamadas telefónicas de estas.

- Comunicación con el gabinete, para que exista comunicación entre el servidor central y el gabinete (puerto de red) se hace uso de una interfaz IP, mediante esta conexión el servidor central puede llevar el control y administración de los recursos de hardware que existen disponibles en el gabinete correspondiente, en la siguiente imagen la interfaz que cumple esta función es la tarjeta "IPSI"<sup>80</sup> la cual por recomendación del fabricante debe operar en una red IP completamente independiente y aislada denominada red de control, en la figura 4.4 esta tarjeta se ubica en el puerto 1 del gabinete.



**Figura 4.4 - Gabinete de interfaces y recursos de Telefonía IP (puerto de red).**

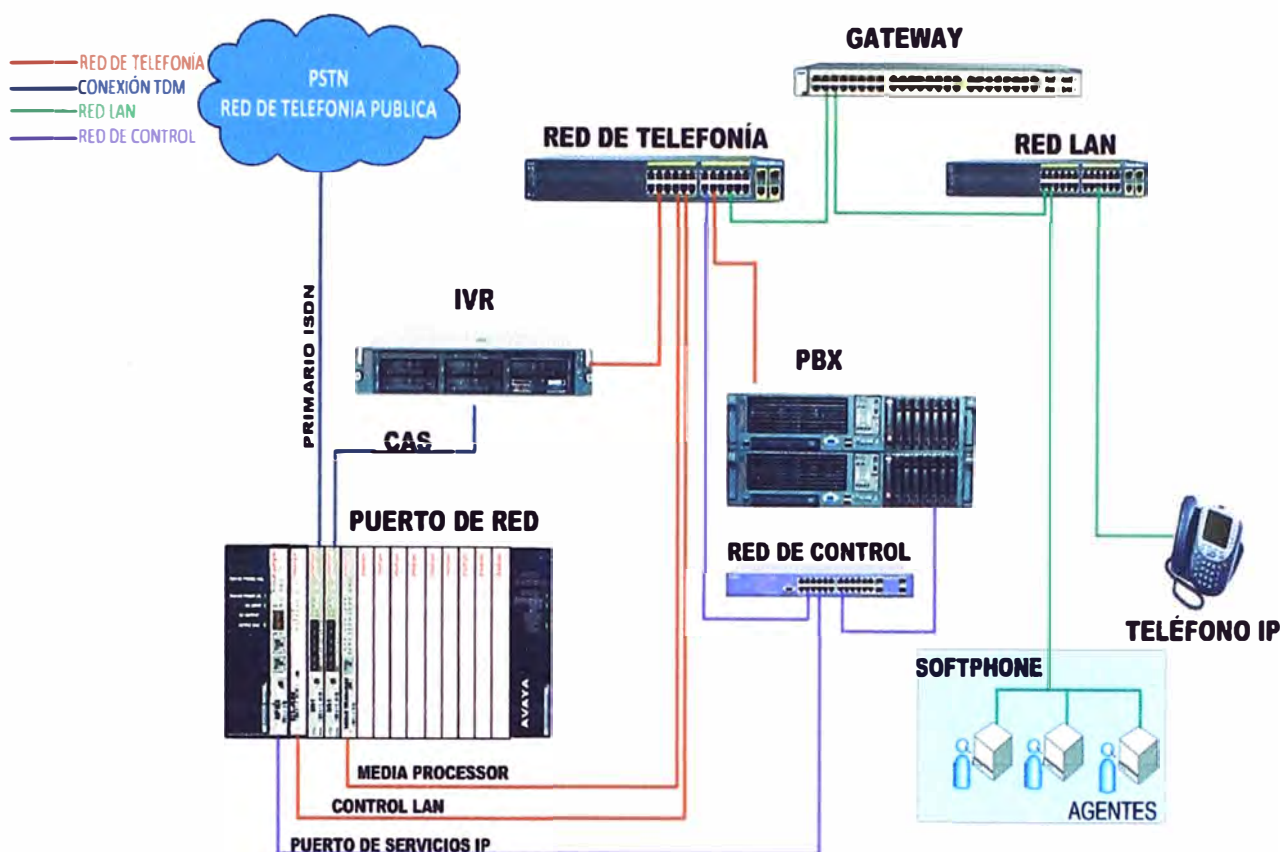
A continuación se muestra un esquema de la topología de una red privada, hay que notar que la interconexión entre la red privada de telefonía y la red de telefonía pública es a través de una interfaz que nos permite trabajar con un protocolo de señalización ISDN, para este caso se trata de un enlace primario, como ya es conocido, en nuestro país se trabaja bajo la norma europea, por lo cual por cada primario el número de canales de voz con la red pública es de 30 canales.

Hay que notar que el sistema de telefonía privado es completamente IP, por las bondades que esta tecnología ofrece y por la gran expansión de lo que hoy en día se conoce como redes unificadas.

En la figura 4.5 se muestra una solución propietaria, se describe la plataforma tecnológica necesaria para poner en servicio una red de telefonía sobre la cual va a operar el IVR, se requiere un puerto de red, un servidor central que cumple la función de PBX, un servidor IVR y la red de datos, normalmente la interconexión entre el IVR y el puerto de red es TDM con señalización tipo CAS, este esquema representa una solución bastante robusta y es comúnmente utilizado en grandes industrias que proveen servicios de atención de llamadas, es el caso de un call center<sup>81</sup>.

[80] IPSI: Acrónimo de IP Service Interface, permite la comunicación IP del gabinete.

[81] Call center: Industria dedicada a proveer el servicio de centro de atención para otras empresas.



**Figura 4.5 - Topología de un centro de atención telefónica.**

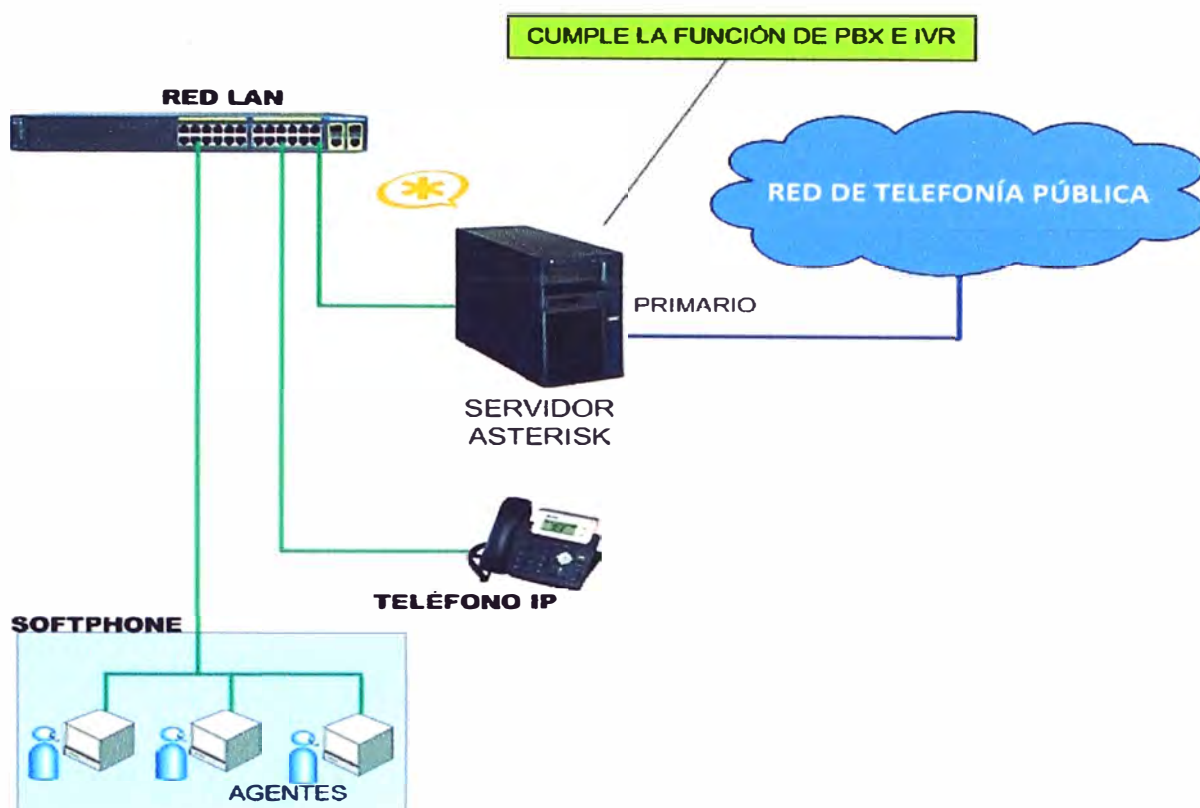
Una solución con asterisk demandaría únicamente de un servidor central, el cual va a centralizar las funciones de PBX, IVR e inclusive puede contener una base de datos.

Para una solución con asterisk los requerimientos en hardware serían:

- Un servidor HP o IBM rackeable, si es IBM los modelos sugeridos son x3250 o x3550, con memoria RAM no menor a 4 GB.
- Una tarjeta digium TE121P PCI Express, por cada enlace primario. Si fueran necesarios 2 primarios entonces se puede usar la tarjeta digium TE220F, esto permitirá conectar nuestro asterisk a la red de telefonía pública.
- Como regla general se debe tomar en cuenta que por el primer E1 instalado en un servidor asterisk, hay un consumo de 2GB de RAM y por cada E1 adicional hay que considerar 1GB de RAM adicional también.

Independientemente al tipo de tecnología es recomendable elaborar una arquitectura basada en alta disponibilidad, para poder brindar una rápida respuesta de recuperación ante una situación de interrupción de servicio.

La figura 4.6 muestra la arquitectura de una red de telefonía con una solución basada en asterisk.



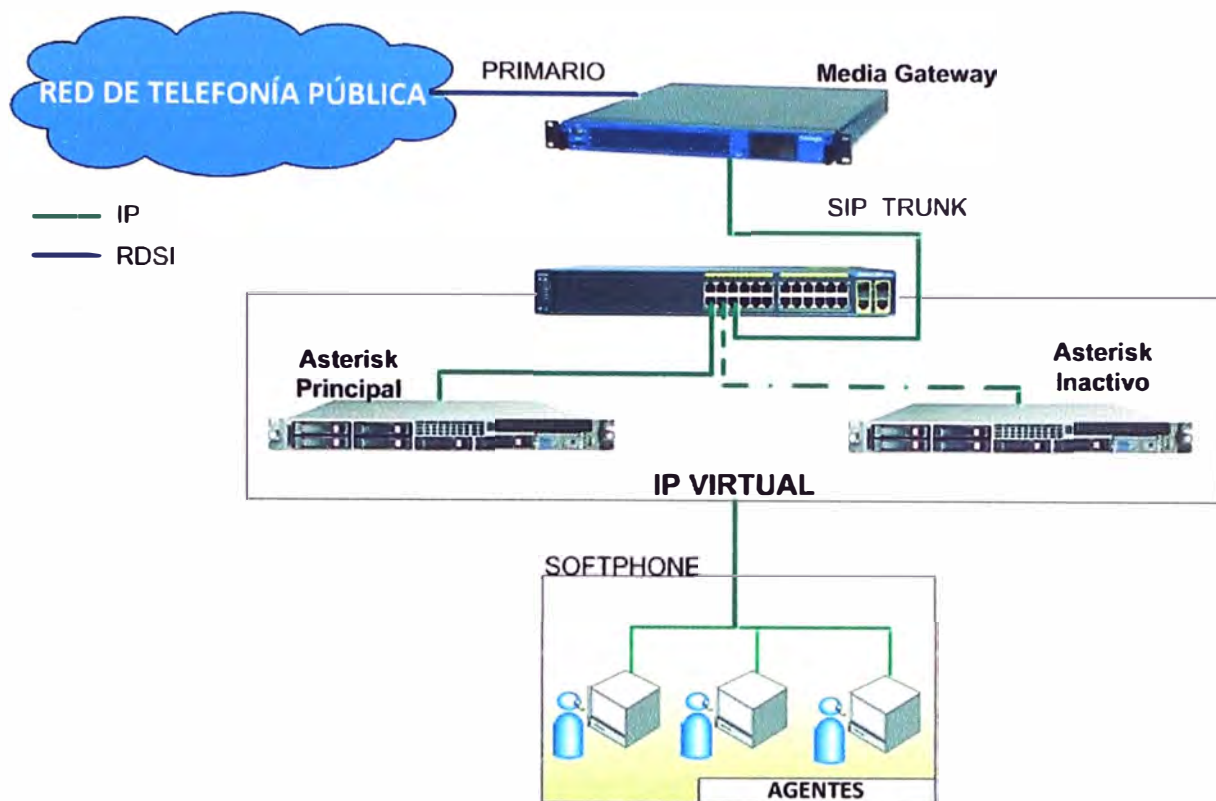
**Figura 4.6 - Topología de un centro de atención telefónica con asterisk.**

#### 4.3.3) Alta disponibilidad

La alta disponibilidad consiste en un arreglo de hardware y software que da a lugar a un sistema redundante en un factor crítico y/o susceptible a falla. En un sistema telefónico con alta disponibilidad en la central telefónica, hay un servidor activo, un servidor en estado inactivo (ambos con las mismas configuraciones) y un programa residente en ambos servidores que está constantemente supervisando el estado del servidor activo, si por algún motivo el servidor principal cae fuera de servicio, automáticamente se activan todos los servicios del servidor inactivo y este entra a cubrir la demanda de servicios, de esta manera las interrupciones se minimizan, la conmutación de un servidor a otro puede tardarse solo unos segundos y la acción es automática. Por ejemplo trabajando con asterisk, para disponer de un servicio con alta disponibilidad se requieren los siguientes elementos:

- Dos servidores asterisk, uno estará activo y el otro inactivo.
- Media Gateway, permitirá realizar la conversión de VoIP a ISDN para interconectarnos a la red pública.
- Heartbeat, es el programa que se instala en asterisk para la supervisión del estado de los servidores redundantes, está basado en software libre.
- Configuración de una IP virtual, la cual se asocia de manera automática al servidor activo, antes y/o después de la conmutación.

La figura 4.7 ilustra la arquitectura de una red telefónica privada con alta disponibilidad.



**Figura 4.7 - Arreglo en alta redundancia.**

Las paradas de servicio no planificadas normalmente se originan en eventos físicos, tales como fallas de hardware, software o problemas del entorno, a continuación se mencionan ejemplos de causales de caídas de servicio:

- Caídas de energía.
- Fallas de hardware tales como disco duro, CPU, RAM, ventilador / temperatura.
- Fallas de seguridad, por intrusión o ataques informáticos al servidor.
- Fallas de software, problemas con desarrollos de aplicaciones principalmente.

Para todos estos casos un arreglo como el mostrado en la figura 4.7 ayuda a optimizar la disponibilidad del servicio de un sistema de telefonía basado en asterisk, el criterio es similar para cualquier otro tipo de tecnología en sistemas de telefonía.

#### **4.4) Desarrollo de IVR**

Hoy en día las distintas marcas del mercado tienen servicios y herramientas básicas de programación de IVR para su configuración en la PBX, aparte existen herramientas de software que ofrecen funcionalidades mucho más completas que por lo general trabajan como un servicio en un servidor diseñado y de uso dedicado para tales fines el cual se integra con la PBX haciendo que el sistema de telefonía sea mucho más completa, un servidor dedicado es capaz de soportar múltiples diseños programados de IVR por lo cual este tipo de sistemas son comúnmente utilizados en un call center.



Desarrollar un IVR implicar elaborar el conjunto de instrucciones en un lenguaje de programación propio de la plataforma tecnológica sobre la cual va operar el IVR, sea basado en software libre o tecnología propietaria, es importante recalcar el lenguaje y el entorno de programación resulta ser una variable según la tecnología sobre la cual se va a desarrollar, sin embargo la lógica para la programación es única.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones para la programación del IVR:

- El diseño debe ser pensado para el común de los usuarios, evitando que se tengan que recorrer opciones que sólo son de interés de algunos pocos, para ello se deben trabajar con un menú principal y submenús de opciones para tratar casos puntuales.
- Hacer que el sistema ahorre trabajo al usuario, no pidiendo un dato varias veces o evitando preguntar información que el sistema puede obtener, como el número de teléfono.
- El saludo inicial debe ser muy breve, y no debe repetirse si el usuario vuelve al inicio.
- La primera interacción de recogida, debe ser de un menú, a menos que sea necesario antes solicitar un dato al cliente.
- Si el usuario se equivoca en ingresar un dato, pedir que vuelva a digitar todo de nuevo o darle alguna alternativa, siempre utilizar contadores de error para llevar el control de continuos errores para efectuar un tratamiento por defecto y darle una salida a la llamada, por ejemplo para derivar con un asesor para que ayude o para despedir al usuario indicándole que vuelva a llamar.
- Si se incluyen opciones de navegación en los menús, es decir opciones “volver al menú anterior”, “repetir las opciones de menú” o “ir al menú principal”, estos siempre deben ir al final del contenido del menú.

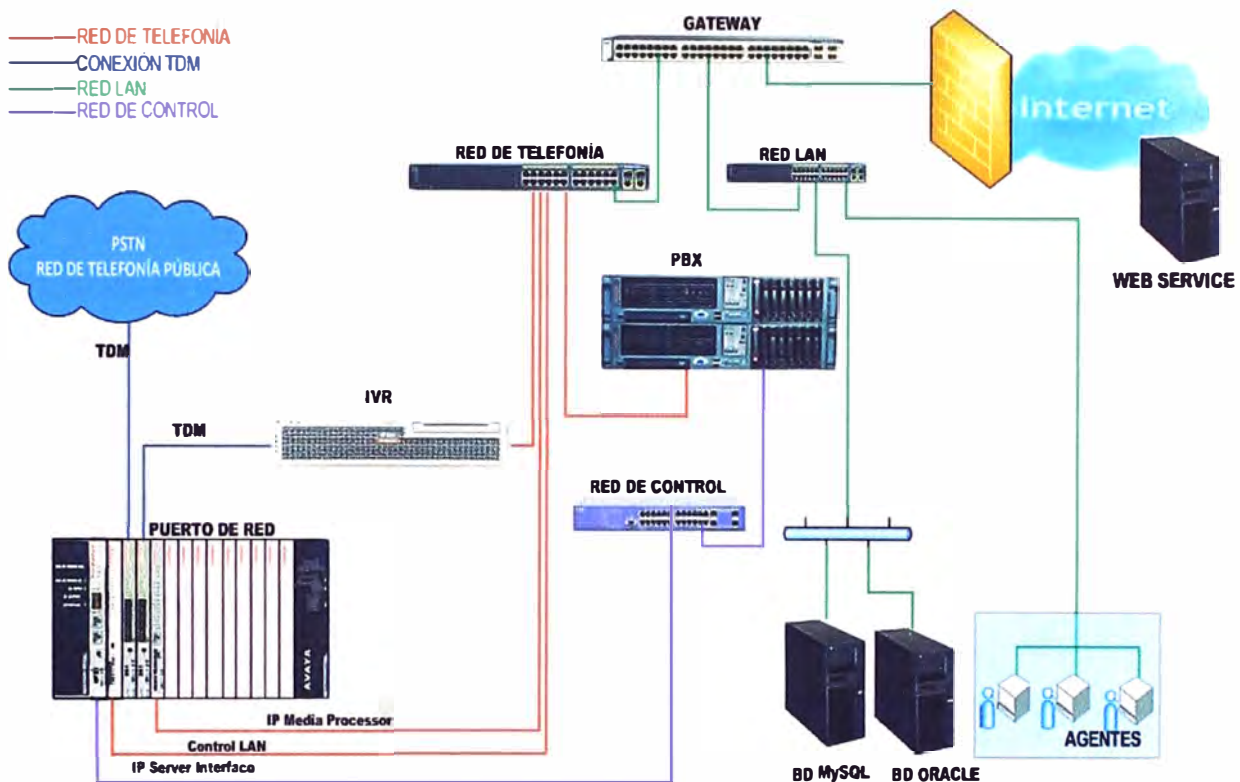
#### **4.4.1) IVR e integración con tecnologías de la información**

Una de las funcionalidades con bastante acogida y de mucha necesidad en un IVR es la integración del sistema telefónico con servidores de bases de datos, ya sea para obtener en información o guardar información. En muchos ámbitos de la industria, los negocios requieren segmentar a sus clientes, para dar una atención diferenciada en cada caso, por ejemplo se puede realizar una segmentación tomando como referencia el número de teléfono del cliente, en otros casos se requiere identificar al cliente para reproducir una información personalizada, es el caso de los bancos que utilizan un número de tarjeta electrónica para identificar al cliente y reproducir saldos, en general existen muchas varias aplicaciones. Estas funcionalidades demandan de integrar el servidor IVR a una o mas bases de datos, a partir de la cual se puede obtener un resultado que es depositado en una variable en la programación del diseño de IVR, las variable son de tipo carácter o numérico y son utilizadas para definir condicionales y

criterios lógicos y además reproducción de locuciones variables mediante la conversión de texto a voz.

Los servidores IVR son capaces de interactuar con diversos gestores de base de datos, tal es el caso de Oracle, SQL, MySQL, y Web Service principalmente. En la figura 4.7 se muestra la topología de un servidor IVR integrado a bases de datos (BD).

La figura 4.8 ilustra la arquitectura de una red de telefonía privada con acceso a base de datos. El uso de web service es una solución bastante conveniente cuando la base de datos se encuentra en un lugar físicamente distante del IVR, ya que permite la comunicación con la base de datos a través de internet.



**Figura 4.8 - Integración de un IVR con una base de datos.**

#### 4.5) Etapa de pruebas y validación

La fase final del proyecto consiste en poner a prueba el diseño, y validar si el desarrollo se ajusta a los requerimientos del propietario, Esto implica poner a prueba cada uno de los aspectos de operación requeridos para el IVR y que fueron descritos en el diagrama de flujo, si hay observaciones, estas son revisadas desde la etapa de desarrollo, se replantea la programación hasta corregir todas las observaciones.

En la puesta a producción, se asocia el diseño de IVR programado a un número telefónico disponible correspondiente a la interconexión de la central privada con la red pública, a partir de la cual entra en funcionamiento la central de atención telefónica automatizada.

## CAPÍTULO V CASO DE ESTUDIO

### Sistema interactivo de voz de una empresa proveedora de energía eléctrica

A continuación se va a analizar un IVR desarrollado para un proveedor de energía eléctrica, las necesidades de este cliente para sus usuarios son:

- Proveer un sistema automático que permita conocer al usuario las causas de falta de suministro eléctrico.
- Poner a disposición del cliente un sistema automatizado que permita conocer el saldo de su deuda y la fecha de vencimiento.
- Brindar un acceso telefónico por el cual el usuario pueda consultar y adquirir productos y servicios.
- Atención automatizada para brindar información general, acerca de preguntas frecuentes de los usuarios.
- Brindar un acceso telefónico para la atención personalizada de los usuarios acerca de sus consultas, reclamos u otras gestiones.

### Diagrama de Flujo del IVR implementado

#### 5.1) Bienvenida y Menú principal

La figura 5.1 muestra el flujo de IVR de un proveedor de energía eléctrica, en la siguiente imagen se muestra la etapa inicial del IVR, está el mensaje de bienvenida y el menú principal, como se observa el menú principal tiene 5 opciones, en esta primera etapa se requiere de la función de emisión para la bienvenida y la función de emisión con recogida para el menú principal.

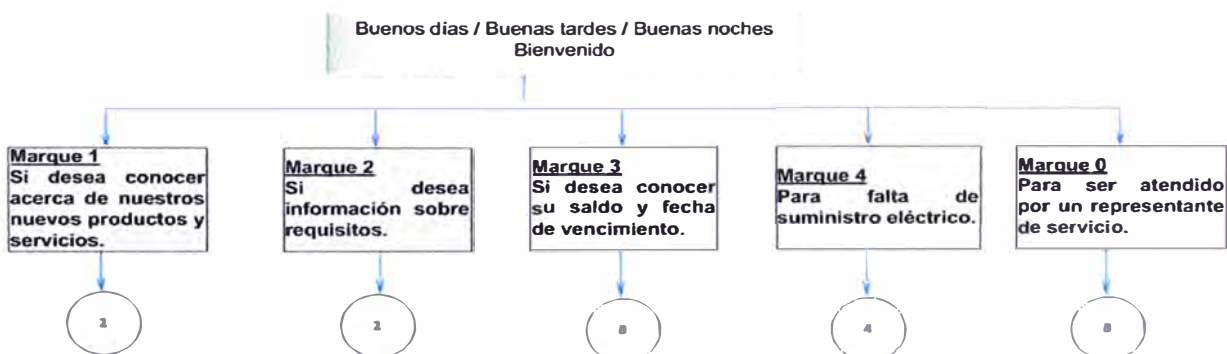


Figura 5.1 - Bienvenida y menú principal.

La función de emisión con recogida nos permitirá reproducir una locución y además esperar un tiempo prudencial para que el usuario pueda discar un dígito de acuerdo a su necesidad y las opciones mostradas, cabe mencionar que esta etapa requiere prever errores por parte del usuario, es decir si el usuario no marca ninguna opción, o marca una opción inválida, y cuantas veces se deberá repetir las opciones para dar oportunidad al usuario de marcar una opción válida.

## 5.2) Opción de nuevos productos y servicios

En la figura 5.2 se muestra la opción 1 del IVR, preparada para para informar al usuario acerca de algún nuevo producto o servicio, esta opción muestra 2 subopciones, la primera para conocer el nuevo producto, la segunda opción para comunicarse con asesor de ventas. Como se puede notar es necesario hacer uso de las funciones de emisión con recogida para el submenú, la función de emisión para la reproducción de locuciones informativas, la función de transferencia para pasar la llamada desde el IVR hacia la extensión de un asesor de ventas y la función de finalizar que genera la señal de desconexión y libera la llamada.

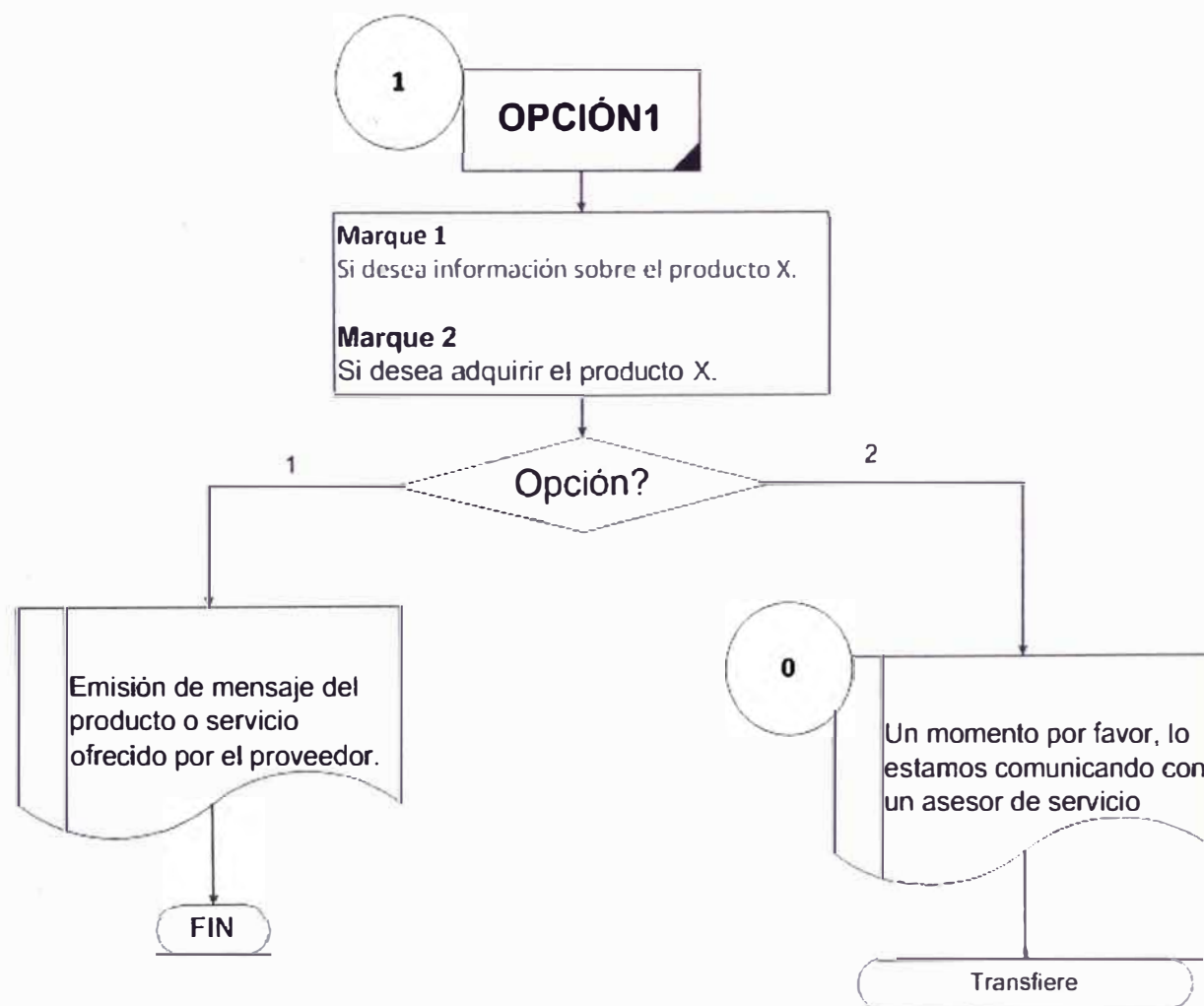


Figura 5.2 - Opción 1.

### 5.3) Opción de información de requisitos

En la figura 5.3 se muestra la estructura de la opción de información general sobre requisitos, comprende algunas preguntas frecuentes de los usuarios cuyas respuestas son emitidas de manera automática, sin necesidad de la intervención de un asesor, las funciones a considerar en esta estructura son la función de emisión para reproducir las locuciones informativas, la función de emisión con recogida para el submenú, funciones condicionales que ayudan a identificar la opción marcada por el usuario, función de transferencia la cual es una función de telefonía que permite derivar una llamada a alguna extensión, como se habrá notado en términos de programación las opciones 1 y 2 requieren de los mismos tipos de funciones, sin embargo las funcionalidades en el IVR son distintas.

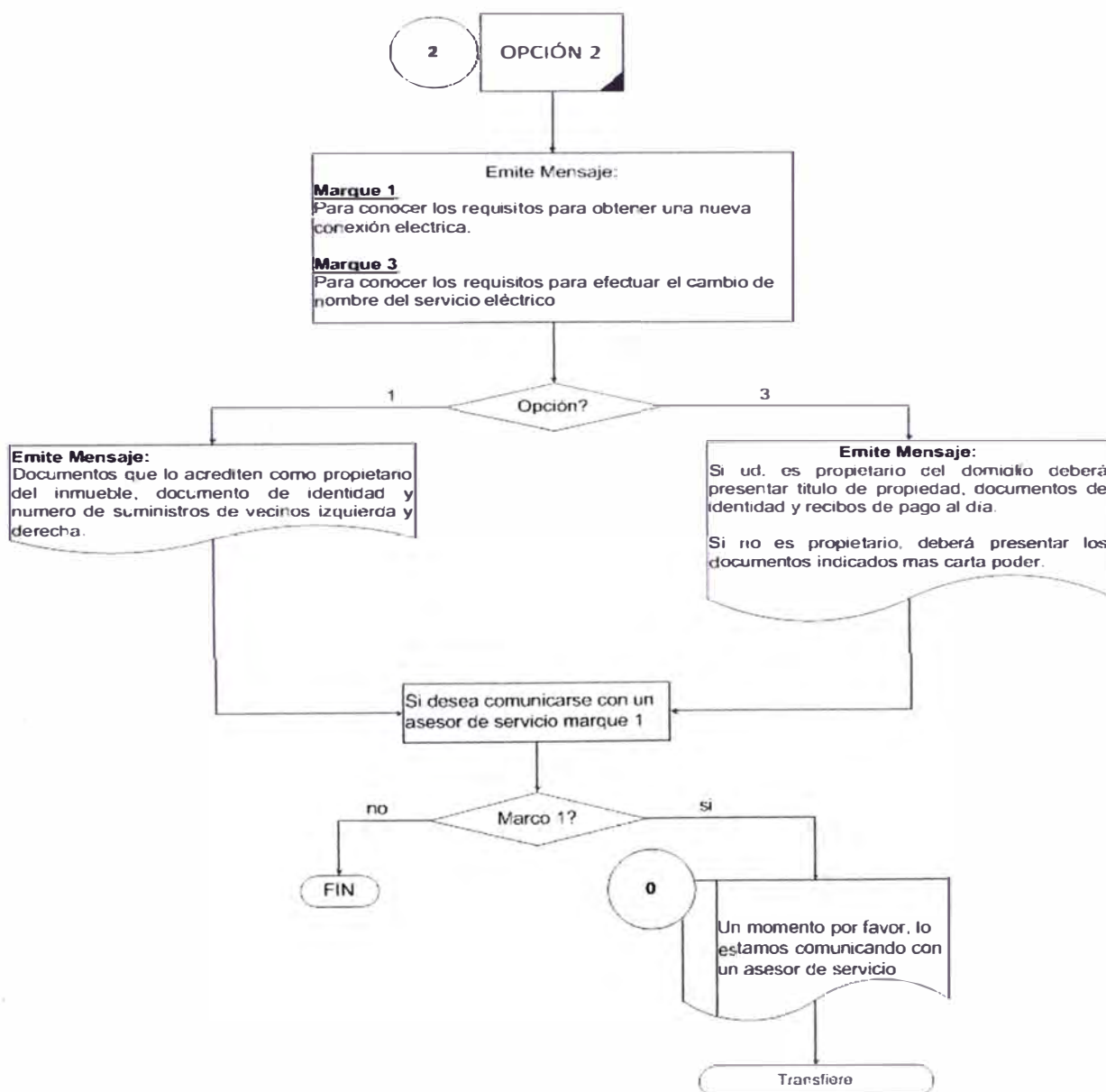


Figura 5.3 - Opción 2.

#### 5.4) Opción de saldo y fecha de vencimiento

La figura 5.4 muestra la estructura de la opción de reproducción de saldos y fecha de vencimiento, esto es una funcionalidad de mucha utilidad ya que representa un sistema automatizado que permite personalizar la información de cada usuario en función a un identificador, para este caso el código de cliente. Esta estructura requiere de una función de consulta a base de datos, cuya transacción usa el número de cliente como parámetro de consulta y partir de la cual es posible obtener el saldo y la fecha de vencimiento asociado, luego cada uno de estos datos serán utilizados en una conversión de texto a voz para reproducir los datos de cada cliente que lo requiera.

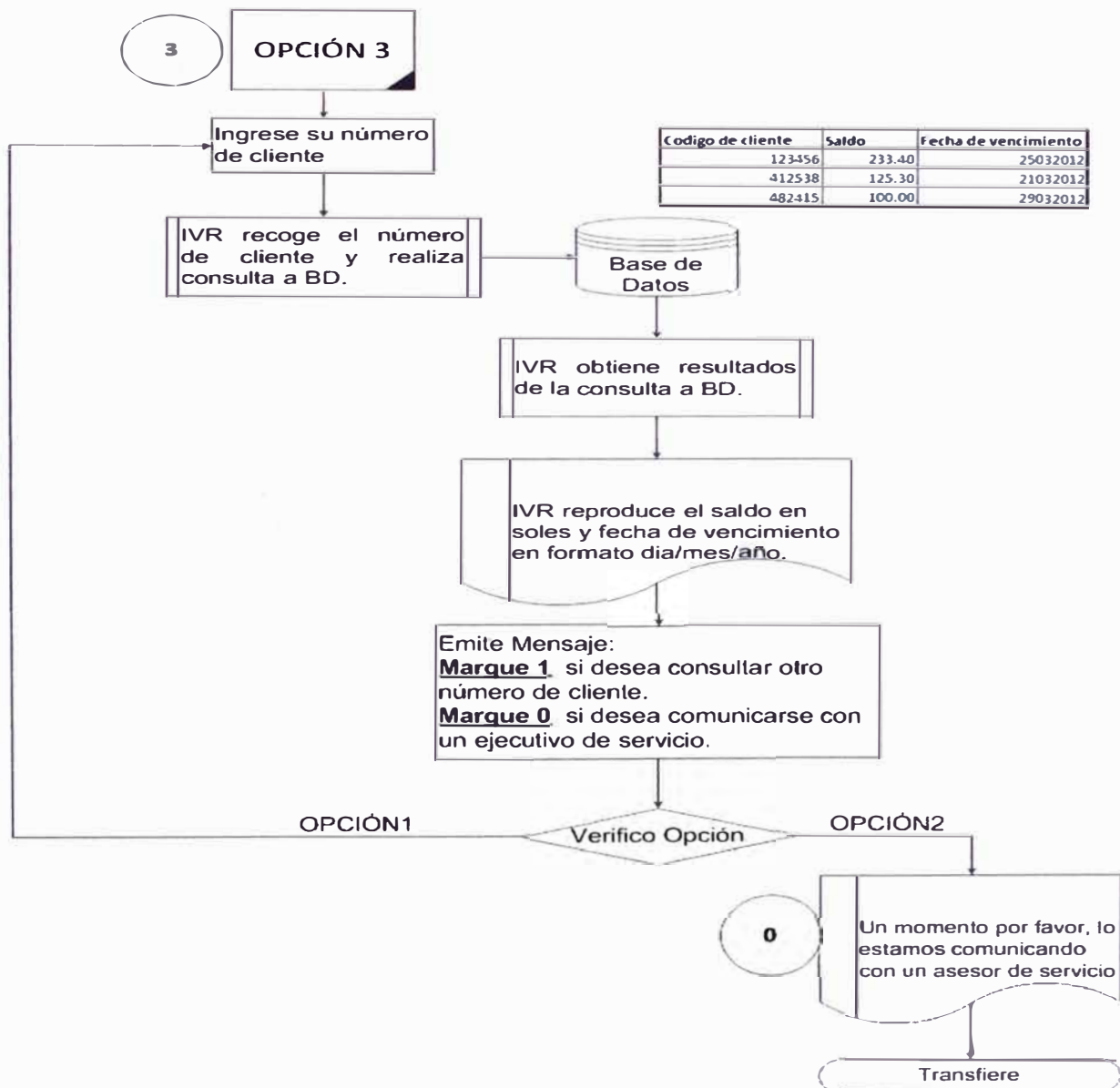
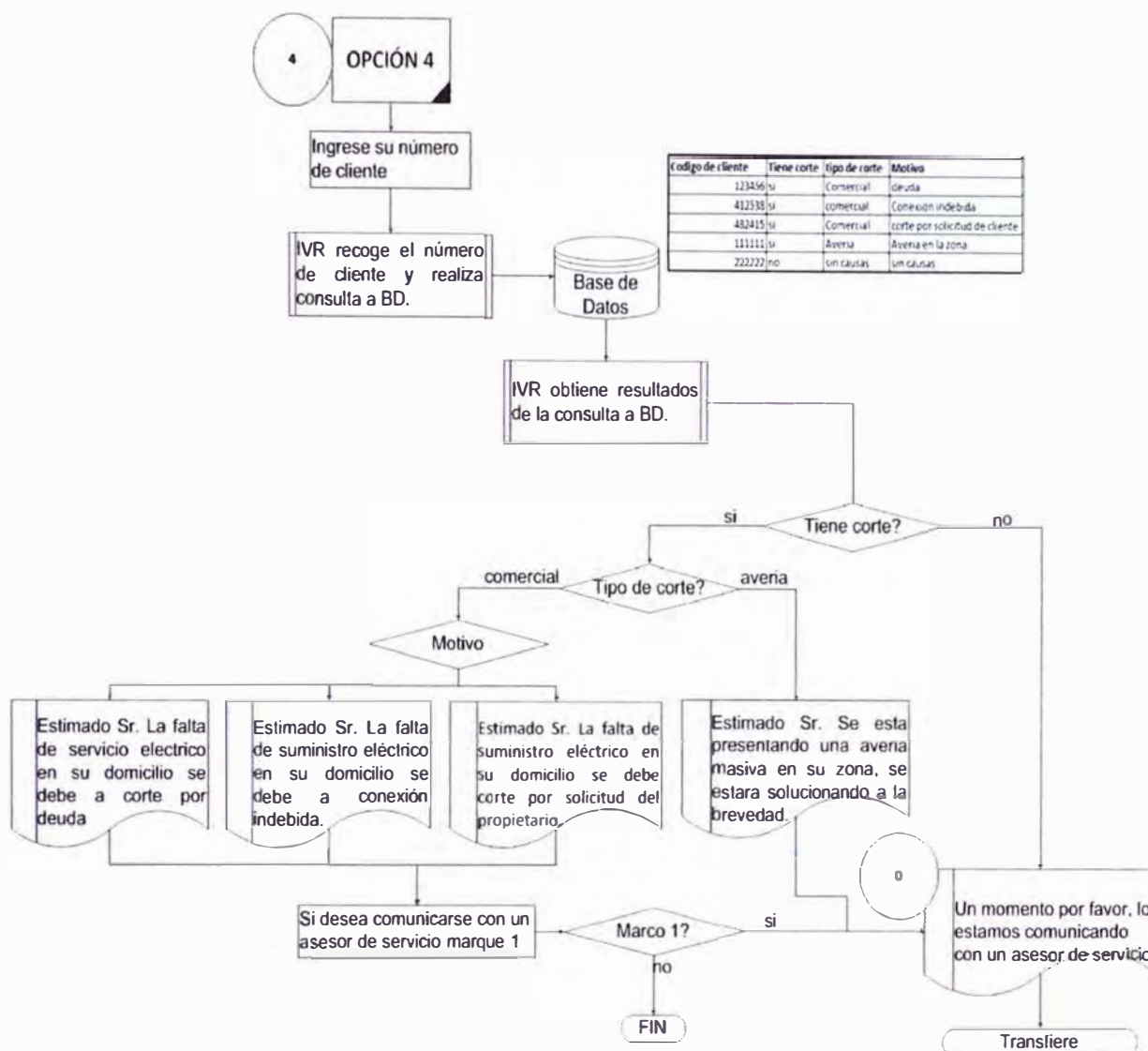


Figura 5.4 - Opción 3.

De la figura 5.4 se puede observar que para la programación del IVR se va requerir funciones de emisión con recogida, consulta a base de datos, conversión de texto a voz (TTS), condicionales, emisión, transferencia y desconexión.

## 5.5) Opción de información de suministro eléctrico



**Figura 5.5 - Opción 4.**

En la figura 5.5 se muestra una funcionalidad de la opción 4, que le permite al cliente conocer la causa o motivo por el cual no dispone de suministro eléctrico, de forma automatizada, el desarrollo de esta opción conlleva a realizar una consulta a una base de datos, usando como parámetro de entrada el código de cliente, a partir de esta consulta se obtiene los datos que informan acerca del tipo de corte y motivo del corte del suministro eléctrico.

Como se observa en esta opción no existe conversión texto a voz, debido a que la información a reproducir es general, solo es necesario identificar el caso del usuario, debido a ello existe un mayor número de condicionales, los cuales nos permiten identificar el caso concreto y la locución informativa predefinida que le corresponde a cada caso.

Para la programación se va a necesitar la función de emisión con recogida, la función de consulta a base de datos, condicionales, emisiones, transferencias y desconexión.

## CAPÍTULO VI

### COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN IVR CON ASTERISK

En principio es importante aclarar que los servidores asterisk no demandan de grandes capacidades de hardware para implementarse, sin embargo para un proyecto de mediana envergadura que requiera atención de alto tráfico y además alta disponibilidad es necesario hacer uso de un hardware con capacidades que minimicen los riesgos de interrupción de servicio, por ejemplo considerando un servidor que va a soportar mas de 30 llamadas simultaneas de ocupación en hora pico, se listan los recursos mas óptimos para implementar un servidor asterisk:

- Servidor rackeable IBM X3550, con procesador Intel quad core de 2.0 Ghz, memoria RAM de 4GB, respecto al disco duro, si se van a realizar grabaciones de llamadas es recomendable sea tipo SAS de 500GB, con esta capacidad de hardware el servidor podrá soportar un tráfico de hasta 2 E1 pico, en cuadro 6.1 se muestra las características del servidor a adquirir.

**Cuadro 6.1 características del servidor**

Hardware	Modelo	Características	
		Procesador	RAM
Servidor	X3550 IBM	Quad core 2Ghz	4Ghz

- Tarjeta E1 digium, para la integración del servidor asterisk a la red de telefonía, en el cuadro 6.2 se muestra las características de esta interfaz.

**Cuadro 6.2 características de interfaz de interconexión**

Hardware	Modelo	características
Tarjeta E1	TE220 DIGIUM	PCI EXPRESS con 2 puertos E1

#### **Descripción del servidor**

En el cuadro 6.3 se muestran los detalles de capacidades del servidor y el costo estimado.



**Cuadro 6.3 Detalles del servidor y costo**

MODELO	SYSTEM x3550
PROCESADOR(GHZ)	INTEL (1) XEON QUAD CORE E5335 (2.0GHZ/CACHE 8MB) SOPORTA HASTA 2 PROCESADORES
MEMORIA	4GB DDR2 SDRAM (NON-PARITY) NÚMERO DE RANURAS: 8 DIMM CAPACIDAD MAXIMA HASTA (GB) : 32
UNIDADES DE ALMACENAMIENTO	DVD-ROM & CD-R/RW
INCORPORA	VIDEO : ATI RM50B
TARJETA DE RED	DUAL GIGABIT ETHERNET
FACTOR DE FORMA	RACK (1U)
PRECIO	\$3,000.00

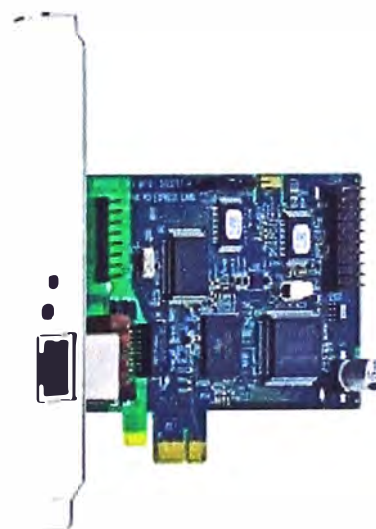
**Descripción de la interfaz E1**

En el cuadro 6.4 se muestran costos de una interfaz de interconexión.

**Cuadro 6.4 Costos de interfaz de interconexión**

TARJETA	CAPACIDAD	PRECIO
TE220 DIGIUM	2E1	\$700.00
TE121 DIGIUM	1E1	\$650.00

En la figura 6.1 se muestran los dos tipos de tarjetas E1 comúnmente usadas en servidores asterisk:

**TE220 DIGIUM****TE121 DIGIUM****Figura 6.1- Modelos de tarjetas para telefonía.**

- Arrendamiento de enlace primario, su costo a diferencia de los anteriores mencionados es una renta mensual, mientras los anteriores son costos únicos, el cuadro 6.5 muestra el costo estimado del arrendamiento de un primario.

**Cuadro 6.5 Costo de arrendamiento de primario**

Enlace primario	costo
30 canales de voz	\$500.0

- Existen otros costos de renta mensual, por ejemplo el consumo de energía eléctrica y el consumo en llamadas telefónicas los cuales solo mencionamos y no lo vamos a cuantificar, ya que son un monto variable.
- Es importante mencionar, dado que asterisk trabaja sobre sistema operativo Linux es un desarrollo de uso libre, no existen costos en licencias.

En resumen, en el cuadro 6.6 mostramos los costos representativos en una implementación de un servidor asterisk.

**Cuadro 6.6 Cuadro final con costos de adquisición y renta mensual**

Servidor	Dimensionado	Tarjeta requerida	Primarios a contratar	Costos únicos	Renta mensual
Asterisk	1E1	TE121	1	\$3650.0	\$500.0
Asterisk	2E1	TE220	2	\$3700.0	\$1000.0

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Un IVR permite automatizar la atención de llamadas, mejorar los procesos de atención, optimizar tiempos de atención, y brindarle al cliente una experiencia satisfactoria para la atención a sus requerimientos en cualquier momento del día y desde cualquier lugar, solo es necesario que el cliente tenga un teléfono fijo o celular para poder comunicarse.
2. Un programa de IVR debe ser diseñado de forma tal que resulte práctico y de utilidad para el usuario, el IVR debe guiar al usuario sin inducirlo al error, lo cual puede ser causado por alguna inconsistencia lógica en la programación o alguna ambigüedad en el contenido de las locuciones usadas para interactuar con el cliente.
3. Normalmente este tipo de desarrollos se tercerizan a un centro de atención de llamadas, debido a los elevados costos que implica el uso de tecnologías propietarias, recursos informáticos, recursos físicos, recursos de energía y la administración que garantice una óptima operación del sistema, con altos índices de disponibilidad del servicio. Esto tiene un equivalente económico y muchas veces resulta conveniente para las empresas asociarse con un centro de atención de llamadas (call center), sobre todo cuando hay un crecimiento del negocio que se ve reflejado en un crecimiento del tráfico de llamadas, esto hace que la complejidad del desarrollo y su disponibilidad sea más exigente.
4. Una buena alternativa a los costosos sistemas propietarios es el uso de asterisk con la cual es posible implementar una PBX y desarrollar un IVR, sugerido para casos donde el nivel de tráfico no exija aun un sistema telefónico con grandes capacidades de procesamiento y los niveles de detalles de información de estadísticas de atención de llamadas no sean factor crítico o exigente.
5. Se describió que la implementación de un IVR conlleva a las etapas de recopilación de información, dimensionamiento, planificación, desarrollo y evaluación, el desarrollo de cada una de estas fases varía según el tipo de tecnología sobre la cual se va a trabajar, es decir depende de la plataforma de telefonía.

- 6.** La recopilación de la información nos brinda los datos necesarios para dimensionar y conocer los requerimientos en hardware y económicos necesarios para temas de interconexión, normalmente en esta etapa se determina cuantas interfaces o tarjetas de interconexión se necesitan en función a cuantos enlaces se han calculado y se tendrán que arrendar, para esto mencionado se considera que el sistema telefónico ya está implementado caso contrario los requerimientos parten desde la implementación del sistema de telefonía y no del IVR propiamente dicho, por otro lado los diagramas de flujo del IVR a implementar representan un equivalente a los planos para una construcción, lo cual debe ser revisado para corregir cualquier aspecto lógico que no sea coherente o que este incompleto.
- 7.** Es importante la comunicación con el propietario auspiciador, dado que durante la programación pueden surgir consideraciones que demandan de una coordinación oportuna, para ahorrar tiempo y asegurar los plazos fijados.
- 8.** Hoy en día, los IVR son una necesidad para las empresas y negocios en crecimiento, para dar una atención autónoma, y eficiente a los usuarios, y cubrir un conjunto de necesidades en el marco del acceso a la información y/o gestión de requerimientos.

**ANEXO A**  
**RECOMENDACIÓN Q.23 ITU-T**

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS APARATOS TELEFÓNICOS DE TECLADO**

La introducción de aparatos telefónicos de teclado puede influir en la explotación de los circuitos internacionales:

- a) Dada la mayor velocidad al marcar, puede aumentar la duración del periodo de espera subsiguiente, ya que las redes nacionales e internacionales sólo se irán adaptando progresivamente a esta mayor velocidad.
- b) Al accionarse los pulsadores después de establecida una comunicación internacional, las frecuencias de señalización de los aparatos de teclado pueden ocasionar perturbaciones a otros sistemas de señalización de la conexión. Debe señalarse, sin embargo, que puede informarse al abonado de los inconvenientes que puede acarrear el accionamiento de los pulsadores en condiciones que no sean las normalmente prescritas.

Al elegir un sistema de señalización para los aparatos telefónicos de teclado, los países pueden guiarse por condiciones que varíen considerablemente de un país a otro. Consideraciones de orden económico pueden inducirles, por ejemplo, a preferir un sistema de corriente continua, que pudiera ser menos costoso que un sistema de frecuencias vocales. En este caso, la información de numeración se transmitiría únicamente hasta la central telefónica a la que el abonado estuviera conectado, y no habría ningún tono que pudiera afectar a la conexión después de su establecimiento. No podría asegurarse la transmisión de datos a partir del aparato de teclado, a menos que se utilizara un convertidor especial en la central.

La normalización de un sistema de corriente continua para la señalización a partir de aparatos de teclado no parece justificada en el plano internacional; puede depender de las condiciones propias de las redes locales de los distintos países.

El sistema de señalización para aparatos de teclado recomendado por el CCITT sólo se aplica a las señales de frecuencias vocales.

Se recomienda para esta señalización el empleo de un código multifrecuencia en el que la señal de numeración se componga de dos frecuencias transmitidas simultáneamente al accionarse un pulsador del teclado. Se prevé disponer de 10 cifras decimales y de 6 señales de reserva, o sea de un total de 16 señales. Las dos frecuencias que componen cada señal se toman de dos grupos de frecuencias, que se excluyen mutuamente y que tienen cuatro frecuencias cada uno [código denominado "2(1/4)"].

Las frecuencias inferiores de este código son las siguientes:

697, 770, 852 y 941 Hz.

Las frecuencias superiores son las siguientes:

1209, 1336, 1477 y 1633 Hz.

La atribución de estas frecuencias a las diferentes cifras y símbolos de un teclado aparece en la figura 1/Q.23.

Las tolerancias para las variaciones de frecuencia y los productos de intermodulación admisibles son los siguientes:

Cada frecuencia transmitida ha de estar comprendida entre  $\pm 1,8\%$  de la frecuencia nominal.

Los productos de distorsión (resultantes de la intermodulación o de los armónicos) han de tener un nivel 20 dB inferior, como mínimo, al de las frecuencias fundamentales.

El CCITT (Mar del Plata, 1968) llegó a la conclusión de que no era posible especificar niveles normalizados para las frecuencias transmitidas al accionar los pulsadores, ya que las condiciones de nivel dependen esencialmente de los planes nacionales de transmisión, que difieren según los países.

Sin embargo, las condiciones de nivel en la transmisión han de ser tales que permitan respetar en una conexión internacional los valores indicados en la Recomendación Q.16 (valor máximo admisible del nivel absoluto de potencia de un impulso de señalización).

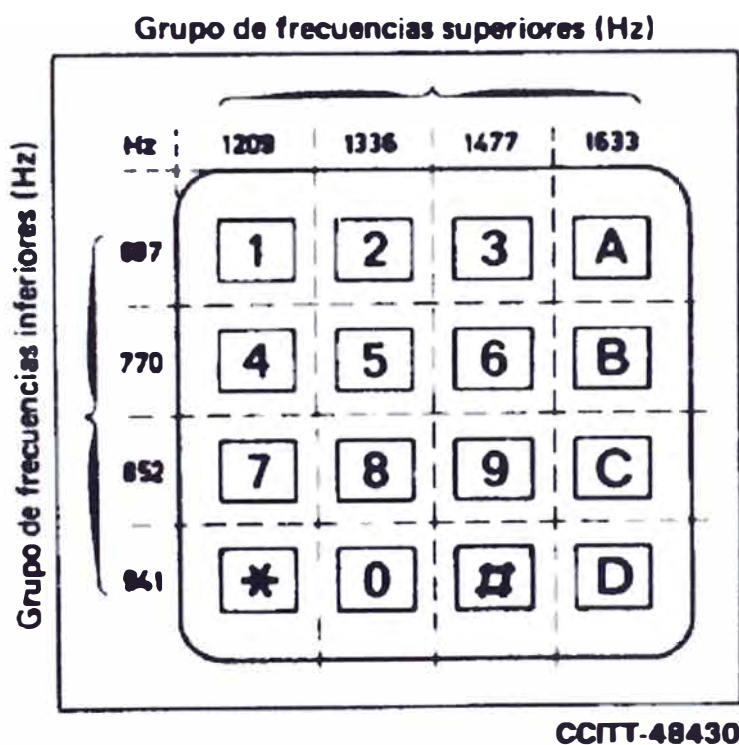


FIGURA 1/Q.23

**Atribución de frecuencias a los diferentes símbolos y cifras del teclado**

**ANEXO B**  
**RECOMENDACIÓN Q.24 ITU-T**



## RECEPCIÓN DE SEÑALES MULTIFRECUENCIA DE APARATOS DE TECLADO

En la Recomendación Q.23 se especifican las características de los aparatos telefónicos de señalización multifrecuencia por teclado (MFPT) que utilizan señales de frecuencias vocales. La presente recomendación se aplica principalmente a la recepción de las señales MFPT en las centrales locales. En otros casos, por ejemplo los de las centrales de tránsito, deberán tenerse en cuenta para la recepción de las señales MFPT, los efectos de las degradaciones de la transmisión, como la mutilación de las señales, que podrían producirse en las redes telefónicas de larga distancia.

Dado que factores técnicos tales como las atenuaciones de transmisión difieren en las distintas redes nacionales, las normas difieren también según el país. También puede haber normas distintas, por ejemplo, a causa de las diferencias existentes entre las aplicaciones en centrales locales y en centrales de tránsito. La presente recomendación no está destinada a sustituir a las normas nacionales vigentes ni implica que las administraciones deban modificarlas.

El cuadro siguiente resume los parámetros técnicos a considerar en los receptores de señales multifrecuencia emitidas por aparatos telefónicos de teclado analógico, se muestran los valores adoptados por diferentes administraciones.

Parámetros		Valores					
		NTT	AT&T	Administración danesa <sup>a)</sup>	Administración austríaca	Administración brasileña	
Frecuencias de las señales	Grupo bajo	697. 770. 852. 941 Hz	Igual que en columna izquierda	Igual que en columna izquierda	Igual que en columna izquierda	Igual que en columna izquierda	
	Grupo alto	1209. 1336. 1477. 1633 Hz					
Tolerancia de frecuencias [%]	Funcionamiento	≤ 1.8%	≤ 1.5%	≤ (1.5% + 2 Hz)	≤ (1.5% + 4 Hz)	≤ 1.8%	
	Sin funcionar	≥ 3.0%	≥ 3.5%		≥ 7%	≥ 3%	
Niveles de potencia por frecuencia	Funcionamiento	-3 a -24 dBm	0 a -25 dBm	(A + 25) a A dBm	-5 a -27 dBm	-3 a -25 dBm	
	Sin funcionar	Máx -29 dBm	Máx -55 dBm	Máx (A - 9) dBm (A = -27)	Máx -30 dBm	Máx -50 dBm	
Diferencia de niveles de potencia entre las frecuencias		Máx 5 dB	-4 dB a -8 dB <sup>b)</sup>	Máx 6 dB	Máx 10 dB	Máx 9 dB	
Temporización de recepción de las señales	Duración de la señal	Funcionamiento	Mín 40 ms	Mín 40 ms	Mín 40 ms	Mín 40 ms	Mín 40 ms
		Sin funcionar	Máx 24 ms	Máx 23 ms	Máx 20 ms	Máx 25 ms	Máx 20 ms
	Duración de la pausa		Mín 30 ms	Mín 40 ms	Mín 40 ms	Mín 70 ms	Mín 30 ms
	Interrupción de la señal		Máx 10 ms <sup>c)</sup>	Máx 10 ms	Máx 20 ms	Máx 12 ms	Máx 10 ms
	Velocidad de señalización		Mín 120 ms cifra	Mín 93 ms cifra	Mín 100 ms cifra	Mín 125 ms cifra	Mín 120 ms cifra
Simulación de las señales por la voz		Seis señales falsas 46 horas para telefonía de un nivel medio de -15 dBm	Para los códigos 0-9, una señal falsa 3000 llamadas Para los códigos 0-9, *, #, una señal falsa 2000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, A-D, una señal falsa 1500 llamadas	46 señales falsas 100 horas para telefonía de un nivel medio de -12 dBm		5 señales falsas 50 horas para telefonía de un nivel medio de -13 dBm	
Interferencia por ecos			Tolerará ecos con un retardo de hasta 20 ms y por los menos de 10 dB por debajo				

Cuadro D.

**ANEXO C**  
**RECOMENDACIÓN G.703 ITU-T**

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS/ELÉCTRICAS DE INTERFACES DIGITALES JERÁRQUICAS

### Características generales:

Bit rate: 2048 Kbit/s  $\pm$  50ppm

Código: Alta densidad bipolar de orden 3 (HDB3)

### Especificaciones de salida:

Ver la siguiente tabla:

Tipo de par	Par coaxial	par simétrico
Impedancia	75 ohms resistivo	120 ohms resistivo
Pico de voltaje (pulso)	2.37 V	3 V
pico de voltaje de espacio (no pulso)	$0 \pm 0.237$ V	$0 \pm 0.3$ V
Ancho nominal de pulso	244 ns	

**Tabla 11/G.703 – Interfaz Digital de 2048 kbps**

**ANEXO D**  
**RECOMENDACIÓN ITU-T E.164**

## Estructura del número público de telecomunicaciones internacionales

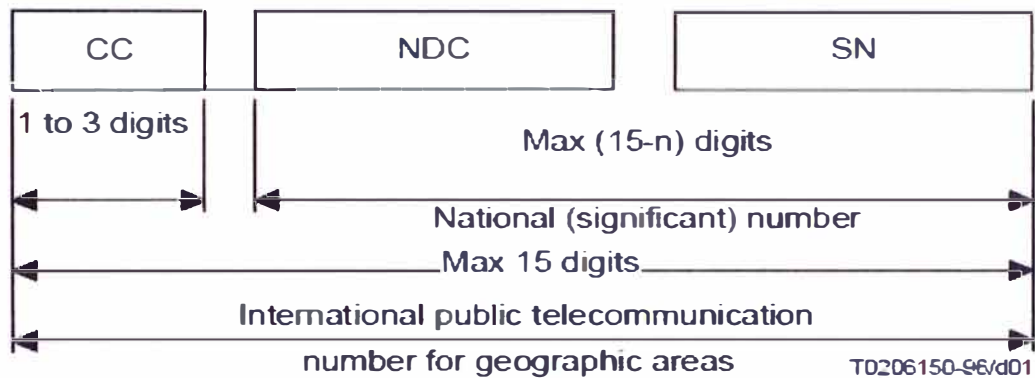
Esta cláusula define las estructuras para el número público de telecomunicaciones internacionales:

### Longitud del número público de telecomunicaciones internacionales

La ITU-T recomienda que el máximo número de dígitos de las estructuras de numeración debiera ser de 15 dígitos, excluyendo el prefijo internacional.

### Numero de telecomunicaciones públicas internacionales por áreas geográficas.

Está compuesto de un número variable de dígitos decimales dispuestos en campos específicos de código. Estos campos están compuestos por el código de país (CC) y el número (significativo) nacional.



- CC: Código de país por área geográfica
- NDC: Código nacional de destino (opcional)
- SN: Numero de suscrito.
- n : Numero de dígitos de código de país

**ANEXO E**  
**RECOMENDACIÓN G.732 ITU-T**

## CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO MÚLTIPLEX MIC PRIMARIO QUE FUNCIONA A 2048 kbit/s

### 1 Características generales

#### 1.1 Características fundamentales

La ley de codificación utilizada es la ley A especificada en la Recomendación G.711. La velocidad de muestreo, el nivel de sobrecarga y el código se especifican también en dicha Recomendación. El número de valores cuantificados es 256.

Nota– La inversión de los bits 2, 4, 6 y 8 forma parte de la ley de codificación y se aplica sólo a los intervalos de tiempo de los canales telefónicos.

#### 1.2 Velocidad binaria

La velocidad binaria nominal es de 2048 Kbit/s. La tolerancia para esta velocidad es de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).

#### 1.3 Señal de temporización

La señal de temporización para la transmisión de un equipo múltiplex MIC debe ser posible derivarla de una fuente interna, de la señal digital entrante y también de una fuente externa.

### 2 Estructura de trama básica a 2048 Kbit/s

#### 2.1 Longitud de trama

Cada trama está formada por 256 bits, numerados del 1 al 256. La frecuencia de repetición de trama es de 8000 Hz.

#### 2.2 Asignación de los bits de la trama numerados del 1 al 8

La asignación de los bits de la trama numerados del 1 al 8 se indica en el cuadro E.

Número del bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Tramas alternadas								
Trama que contiene la señal de alineación de trama	$S_1$	0	0	1	1	0	1	1
	(Nota 1)	Señal de alineación de trama						
Trama que no contiene la señal de alineación de trama	$S_i$	1	A	$S_{a4}$	$S_{a5}$	$S_{a6}$	$S_{a7}$	$S_{a8}$
	(Nota 1)	(Nota 2)	(Nota 3)	(Nota 4)				

**Cuadro E**

**ANEXO F**  
**RECOMENDACIÓN G.711 ITU-T**



## **MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES**

G.711 es un estándar para representar señales de audio con frecuencias de la voz humana, mediante muestras comprimidas de una señal de audio digital con una tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo. El codificador G.711 proporcionará un flujo de datos de 64 kbit/s.

Para este estándar existen dos algoritmos principales, el  $\mu$ -law (usado en Norte América y Japón) y el A-law (usado en Europa y el resto del mundo).

### **1 Consideraciones generales**

Se recomienda el empleo de las siguientes características para la codificación de señales de frecuencias vocales.

### **2 Velocidad de muestreo**

El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).

### **3 Ley de codificación**

Para los circuitos internacionales deben utilizarse ocho dígitos binarios por muestra.

Se recomiendan dos leyes de codificación, designadas ley A y ley  $\mu$ .

Los trayectos digitales entre países que hayan adoptado leyes de codificación diferentes deberán efectuar la transmisión con señales codificadas según la ley A. Cuando los dos países hayan adoptado la misma ley, deberá utilizarse esa ley en los trayectos digitales entre los mismos. Incumbirá a los países que utilicen la ley  $\mu$  efectuar toda conversión necesaria.

### **4 Transmisión de señales de carácter**

Cuando se transmiten en serie las señales de carácter, esto es, consecutivamente en un medio físico, el bit 1 (bit de polaridad) se transmite en primer lugar y el bit 8 (el bit menos significativo) en último lugar.

**ANEXO G**  
**RECOMENDACIÓN G.729 ITU-T**

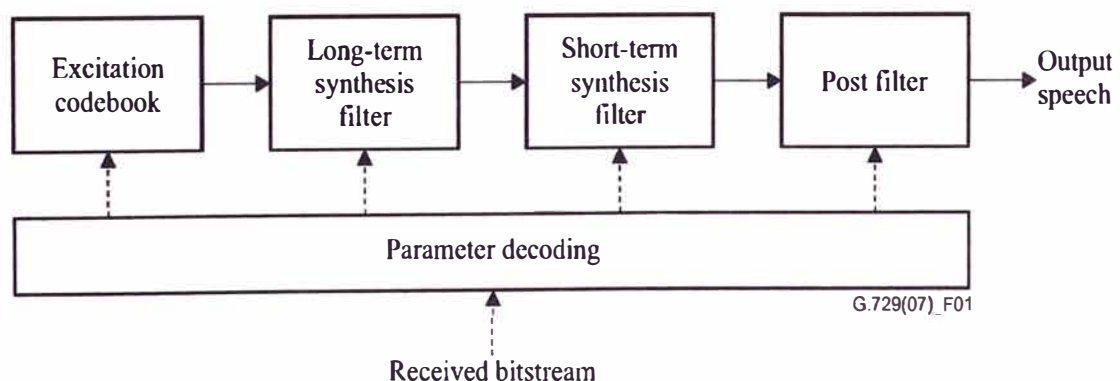
## Codificación de la voz en 8 kbit/s utilizando estructura conjugado de código algebraico de predicción lineal con excitación (CS-ACELP)

### G.729

Es un algoritmo de compresión de datos de audio para voz que comprime audio de voz en trozos de 10 milisegundos. La música o los tonos tales como los tonos de DTMF o de fax no pueden ser transportados confiablemente con este códec, y utilizar así G.711 o métodos de señalización fuera de banda para transportar esas señales. G.729 se usa mayoritariamente en aplicaciones de Voz sobre IP VoIP por sus bajos requerimientos en ancho de banda.

El estándar G.729 opera a una tasa de bits de 8 kbit/s, pero existen extensiones, las cuales suministran también tasas de 6.4 kbit/s y de 11.8 kbit/s para peor o mejor calidad en la conversación respectivamente. También es muy común G.729a el cual es compatible con G.729, pero requiere menos cómputo. Esta menor complejidad afecta en que la calidad de la conversación es empeorada marginalmente.

El codificador CS-ACELP se basa en el modelo de codificación de código de predicción lineal con excitación (CELP). El codificador de voz opera en marcos de 10 ms correspondiente a 80 muestras con una frecuencia de muestreo de 743 muestras por segundo. Por cada marco de 10 ms, la señal de voz es analizada para extraer los parámetros del modelo CELP. En el descodificador, estos parámetros se utilizan para recuperar la excitación y la síntesis de los parámetros del filtro. La voz es reconstruida mediante la filtración de esta excitación a través de un filtro de sintetización, representado en la Figura G.



**Figura G**

**ANEXO H**  
**ETS 300 102**

## **ESPECIFICACIÓN DE LA CAPA 3 DEL INTERFAZ USUARIO-RED DE LA RDSI PARA EL CONTROL DE LLAMADA BÁSICA**

### **ETS 300 102**

La norma ETS 300 102 se divide en dos bloques:

- ETS 300 102 -1: Describe las especificaciones para el control de la interfaz usuario-red RDSI a nivel de capa 3.
- ETS 300 102 -2: Describe las especificaciones para el control de la interfaz usuario-red RDSI a nivel de capa 3 mediante el uso de diagramas SDL (Specification Description Language).

### **ETS 300 102 -1**

Este estándar es el equivalente de la norma Q.931 publicado por la UIT, este estándar especifica los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y liberación de las conexiones en la red digital de servicios integrados. Estos procedimientos son definidos como mensajes intercambiados sobre el canal D de los tipos de accesos básicos y primario de la RDSI. Las funciones y procedimientos de este protocolo y la relación con otras capas son descritas en términos generales en la recomendación Q.930 de la UIT.

Esta norma específica la capa tres de protocolo para el control de la conmutación de circuitos, de conexiones de clientes RDSI, a través de la interfaz usuario-red para una gran variedad de aplicaciones. Estas aplicaciones son, por ejemplo, la conexión de terminales privados a la red pública aplicando una conexión punto a punto o punto a multipunto. El propósito de esta norma es dar a conocer los requisitos de señalización de capa tres para la interfaces de usuario de la red.

### **ETS 300 102 -2**

Esta especificación usa representaciones de diagrama de bloques para describir los procedimientos de control de llamadas de circuitos conmutados de la señalización digital de Suscriptor uno (DSS1).

**ANEXO I**  
**GSM**

# Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

Acrónimo de Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), anteriormente conocida como "Group Special Mobile" (Grupo Especial Móvil) es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales.

Las especificaciones técnicas del estándar GSM se recogen en las recomendaciones del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones ETSI ("European Telecommunications Standards Institute"). En el procesado de señal en GSM se tienen varias recomendaciones que se pueden agrupar en tres bloques fundamentales. El primero está formado por la codificación de la señal de voz, que se recoge en la recomendación ETSI GSM 06.10 "GSM Full Rate Speech Transcoding" y que describe el codificador RPE-LTP ("Regular Pulse Exciting – Linear Term Predictor") que se utiliza en GSM.

En el segundo bloque estarían los procedimientos aplicados para atenuar y tratar los errores y efectos nocivos producidos por el canal de radio. Por medio de la codificación del canal, descrita en la recomendación ETSI GSM 05.03 "Channel coding", se añade redundancia para detectar y corregir errores. Sin embargo si la señal que llega al receptor presenta muchos errores, la voz o ruido de confort se debe generar de datos anteriores para evitar efectos molestos al oyente, o en caso de que los errores sean muy numerosos, proceder al apagado de la señal de salida. Esta función se define en la recomendación ETSI GSM 06.11 "Substitution and Muting of Lost Frames".

El tercer bloque estaría formado por una característica que se añade por primera vez en los sistemas de comunicaciones móviles y que se conoce como transmisión discontinua (DTX, "Discontinuous Transmission"), que consiste en cortar la comunicación cuando no se tiene voz. Por ello es necesario un detector de actividad de voz (VAD, "Voice Activity Detection") que se define en la recomendación ETSI GSM 06.32 "Voice Activity Detection". Para evitar la molestia que supondría la desaparición del ruido cuando la transmisión se corta, se genera un ruido artificial cuando no se recibe señal. Este ruido se actualiza y se transmite regularmente al receptor. Esta función se define en la recomendación ETSI GSM 06.12 "Confort Noise Aspects".

**ANEXO J**  
**DISTRIBUCIÓN DE POISSON**



# Distribución de Poisson

Es una distribución de probabilidad discreta que en función a una frecuencia de ocurrencia media expresa la probabilidad que ocurra un determinado número de eventos durante un cierto periodo de tiempo, para que una variable siga una distribución de Poisson se deben cumplir ciertas condiciones:

- En un intervalo muy pequeño, la probabilidad de que ocurra un evento debe ser proporcional al tamaño del intervalo.
- La probabilidad de que ocurra dos eventos en un intervalo muy pequeño es muy reducida, que para efectos prácticos se considera 0.
- El número de ocurrencias en un intervalo pequeño no depende de lo que ocurra en cualquier otro intervalo que no se solape con el primero.

$$f(k, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \dots \dots \dots \text{(Ecuación de Poisson)}$$

**K:** Numero de ocurrencias de un evento.

**$\lambda$ :** Parámetro numérico, indica el número de veces se espera ocurra un evento en un intervalo dado.

**ANEXO K**  
**PLAN TÉCNICO FUNDAMENTAL DE SEÑALIZACIÓN**

## **Plan Técnico fundamental de señalización**

La evolución de las tecnologías que permiten prestar nuevos servicios múltiples e integrados, así como el número de concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones que operan en el mercado Peruano, generaron la necesidad de actualizar el Plan Técnico Fundamental de Señalización aprobado por Resolución Suprema No. 0127-78-TC-CO.

En esta línea, el Plan Técnico Fundamental de Señalización establece las normas básicas para una adecuada coexistencia de las redes públicas de telecomunicaciones y la interoperabilidad de los servicios prestados a través de dichas redes, en beneficio de los usuarios.

Así, en el referido Plan Técnico se define los métodos a emplearse entre los sistemas de señalización de los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones, y entre éstos y sus usuarios, para el establecimiento de las comunicaciones y el envío de información sobre tarificación de llamadas, entre otros fines. Y tratándose de los sistemas de señalización a utilizarse al interior de una red de telecomunicaciones, la elección del protocolo queda a criterio del concesionario, siempre y cuando, no se perjudique la calidad de la red pública de telecomunicaciones o se limite su propósito.

### **OBJETIVO**

El objetivo del Plan Técnico Fundamental de Señalización es definir el sistema de señalización a utilizarse entre las redes públicas de telecomunicaciones, previendo el avance tecnológico, y propiciando una óptima interconexión en un ambiente de libre competencia, en beneficio de los usuarios y concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones.

### **ALCANCE**

El alcance del Plan Técnico Fundamental de Señalización, es de ámbito nacional y de obligatorio cumplimiento para todos los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones, que deban interconectar sus redes.

### **ORIENTACION GENERAL**

El sistema de señalización adoptado para la interconexión entre las redes de servicios públicos de telecomunicaciones, salvo en el caso de una red rural, es el sistema de señalización por canal común N° 7 norma nacional, el cual contiene las especificaciones técnicas descritas en el presente Plan.

## Glosario de Términos

1. **Abonado:** Usuario de una red de telefonía pública quien tiene contratado el acceso telefónico con un operador de telefonía fija.
2. **Agente:** También conocido como asesor, es un término atribuido a una persona que se encarga de dar una atención personalizada a un usuario de IVR que requiere asesoría, por ejemplo se da cuando los IVR son programados de forma tal que al encontrar alguna inconsistencia como resultado de la interacción con el usuario se invoque la intervención del agente.
3. **A-law:** Algoritmo que codifica cada 13 muestras en palabras de 8 bits.
4. **Arquitectura escalable:** Una arquitectura escalable es aquella que tiene la capacidad de incrementar el rendimiento de un equipo tecnológico, sin que tenga que rediseñarse, simplemente aprovecha el hardware adicional que se le agregue para incrementar sus capacidades y rendimiento.
5. **Base de datos:** Una base de datos es un soporte digital que tiene como fin el almacenamiento masivo de información en formato de texto plano, no almacena otro tipo de datos (imágenes, audio, video, etc), pero si es capaz de almacenar sus rutas de acceso de ser necesario. Las bases de datos son ampliamente utilizadas en cualquier desarrollo que implique almacenamiento, administración y consultas de información, para nuestro interés para las consultas realizadas en un IVR.
6. **BNC:** Proviene del término inglés Bayonet Neill-Concelman, es un tipo de conector usado en cables coaxiales usado en frecuencias de UHF, se caracteriza por presentar una impedancia constante a lo largo de un amplio espectro de frecuencia.
7. **Call Center:** Es el nombre atribuido al centro de atención de llamadas telefónicas de alguna empresa o institución, conformada por los recursos tecnológicos de comunicaciones y los agentes para una atención personalizada.
8. **CentOS:** Es un sistema operativo de libre distribución, basado en Linux, y es un derivado de la distribución Red Hat Enterprise Linux.
9. **Conversor GSM:** Utilizado para ahorrar en costos al realizar llamadas a un teléfono celular desde una red privada, cabe mencionar que en nuestro país, desde el primero de enero del 2012 existe una norma aprobada por el OSIPTEL para la regulación del costo de llamadas desde líneas fijas a celulares, como resultado de esta norma el uso de los conversores GSM ya no tiene mayor beneficio, llamar desde la línea fija a un celular resulta económico y competitivo comparando las tarifas de llamadas de celular a celular. [http://www.rpp.com.pe/2011-12-28-ositel-aprobo-tarifa-de-s-0-30-para-llamadas-de-fijo-a-moviles-noticia\\_435547.html](http://www.rpp.com.pe/2011-12-28-ositel-aprobo-tarifa-de-s-0-30-para-llamadas-de-fijo-a-moviles-noticia_435547.html).
10. **Disco Dactilar:** Era usado en teléfonos antiguos donde cada número marcado mediante este disco generaba el mismo número de pulsos eléctricos.
11. **DDF:** Proviene del término inglés Digital Distribution Frame, es una estructura de distribución (un armario) que permite agrupar y distribuir todos los enlaces de una red de transmisión que convergen en una instalación, con terminación coaxial, y establecer la conexión física con una o mas conmutadores telefónicos.

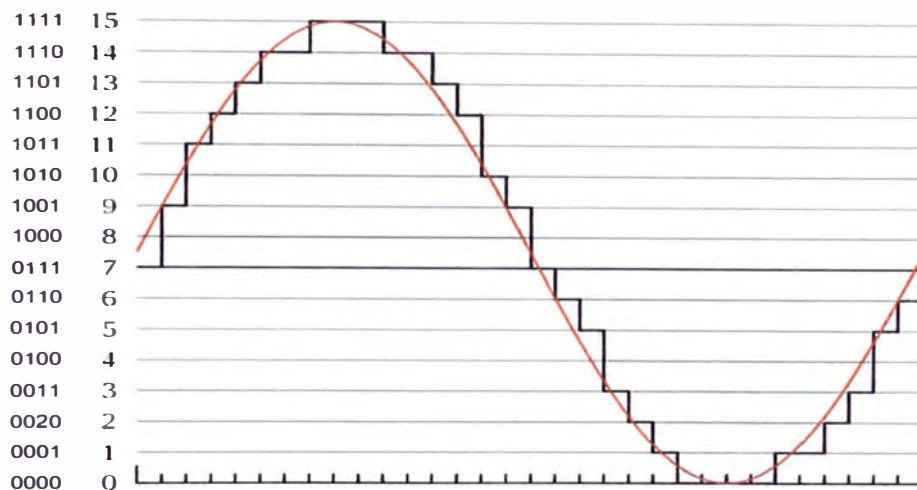
12. **Diagrama de Gantt:** Es una herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias. Fue Henry Laurence Gantt quien, entre 1910 y 1915, desarrolló y popularizó este tipo de diagrama. En la actualidad existen herramientas de software que permiten desarrollar diagramas de Gantt, es el caso de Microsoft Project, el cual es un software enfocado en la gestión de proyectos.
13. **DNIS:** Proviene del inglés Dialed Number Identification Service, hace referencia al número de destino al cual ha marcado un usuario que desea comunicarse en una red de telefonía, para los IVR esta información puede ser muy importante, permite definir el enrutamiento correspondiente y posterior tratamiento automatizado de las llamadas, normalmente estos datos se pueden obtener fácilmente en una red de telefonía privada.
14. **DSP:** Son microprocesadores específicamente diseñados para el procesamiento digital de señales, esto implica la aplicación de operaciones matemáticas a señales representadas de forma digital, los DSP utilizan arquitecturas especiales para acelerar los cálculos matemáticos intensos implicados en la mayoría de sistemas de procesamiento de señal en tiempo real.
15. **DSS1:** Protocolo de señalización en una red digital de servicios integrados, explicado en la página 24.
16. **DTMF:** Proviene del acrónimo inglés Dual Tone Multi Frequency, consiste en la transmisión de un par de frecuencias desde el equipo terminal por cada número marcado a la red de telefonía para interacción con la misma.
17. **Erlang:** Es la unidad de medida de la intensidad de tráfico, es una unidad adimensional y fue establecida por la UIT en honor al matemático danés A.K Erlang, quien fue fundador de la teoría de tráfico en redes de telefonía.
18. **E.520:** La UIT recomienda que el número de circuitos necesarios para un grupo debe ser leído a partir de tablas o curvas basadas en la clásica fórmula Erlang B. Para el funcionamiento automático la probabilidad de pérdida se debe basar en un 1% durante la hora cargada media. El valor citado anteriormente se refiere a la fórmula de Erlang B y tablas derivadas y curvas, no debe ser considerado como la determinación de un grado de servicio, se cita aquí sólo para determinar el valor del parámetro  $p$  (probabilidad de pérdida) para utilizar en las tablas Erlang B y curvas.
19. **Festival:** Es un conversor de texto a voz, muy utilizado en asterisk para el desarrollo de IVR. Festival está escrito en lenguaje C++, cuenta con licencia MIT-X11 (licencia permisiva, sin copyleft, compatible con GPL) para usar el código fuente sin restricciones. Se ha implementado Festival en idioma español y se han agregado módulos que permiten obtener una voz con un léxico más claro.
20. **Gestores de Base de datos:** Es un software que permite introducir, organizar y recuperar la información de las bases de datos; en definitiva, administrarlas, entre los gestores más difundidos están MySQL y Oracle.  
MySQL es un sistema de administración de bases de datos open source (libre de licencias), fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.  
Por otro lado Oracle es un gestor propietario, la gran potencia que tiene y su elevado precio hace que normalmente sólo sea aplicado en empresas muy grandes con gran demanda de gestión de datos.

21. **GPL:** Proviene del acrónimo inglés General Public License, es una licencia creada por la free software foundation y está orientada a proteger la libre distribución, modificación y uso de software.
22. **Grado de servicio:** En ingeniería de tráfico, el grado de servicio es el porcentaje promedio de llamadas que se permite podrán perderse durante un periodo definido como tiempo de observación, el grado de servicio está referido al rendimiento de la red para ofrecer comunicaciones entre usuarios de manera ininterrumpida.
23. **Hora cargada:** Es el intervalo de Hora en la cual se experimenta el mayor tráfico en una red de comunicaciones, es la hora en la cual la red está sometida a máximo esfuerzo.
24. **Hunting:** Es una característica de los enlaces primarios, mediante el cual los canales de voz de un primario pueden ser ocupados de manera arbitraria por cualquier de los 30 números telefónicos asociados al enlace primario, así mismo si tenemos una agrupación de varios enlaces E1, el hunting asociaría cualquier canal de voz a cualquier número de la serie asociada al conjunto.
25. **IETF:** Acrónimo de Internet Engineering Task Force, es una entidad que tiene como objetivo regular las propuestas y los estándares de internet conocidos como RFC.
26. **ISUP:** Es el protocolo de la capa de aplicación que proporciona las funciones de señalización en el sistema SS7.
27. **ITU-T:** Sector de telecomunicaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones, es el organismo de las Naciones Unidas especializado en temas de estandarización en campos de las telecomunicaciones, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.
28. **IVR:** Proviene del acrónimo inglés Interactive Voice Response, traducido al español como respuesta de voz interactiva, conocidos también como sistemas interactivos de voz que es el tema en estudio del presente trabajo.
29. **Latencia:** Es el retardo en la transmisión de una señal o paquetes de datos en una red comunicación.
30. **Media:** Hace referencia al flujo de paquetes con contenido de audio en una comunicación de voz sobre IP.
31. **Modelo de referencia OSI:** ISO (la organización internacional de estandarización) determinó que debido a la complejidad de las tareas de comunicaciones es necesario dividir las funciones en partes más manejables y organizadas, las funciones de comunicación se particionan en un conjunto jerárquico de capas (7 capas), cada capa realiza un conjunto de funciones para comunicarse con otro sistema, se apoya en la capa inferior para realizar funciones más primitivas y proporciona servicios a la capa superior siguiente, a continuación se muestran las 7 capas del modelo de referencia OSI.



**CAPAS DEL MODELO OSI**

- 32. MOS:** En castellano es puntuación principal de opinión, es el valor promedio de una calificación entre 1 y 5 que hace referencia a la calidad de la voz al aplicar una codificación específica.
- 33. PBX:** Proviene del acrónimo inglés Private Branch Exchange, es un nombre atribuido a una central telefónica de conmutación.
- 34. PCM:** Acrónimo del término inglés Pulse Code Modulation, en castellano quiere decir modulación por impulsos codificados, es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital). Una trama PCM es una representación digital de una señal analógica en donde la magnitud de la onda analógica es tomada en intervalos uniformes (muestras), cada muestra puede tomar un conjunto finito de valores, los cuales se encuentran codificados, en la siguiente figura se muestra una señal analógica senoidal (en rojo), la cual está siendo muestreada, lo cual genera una señal discreta en el intervalo de tiempo (en negro) y finalmente codificada con 4 bits, lo cual genera 16 valores posibles de codificación, desde 0 hasta 15, las cuales son representadas en formato binario.



- 35. PDH:** Denominada jerarquía digital plesiocrona, es una tecnología usada en telecomunicaciones tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión, esto con el objetivo de reducir costos en transmisión mezclando varias señales para obtener una sola con una velocidad superior, en nuestro país se adoptó el estándar PDH europeo (E1).
- 36. Plesiocrono:** Hace referencia a que las redes PDH funcionan casi sincronizadas (pero no sincronizadas), para compensar la falta de sincronismo previo a la multiplexación se ve necesario ajustar los canales entrantes a una misma tasa de bit, para una multiplexación bit a bit, de ser necesario agregando bits de relleno para conseguir una tasa uniforme, del mismo modo el demultiplexor identifica los bits de relleno y los desecha.
- 37. PSTN:** Acrónimo del término inglés Private Branch Exchange, el cual es atribuido a las centrales telefónicas privadas.
- 38. PTR:** Iniciales de punto de terminación de red, es el punto terminal en una red telefónica que delimita la parte de esta red que es propiedad del abonado que contrata el servicio de telefonía con su proveedor de servicio.
- 39. Query:** Es una consulta a una base de datos, para ello se utilizan sentencias de lenguaje SQL a fin de poder interactuar con la base de datos y poder extraer información aplicando filtros y restricciones, cabe mencionar que el lenguaje SQL permite aplicar distintos tipos de funciones que permiten consultar, agregar,

actualizar y borrar, en términos generales administrar la información en una BD para una amplia variedad de aplicaciones y fines.

40. **RDSI:** Acrónimo de Red Digital de Servicios Integrados, ver la página 18.
41. **Redes Convergentes:** Hace referencia a la integración de los servicios de datos, voz y video sobre una sola red, la telefonía IP es un ejemplo claro de red convergente, donde se integra la transmisión de voz y datos en una misma arquitectura de transmisión de información sobre una red IP, lo cual evita la necesidad de disponer de dos infraestructuras independientes por cada servicio.
42. **RFC:** Proviene de las siglas en inglés Request For Comments, que significa solicitud de comentarios, es un documento que puede ser redactado por cualquier persona, la cual puede contener información acerca de una propuesta para nuevas tecnologías y protocolos de internet, mejoras y/o proyectos experimentales. La propuesta se envía a la IETF quien finalmente se encarga de evaluar y publicar la nueva RFC asignándole un identificador numérico único, cabe mencionar que un RFC no necesariamente es un estándar, ya que puede tratarse de una propuesta que aún está en evaluación.
43. **Routing, Switching e IP forwarding:**

Los **switches** son equipos de una red de datos, que se utilizan para conectar múltiples dispositivos dentro de una misma red, por ejemplo, un switch puede conectar PCs, impresoras y servidores, creando una red de recursos compartidos. El switch actuará como un controlador, permitiendo a los diferentes dispositivos compartir información y comunicarse entre sí, trabaja a nivel de capa 2 del modelo de referencia OSI.

Los **routers** se utilizan para conectar múltiples redes, interconecta segmentos de red o redes enteras, hace pasar paquetes de datos entre redes tomando como base la información de la capa de red (capa 3), toma decisiones (basado en diversos parámetros) con respecto a la mejor ruta para el envío de datos y luego redirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados.

**IP forwarding**, se encarga de la retransmisión de los paquetes que se reciben por una interfaz física y de retransmitirlos por otra interfaz hacia otra red, si la dirección IP de destino no corresponde a la del dispositivo receptor el paquete es descartado, a menos que en el dispositivo receptor esté habilitado el módulo de IP forwarding para redirigir el paquete en función a una tabla de enrutamiento.
44. **RTP:** Acrónimo del término inglés Real Time Transport Protocol, en castellano quiere decir protocolo de transporte en tiempo real, explicado en la página 30.
45. **RTCP:** Acrónimo del término Real Time Control Protocol, en castellano quiere decir protocolo de control en tiempo real, cuyas funciones fueron indicadas en la página 31.
46. **Servidor Asterisk:** Es el hardware que contiene el software asterisk con fines de disponer de servicios de telefonía, se puede integrar a una red IP, analógica o digital a través de interfaces de comunicación, entre los principales proveedores de estas interfaces están Digium y Sangoma.
47. **SLA:** Es el acuerdo de nivel de servicio, definido en un contrato entre un proveedor de telecomunicaciones y el cliente, de esta manera el proveedor se compromete a prestar el servicio estableciendo umbrales mínimos sobre factores que determinan la calidad y disponibilidad de servicio.
48. **Sphinx:** Es un sistema de habla continua y reconocimiento de habla, utiliza el Modelo oculto de Márkov y un lenguaje de modelado estadístico de n-gramas. Fue desarrollado por Kai Fu-Lee. Sphinx interpreta voz hablada en forma continua, reconocimiento de habla de vocabulario amplio. También es una colección de herramientas de fuente abierta que permite a los investigadores y desarrolladores construir sistema de reconocimiento de voz.
49. **SS7:** Protocolo de señalización por canal común, explicado en la página 27.



- 50. Stored Procedure:** Es un programa almacenado en una base de datos que cumple una determinada función de procesamiento de datos, es ejecutado directamente en el motor de base de datos, como tal posee acceso directo a los datos que se necesita gestionar respondiendo al usuario ejecutor únicamente los resultados de la ejecución (no todos los datos).
- 51. Teclado Numérico:** También conocido como dial pad, es el arreglo de botones numéricos del teléfono que le permite al usuario interactuar con la red telefónica, para marcar a algún destinatario o interactuar con sistemas IVR.
- 52. Teorema de Muestreo:** Fue publicado por Harry Nyquist en 1928 y demostrado por Claude Shannon en 1949, el teorema explica que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda, el teorema de muestreo representa la base para la equivalencia entre las señales analógicas y digitales, de no cumplirse esta condición se generan solapamientos en el espectro de la señal muestreada, lo cual genera pérdida de información, este fenómeno es conocido como efecto aliasing.
- 53. TDM:** Acrónimo del término inglés Time Division Multiplexing, en castellano quiere decir multiplexación por división en el tiempo, explicado en la página 19.
- 54. Toll free:** Significa número de teléfono gratuito, es un número telefónico especial que es gratis para la persona que llama, el costo de la llamada es asumido por el contratante del servicio, los toll free tienen asignado un prefijo especial, es el caso de los números 800, 0800 o 1-800.
- 55. Trama:** Consiste en una unidad de transmisión, conformada por un grupo de bits con un formato particular, contiene un indicador de inicio de trama. Una trama es generalmente una unidad lógica de transmisión conteniendo información de control para el chequeo de errores y para el direccionamiento.
- 56. Tratamiento:** Término utilizado para describir el flujo que sigue una llamada de acuerdo a la interacción con el usuario hasta que la comunicación finaliza.
- 57. Troncal:** Según el contexto del presente estudio, es un término atribuido a una conexión física que agrupa varios canales de voz, por ejemplo un enlace primario es una troncal de 30 canales, si juntamos dos enlaces tenemos una troncal de 60 canales, en una troncal todos los canales satisfacen, cualquiera, puede satisfacer las mismas funciones o aplicaciones.
- 58. UDP:** Es un protocolo de nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas, permite el envío de datagramas sin que haya establecido previamente una conexión, no tiene confirmación ni control de flujo.
- 59. Web Services:** Los web services permiten intercambiar datos sin necesidad que el usuario conozca los detalles de los sistemas de información, permite el intercambio de datos entre aplicaciones, la principal razón para usar web services es que se pueden trabajar con HTTP sobre TCP en el puerto 80, es común que las organizaciones protejan sus redes bloqueando el acceso desde internet, los web services utilizan este puerto, por la simple razón de que no resultan bloqueados, para fines de aplicaciones con IVR se utilizan programas en java para realizar las consultas a BD, estos programas son desarrollados por profesionales en desarrollo de software.
- 60.  $\mu$ -law:** Algoritmo que codifica cada 14 muestras en palabras de 8 bits. Usado en EE.UU y Japón.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Jorge Martínez - Redes de comunicaciones
- [2] José Manuel Huidobro - Servicios y redes de Telecomunicaciones
- [3] Enrique Herrera Pérez - Introducción a las telecomunicaciones modernas
- [4] Lee Dryburgh and Jeff Hewett - Signaling System No. 7
- [5] <http://www.terra.es/personal/radioelf/zip/rdsi.pdf> - RDSI
- [6] [www.asterisk.org](http://www.asterisk.org) - Asterisk
- [7] Ana Lobo Castañón - SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN UIT N° 7
- [8] <http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38120/k02/LecturesEn/> - ISDN User Part (ISUP)
- [9] [http://www.efort.com/media\\_pdf/ISUP\\_ES\\_EFORT.pdf](http://www.efort.com/media_pdf/ISUP_ES_EFORT.pdf) - Protocolo ISUP
- [10] Edgard Landivar - Comunicaciones Unificadas con Elastix
- [11] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/) - Teoría de tráfico
- [12] TOMASI, Wayne - Sistemas de Comunicaciones Electrónicas
- [13] Antonio Castro - Teleinformática para ingenieros en sistemas de información
- [15] <http://sipan.inictel.gob.pe/distancia/rdsi/uploads/Cap4.pdf> - RDSI
- [16] <http://www.c3comunicaciones.es/Fichas/COAXIALES%20FLEX.pdf> - Cable coaxial
- [17] <http://www.pss.com.mx/docs/BalunsEsp.pdf> - Balun
- [18] [http://www.efort.com/media\\_pdf/SS7\\_ES\\_EFORT.pdf](http://www.efort.com/media_pdf/SS7_ES_EFORT.pdf) - SS7
- [19] <http://transparencia.mtc.gob.pe/> - Plan fundamental de señalización
- [20] Manuel Flores - Análisis de protocolos en tiempo real en Ethernet RTP, RTCP
- [21] Protocolo de transporte en tiempo real – Jesus Gil cabezas
- [23] Ing. José Joskowicz - Codificación de voz y video
- [24] <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/fce/nette/> - MPLS
- [26] Jordi Salazar - Procesadores digitales de señal (DSP)
- [27] <http://www.lpi.tel.uva.es/~santi/slweb/muestreo.pdf> - Teorema de muestreo
- [28] Jhon Padilla Aguilar - Ingeniería de tráfico
- [30] <http://www.di.ujen.es/> - Gestor de base de datos
- [31] Diógenes Marcano - Conceptos y Elementos Básicos de Tráfico en Telecomunicaciones
- [32] <http://niits.ru/public/2003/057.pdf> - Técnicas de ingeniería de tráfico
- [33] <http://www.voztovoice.org> - Instalación de Festival
- [34] [www.voip-info.org](http://www.voip-info.org) - Voz sobre IP