

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE RED CON APLICACION DE TELEFONIA IP PARA  
ZONAS RURALES**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRONICO**

**PRESENTADO POR:**

**JOSÉ ERNESTO ESTRELLA LUNA**

**PROMOCIÓN  
1985 – II**

**LIMA – PERÚ  
2006**

**DISEÑO DE RED CON APLICACIÓN DE TELEFONIA IP PARA ZONAS  
RURALES**

*Dedico este trabajo a:  
Mis padres, inspiración plena de lucha y sacrificio,  
Mis hermanos, esposa e hijos, por el apoyo  
incondicional en mi carrera.*

## **SUMARIO**

El presente informe describe la tecnología que fundamenta el desarrollo de la Telefonía IP, la teoría aplicada a los enlaces inalámbricos y el análisis de una red IP para el transporte de paquetes referente a la calidad de servicio y los retardos, que influyen en su funcionamiento.

En el capítulo 2 se presenta el desarrollo teórico de la telefonía IP, y la tecnología VoIP para el procesamiento de la voz, la calidad de servicio, retardo y demás características inherentes, como también la descripción de los protocolos, recomendaciones y los equipos necesarios para su implementación.

El capítulo 3 describe la tecnología de los enlaces inalámbricos, sus protocolos, recomendaciones, la regulación existente para el uso de estos equipos y una exposición de las metodologías desarrolladas para la seguridad

En el Capítulo 4 se plantea el diseño de una red datos para brindar el servicio a cinco localidades rurales de la Provincia de Huarochirí, utilizando equipos de enlaces inalámbricos y de telefonía IP disponibles en el mercado local y a bajo costo.

En el capítulo 5 se desarrolla los procedimientos de análisis del funcionamiento de la red, evaluando los retardos producidos en cada etapa del procesamiento de la voz y en el proceso de transporte de los paquetes.

En el capítulo 6 se presenta una exposición sobre los aspectos de regulación en diferentes países sobre la telefonía IP.

Finalmente en el capítulo 7 se realiza la evaluación económica de la red propuesta.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	6
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA</b>	
1.1 Introducción	9
1.2 Componentes del sistema	12
1.2.1 Terminales de usuario	12
1.2.2 Gateway GW-FXS	12
1.2.3 Gateway GW-E1	13
1.2.4 Gatekeeper GK	13
1.2.5 MGC o Softswitch	14
1.2.6 Las nubes IP y PSTN	15
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>TELEFONIA IP</b>	
2.1 Secuencia de la Comunicación	16
2.2 Protocolos utilizados en telefonía IP	17
2.2.1 Protocolo H.323	18
2.2.2 Protocolo SIP	22
2.3 Codificación de la Voz	22
2.4 Calidad de Servicio	25
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>ENLACES INALAMBRICOS</b>	
3.1 Introducción	28
3.2 Estándares de enlaces inalámbricos	30
3.3 Características a destacar de los estándares	32

3.3 Características a destacar de los estándares	32
3.4 Topologías y configuraciones	34
3.5 Fundamentos y tratado de la capa física	36
3.6 Seguridad en enlaces inalámbricos	43
3.7 Funcionalidad adicional	44

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE LA RED**

4.1 Introducción	46
4.2 Configuración de la red	47
4.3 Determinación de la topología	47
4.4 Asignación de direcciones y enrutamiento	49
4.5 Protocolos y software de aplicación	50
4.6 Determinación de los enlaces inalámbricos	52

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO**

5.1 Introducción	56
5.2 Latencia	56
5.3 Fluctuación de fase	57
5.4 Muestreo digital	58
5.5 Compresión de voz	58
5.6 Eco	61
5.7 Pérdida de paquetes	61
5.8 Análisis de los retardos	62
5.9 Características de transmisión de paquetes sobre WAN	70
5.10 Características de transmisión de paquetes sobre LAN	71

## **CAPÍTULO VI**

### **REGULACION**

6.1 Introducción	76
6.2 La regulación en el Perú	78
6.3 Consideraciones del ente regulador	78

**CAPÍTULO VII****COSTOS Y EVALUACIÓN ECONOMICA**

7.1 Determinación de los costos	81
7.2 Determinación de los ingresos	83
7.3 Evaluación de la rentabilidad	85
7.4 Comentarios	86

**CAPÍTULO VIII**

<b>ASPECTOS DE SEGURIDAD</b>	<b>89</b>
------------------------------	-----------

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>91</b>
---------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>93</b>
---------------------	-----------

## PRÓLOGO

Estamos observando continuamente el desarrollo a pasos agigantados de las telecomunicaciones desde hace una década, y se debe fundamentalmente al acelerado cambio tecnológico en el diseño de equipos y procesamiento de señales. La inmediata aplicación de los avances y descubrimientos en la tecnología de construcción de los equipos de telecomunicaciones, la operación de sistemas y redes, han determinado la modernización y diversificación de los servicios a un ritmo sin precedente.

La transmisión de información es un elemento que facilita e impulsa la gestión social, apoya la actividad económica y posibilita, en mejores términos el desarrollo de la comunidad.

La fibra óptica, los satélites de comunicaciones y sus nuevos servicios, la transmisión de datos por conmutación de paquetes, la evolución de las radiocomunicaciones, los servicios personales de comunicación, la integración de las telecomunicaciones con los sistemas de procesamiento computarizado, entre otros acontecimientos, modificaron el concepto tradicional de las telecomunicaciones y dieron paso a una oferta creciente de servicios básicos y a una explosión de servicios especiales y de valor agregado.

El motor de todos estos cambios es la tecnología digital. El despliegue de esta tecnología está brindando una alternativa para la transformación del escenario de las telecomunicaciones, al permitir la prestación de servicios de una manera más eficiente.

De este modo, la sociedad en general se está beneficiando con servicios tales como: la videoconferencia de alta calidad en tiempo real, acceso a Internet e Intranet de alta velocidad, video y audio bajo demanda, comercio y banca electrónica en línea, fax, voz y correo electrónico de calidad mejorada, oficina virtual, telemedicina, teleeducación y teletrabajo utilizando una misma red.

Se tiene que reconocer que muchos de los nuevos servicios surgidos en este proceso han sido desarrollados en el contexto de países con economías más avanzadas, con industrias de las telecomunicaciones maduras en cuanto a su infraestructura y tecnología.



No obstante, en dichos países su implementación no ha sido inmediata y no ha estado libre de complicaciones. Este es el caso de la telefonía mediante el Protocolo Internet más conocida como Telefonía IP.

Mediante esta tecnología se ha logrado integrar los servicios de voz y datos consiguiendo que las llamadas telefónicas resulten más baratas que a través de las redes públicas conmutadas, debido tanto a la eficiencia de la red como a lograr evitar a los tradicionales arreglos económicos entre las compañías telefónicas para administrar el servicio telefónico.

La telefonía IP permite pasar de un mundo tradicional a un nuevo mundo en el que las redes especializadas por servicio se convierten en redes multiservicios; de la red de conmutación de circuitos a la red de conmutación de paquetes; de la inteligencia en la red a mayor inteligencia en terminales y servidores; de un mercado con redes y servicios regulados y estándares de derecho y con importante participación de los gobiernos, a mercados redes y servicios no regulados, por estándares y donde la industria y los agentes privados han asumido gran parte de la regulación y la estandarización.

Derivado de estos cambios de paradigmas tecnológicos, de negocios e inclusive de carácter regulatorio, la telefonía por Internet y su futuro desarrollo está en el centro del análisis de la comunidad mundial, ya que constituye la piedra angular del proceso de la convergencia de las comunicaciones.

El uso de las redes basadas en IP trae beneficios que se pueden sintetizar en la optimización de la operación de las redes de telecomunicaciones y menores precios a los usuarios, así como la posibilidad de prestar nuevos servicios con mayor eficiencia y beneficiar a las comunidades que aún no cuentan con servicios básicos por motivos de altos costos; contribuyendo en forma importante al acceso universal a las telecomunicaciones.

Analizando los beneficios y capacidades de la telefonía IP, se ha demostrado que cuenta con un potencial importante para atender los diversos retos que enfrenta la telefonía moderna, que son difíciles de cumplir únicamente por medio de la red pública conmutada o telefonía convencional, por lo que las inversiones por parte de los operadores que están adoptando esta nueva tecnología, se han incrementado de forma considerable en años recientes.

En la actualidad, más del 3% del total de tráfico internacional de voz se realiza por redes IP; asimismo, el tráfico de las redes basadas en IP y redes de datos, superan el volumen de

tráfico de voz de las redes públicas conmutadas; de ahí que se prevea que en los próximos años las redes sustentadas en IP crecerán de forma acelerada.

Consecuentemente, diversos operadores de servicios de telecomunicaciones han anunciado que migrarán sus redes a plataformas IP, pues estiman que la aplicación de esta nueva tecnología les permitirá operar con costos significativamente menores que en los que incurren al operar las redes públicas conmutadas, por lo que podrían ofrecer a los consumidores mejores precios y una amplia variedad de servicios multimedia.

En este proceso, las diferencias entre la red pública conmutada y la red de conmutación de paquetes deberán reducirse gradualmente, logrando la interoperabilidad e interconexión de ambas redes. Esta integración requiere de importantes esfuerzos de investigación técnica y desarrollo, tanto por parte de la industria de las telecomunicaciones, como de la industria informática; además de inversiones adicionales por parte de los operadores interesados en modernizar sus redes a través de esta tecnología.

Lo anterior, traerá profundas implicaciones para la sociedad, específicamente para los consumidores, la industria y los organismos reguladores; debido a que en la actualidad el crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones es un elemento fundamental de competitividad en la Sociedad de la Información, así como un factor que estimula el crecimiento económico de la sociedad.

# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

### 1.1. Introducción

La telefonía en nuestro país ha ido evolucionando paulatinamente siguiendo muy de cerca al desarrollo tecnológico.

En el año 1994 en que se realizó la privatización de las empresas operadoras principales del servicio telefónico (ENTEL y CPT) se desarrolló la expansión más grande a nivel nacional, logrando incrementar la cantidad de teléfonos en las ciudades urbanas y en las localidades rurales (en más de 2000 localidades rurales se implementaron teléfonos públicos).

Asimismo en estos últimos años estamos viendo un enorme despliegue del servicio de acceso a Internet a través de ADSL, principalmente desarrollado por Telefónica del Perú en las principales ciudades urbanas del país.

Actualmente, la mayoría del tráfico telefónico, se cursa mediante redes de conmutación de circuitos, conocidas en forma global como Red Telefónica Pública, o por su sigla en inglés, PSTN (Public Switched Telephone Network).

Sin embargo aún no existe ningún proveedor oficial de servicios públicos de telefonía que ofrezca o haga uso de la telefonía IP como sucede en otros países.

En la actualidad el servicio de telefonía y el acceso a Internet está siendo utilizado por varias empresas privadas sobre redes distintas para ambos servicios, conmutación de circuitos para telefonía y conmutación de paquetes para el acceso a Internet.

Este informe presenta un proyecto de aplicación para las zonas rurales, utilizando la tecnología desarrollada para telefonía IP y enlaces inalámbricos, con el afán de contribuir a la expansión de este servicio a las comunidades y permitir el desarrollo tecnológico y cultural de nuestro país.

En los años recientes se ha observado grandes avances en el desarrollo de la nueva tecnología VoIP (también llamado telefonía IP) a partir del fenomenal crecimiento de

internet, basada en la idea de cursar tráfico de voz, en redes de conmutación de paquetes, utilizando el conjunto de protocolos TCP/IP, que son los protocolos nativos de Internet.

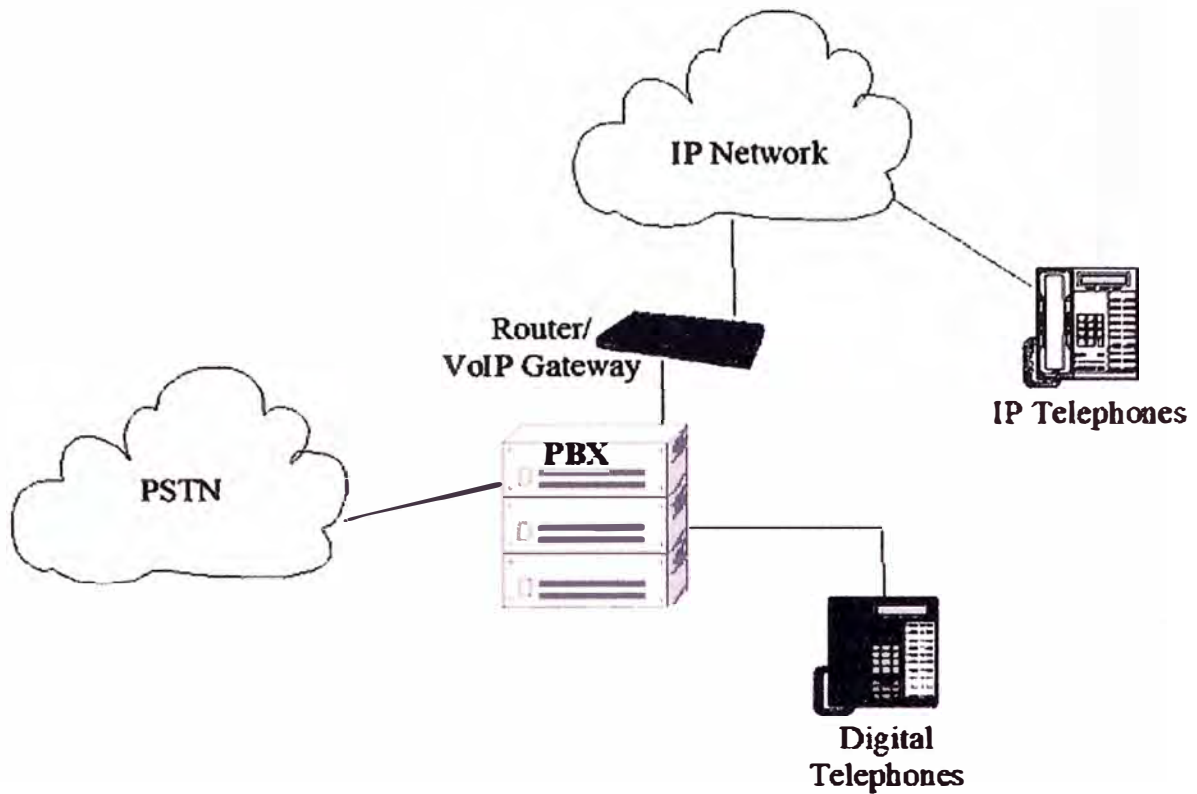
Una de las ventajas comparativas que empuja al crecimiento de la tecnología VoIP, es la reducción de costos en comunicaciones de voz, especialmente para corporaciones que cuentan con grandes redes de datos y no requieren de grandes inversiones para implementar la telefonía IP.

La posibilidad de realizar comunicaciones de voz empleando la nube de internet sin un costo adicional al que se paga por la conexión a la red, permite una reducción muy importante en las llamadas interurbanas e internacionales, sobre todo las que se realizan sin interconexión con la red pública.

Además del ahorro en el costo de las llamadas ya mencionado, llevar el tráfico de voz sobre la red de datos, como por ejemplo en un edificio o conjunto de edificios corporativos, permite la integración de las aplicaciones de voz y datos, con el consiguiente beneficio en la utilización de aplicaciones tales como e-mail y voice mail integrados, videoconferencia, distribución inteligente y automática de llamadas, entre otras.

Otro beneficio lo constituye la posibilidad de habilitar sobre la misma plataforma muchos nuevos servicios tanto para clientes como para proveedores.(Ver figura 1.1)

En definitiva, la flexibilidad ofrecida por la Telefonía IP, trasladando la inteligencia de la central telefónica a las estaciones de trabajo, así como también la naturaleza abierta (no propietaria) de las redes IP, son factores que posibilitan la implementación de nuevos servicios.



**Fig. 1.1.- Esquema básico de la interconexión de la telefonía IP con la red de telefonía clásica PSTN**

Las señales analógicas de voz son digitalizadas, comprimidas en paquetes y enviadas a través de redes de datos. Los algoritmos avanzados de compresión reducen el ancho de banda necesario para una llamada de voz de calidad a una fracción de los 64K requeridos por el sistema PSTN.

El silencio y el ruido de fondo en la transmisión pueden ser eliminados también.

Adicionalmente, el despliegue de la voz sobre IP reduce el coste y mejora la escalabilidad empleando componentes de redes de datos estándares (routers, switches, etc.), en vez de las centrales de conmutación para teléfonos. Ahora el mismo equipo que dirige las redes de datos puede manejar una red de voz.

El proceso de VoIP es dependiente de la señal y de su transporte en el medio.

Un protocolo de señal, como SIP (Session Initiation Protocol), se encarga de: localizar usuarios, parámetros, modificaciones e iniciar o finalizar una sesión. Los protocolos de transporte de medios como RTP (real time transport protocol), dirigen la porción de voz en una llamada: digitalizan, codifican y ordenan. Los protocolos de redes, como IP (Internet

Protocol), son envueltos en los paquetes de VoIP en el momento de ser transmitidos a los servidores apropiados.

Las llamadas de voz sobre IP pueden tener lugar entre LAN y WAN, como si se tratara de una red interna. Si un usuario de voz IP desea llamar a un destino concreto en un POTS, utiliza una puerta de enlace especial.

Estos dispositivos actúan como conectores entre las redes de datos y las redes SS7 por POTS y traducen los datos recibidos en un formato que el receptor, ya sea IP o SS7, pueda entender.

En la actualidad se están desarrollando equipos de red que también integran en sus funciones a VoIP, tendremos entonces routers especiales, teléfonos, nuevos protocolos y sistemas operativos que soportan nueva tecnología.

## **1.2 Componentes del Sistema.**

Los Componentes de una red de Telefonía-IP tal como se muestran en la Figura 1.1, son los siguientes:

### **1.2.1- Terminales de Usuario.**

Los equipos terminales son aquellos dispositivos por el que el usuario accede a estos servicios, pueden ser computadoras personales, teléfonos IP o teléfonos simples.

Pueden encontrarse clientes que desean utilizar sus teléfonos convencionales y aquellos que cambian hacia una Telefonía-IP integrada con su LAN. Cuando un cliente desea instalar un servicio integrado de telefonía y datos, la red LAN es donde se conectan los terminales, los elementos de interconexión al exterior (router, proxy o gateway GW) y el gatekeeper GK local. El servicio de Telefonía-IP puede ofrecerse sin necesidad de una LAN, por ejemplo mediante líneas analógicas que se conectan a la antigua PABX del usuario.

En el caso de utilizar la LAN, los terminales se comunican en forma bidireccional en tiempo real. Se utilizan software en la PC o teléfonos dedicados (IP-Phone). De esta forma el mismo terminal de cableado estructurado se utiliza para ambos componentes del escritorio (el teléfono y la PC). Para el caso de utilizar la antigua PABX, se requiere instalar un Gateway de usuario FXS o E1. En iplan se utiliza el concepto de Nodo de Manzana para la distribución de líneas analógicas FXS

### 1.2.2- Gateway GW-FXS.

Provee la conectividad entre el mundo IP y el de telefonía convencional. Realizan la emulación de interfaz **FXO/FXS** (*Foreign Exchange Station/Office*), lo que permite adaptar una PABX a la VoIP. Se conecta a la PABX convencional por un lado y a la red de transporte IP por el otro, lo que permite conectar un usuario convencional a la red de Telefonía-IP pública. Permite la traslación de direcciones desde IP a la ITU E.164 de la red telefónica convencional. Es decir, actúa de interfaz desde la red IP (dirección de 4 bytes) hacia la PSTN (dirección de 16 dígitos decimales).

### 1.2.3- Gateway GW-E1.

Este tipo de Gateway (GW) se encuentra entre la red IP y la PSTN para interconectar distintos proveedores de telefonía mediante técnicas de transporte diversas. Entre las funciones del GW se encuentra: la conversión de codificación vocal; la supresión de silencios y señalización DTMF; la supresión de eco; generar las conexiones RTP; etc.

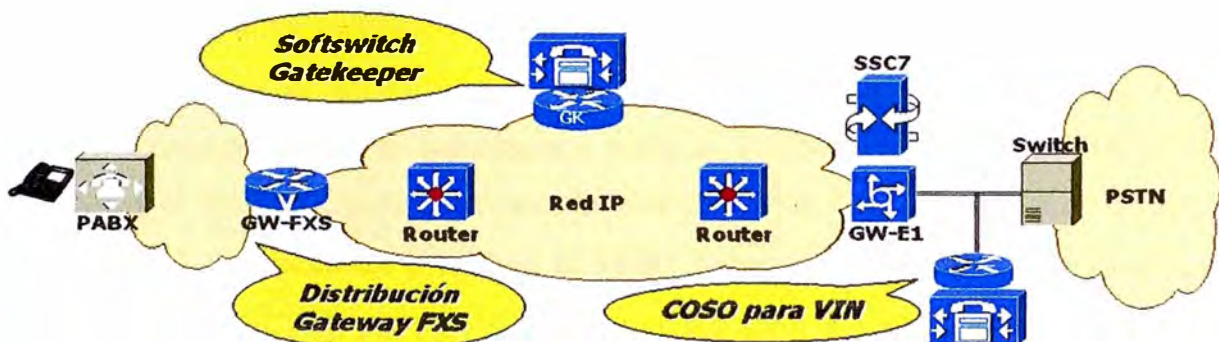


Figura 1.2.-Componentes en una red de Telefonía-IP.

### 1.2.4- Gatekeeper GK.

Realiza el control para el procesamiento de la llamada en protocolo H.323. Es un software que puede funcionar por ejemplo sobre Linux u otro sistema operativo. Pueden existir varios GK por razones de redundancia y compartir la carga en la red. El principal parámetro del GK es la cantidad de llamadas cursadas en las horas pico. Dicho parámetro se conoce como **BHCA** (*Busy Hour Call Attempts*).

Las funciones del GK son:

- Traslación de direcciones desde una dirección "alias" del terminal hacia dirección de capa 3/4 (socket);

- Control de admisión para autorizar el acceso a la red mediante mensajes ARQ/ACF/ARJ (protocolo RAS);
- Control de ancho de banda mediante mensajes BRQ/BRJ/BCF (protocolo RAS);
- Señalización de control de llamada para autorización o rechazo de llamadas;
- Servicios de directorio;
- Servicio de reservación de ancho de banda, etc.

#### **1.2.5- MGC (*Media Gateway Controller*) o *Softswitch*.**

Es el control de procesamiento con la red pública PSTN. El MGC es un software que contiene en su interior al GK. Realiza las siguientes funciones:

- Control de llamada (asimilable al punto de conmutación en las PABX);
- Identificación del tráfico H.323 y aplicación de las políticas apropiadas;
- Limitación del tráfico H.323 sobre la LAN y WAN;
- Entrega archivos *CDR (Call Detail Records)* para la facturación (*Billing*);
- Realiza la interfaz con las redes inteligentes;
- Inserta calidad de servicio e implementa políticas de seguridad.

Los MGC pueden colocarse en configuración Failover para protección ante fallas. Los GW son controlados por el MGC mediante el protocolo MGCP (*Media Gateway Control Protocol*). Como protocolo de señalización hacia la PSTN se utilizan ISUP/TCAP de la serie SS7 o el MFC-R2 para centrales sin facilidad SS7. En las redes de Telefonía-IP públicas, el GK se encuentra integrado al MGC. También se dispone de servidores para RADIUS (para gestión de seguridad), para LDAP (servicio de directorio y memoria) y para AAA (funciones de autenticación y cobro).

Las funciones del MGC pueden ser realizadas mediante dos técnicas distintas. La primera toma del mundo de la telefonía pública convencional las partes que pueden ser utilizadas (procesador central, memoria, cómputo de tráfico, etc.) y eliminan aquellas que no corresponden (red de conmutación de circuitos). En la segunda, se trata de un software absolutamente nuevo (conocido como *Softswitch*) que corre sobre una plataforma genérica (por ejemplo, Linux). De acuerdo con la nomenclatura de la norma H.323 el controlador de llamada es el Gatekeeper GK; sin embargo, se ha popularizado también la denominación MGC para una mayor extensión de funciones.

#### **1.2.6- Las nubes IP y PSTN.**

Los Router conforman la “nube” IP. Son los componentes que distribuidos en la red IP permiten el enrutamiento de los paquetes entre GW (reemplazan a los centros de



conmutación de las PSTN). La PSTN (*Public Switched Telephone Network*) conforma la “nube” de telefonía convencional con conmutación de circuitos.

### **Resumen del Capítulo.-**

La telefonía IP en nuestro país está todavía muy poco desarrollada, solo está siendo utilizada por empresas privadas para comunicación interna a través de sus redes de datos.

Las ventajas de esta tecnología son considerables y permiten el ahorro de infraestructura al utilizar la misma red para voz y datos, dejando a un lado la infraestructura utilizada para voz, consistente en centrales de conmutación y transmisión de circuitos analógicos.

## **CAPITULO II**

### **TELEFONIA IP**

La telefonía IP utiliza la tecnología desarrollada sobre VoIP, en este capítulo se detallan los procesos que se realizan a la señal de voz para que pueda viajar por la red como cualquier información de datos, durante la secuencia de la comunicación.

#### **2.1 Secuencia de la comunicación**

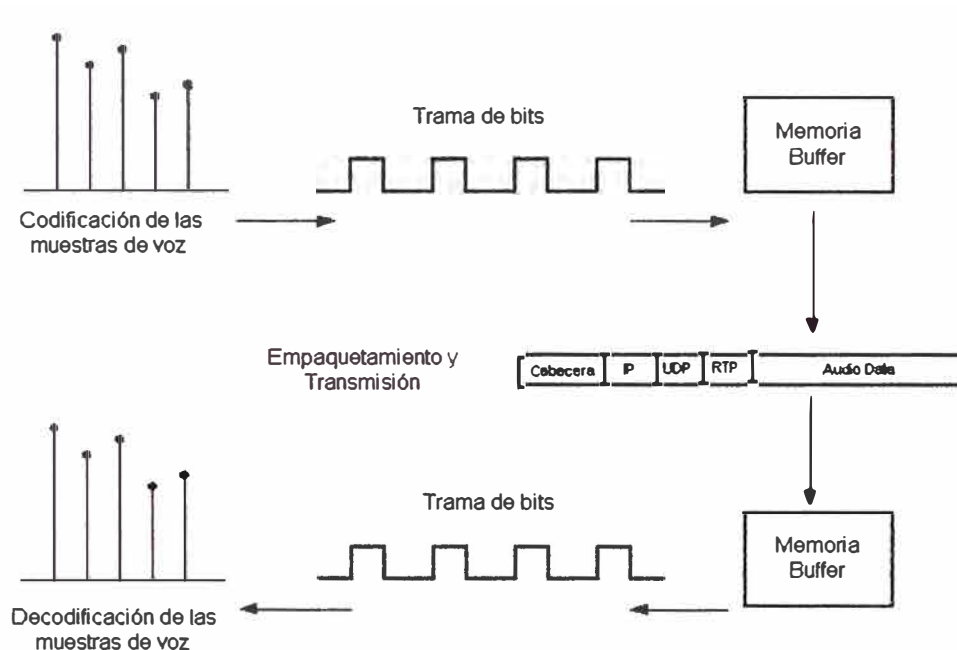
A grandes rasgos la comunicación mediante la tecnología de Voz sobre IP se realiza de acuerdo a la siguiente secuencia:

- La señal de audio del micrófono es digitalizada tomando muestras de la misma.
- Las muestras una vez cuantificadas se ordenan en bloques de datos de igual longitud, llamadas tramas.
- La aplicación de telefonía IP estima los niveles de energía de los bloques de muestras.
- El Detector de Silencio decide si el bloque debe ser tratado como silencio o parte de una conversación.
- Si es parte de una conversación, es codificado (o comprimido) de acuerdo al algoritmo elegido.
- Se agrega el encabezado al bloque anterior.
- El bloque así conformado es encapsulado de acuerdo al protocolo IP, como se ve en la figura 2.
- El bloque se transfiere a través de una red física y es recibido por el abonado llamado.
- Se remueve la información de encabezado, se decodifica el audio (que incluir descompresión) utilizando el mismo algoritmo elegido para la codificación y se escriben las muestras en memoria.

- El bloque de muestras se copia de la memoria al dispositivo de salida de audio elegido.
- El dispositivo de salida realiza la conversión inversa (digital a analógica), para finalmente enviar la señal de audio analógica resultante a través del parlante.

Además de los paquetes con información de voz (audio digitalizado), para el establecimiento de una llamada, es necesario que el sistema transmita paquetes que replacen a las acciones que normalmente tienen lugar en una llamada que emplea la red telefónica pública (descolgar, marcado del número, tonos de señalización, colgado, etc.)

Para ello, los distintos fabricantes emplean básicamente uno de dos posibles enfoques: el de protocolo H.323 (Originalmente pensado para comunicación multimedia dentro de una LAN) y el protocolo SIP (Session Initiation Protocol).



**Figura 2.1.- Procesamiento de la voz desde el origen hasta el destino**

## 2.2. Protocolos utilizados en Telefonía IP

Un stack de protocolos es una combinación de protocolos. Cada nivel especifica un protocolo diferente para manejar una función o subsistema del proceso de comunicación. Cada nivel tiene su propio conjunto de reglas.

De acuerdo al modelo OSI tenemos:

Nivel de Aplicación                      Inicia una petición o acepta una petición

Nivel de Presentación	Añade información de formato, display y encriptación del paquete.
Nivel de Sesión	Añade información de tráfico de flujo para determinar cuando puede enviarse el paquete.
Nivel de Transporte	Añade información de manejo de errores.
Nivel de Red	Añade información de secuencia y dirección
Nivel de Enlace	Añade información de chequeo de errores y prepara el dato para ir a la conexión física
Nivel Físico	El paquete es enviado como una corriente de bits

### 2.2.1 Protocolo H.323

El Protocolo H.323, describe terminales y otras entidades que proveen servicios de comunicación multimedia sobre redes que emplean conmutación de paquetes y que no ofrecen una Calidad de Servicio (QoS) garantizada.

Las entidades H.323, pueden proveer comunicaciones de datos, video o audio en tiempo real con bajo retardo.

En este enfoque se definen 4 tipos de dispositivos, de acuerdo a la función que cumplen durante una llamada (Fig. 2.2):

- Terminal
- Gatekeeper
- Gateway
- Unidad de Control Multipunto (MCU)

El Terminal, es el dispositivo que inicia una llamada, enviando la información de destino al Gatekeeper.

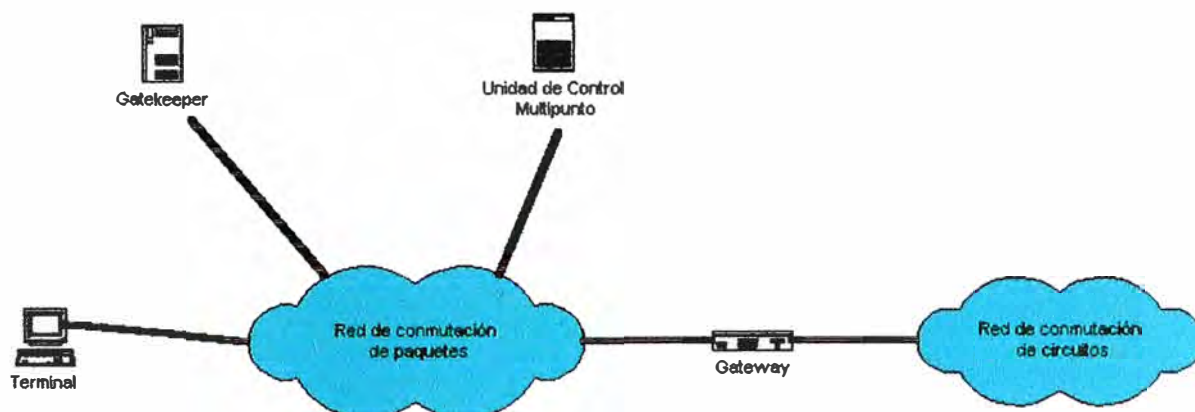
En la norma H.323, el Gatekeeper (que puede estar integrado físicamente con el terminal), es el encargado de autorizar la llamada y rutearla (a través de la red IP) a su destino final.

Si el destino final es un abonado de la red pública convencional, en algún punto necesariamente se debe producir la conversión de paquetes IP a paquetes de voz digitalizada capaces de ingresar a una central pública (PSTN) y a la red conmutación de circuitos hasta llegar al abonado llamado.

El elemento donde se produce esta conversión se denomina Gateway.

Finalmente, el MCU (Unidad de Control Multipunto) se utiliza en el caso de realizarse conferencias con múltiples participantes simultáneos, lo cual es mucho más simple de hacer en IP que con líneas telefónicas convencionales.

El H.323 no es un protocolo único sino un conjunto de protocolos y normas que abarcan la transmisión de audio, video, transmisión de fax y todo lo relacionado con la señalización, para el control de las llamadas utiliza las normas H.225 y H.245.



**Figura 2.2.- Esquema básico para implementación de telefonía IP**

Este estándar proporciona las bases para las comunicaciones de audio, video y datos a través de redes basadas en IP, incluyendo Internet. H.323 es una recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, International Telecommunications Union) que establece estándares para comunicaciones multimedia sobre redes LAN.

Los estándares H.323 son bloques constituyentes de gran importancia para un amplio rango de aplicaciones de colaboración basadas en LAN para comunicaciones multimedia.

Estos estándares incluyen partes de los protocolos H.225.0-RAS, Q.931-H.245, RTP/RTCP y codecs de audio/vídeo/datos, como los codecs de audio G.711, G.723.1, G.728, etc.; los codecs de video H.261, H.263 para compresión/descompresión de flujos multimedia; y los codecs de datos como T.120.

Los flujos multimedia se transportan sobre RTP/RTCP, RTP transporta los propios datos multimedia y RTCP comunica la información de estado y de control. La señalización, con la excepción de RAS, se transporta de forma fiable sobre TCP. Los siguientes protocolos se ocupan de la señalización:

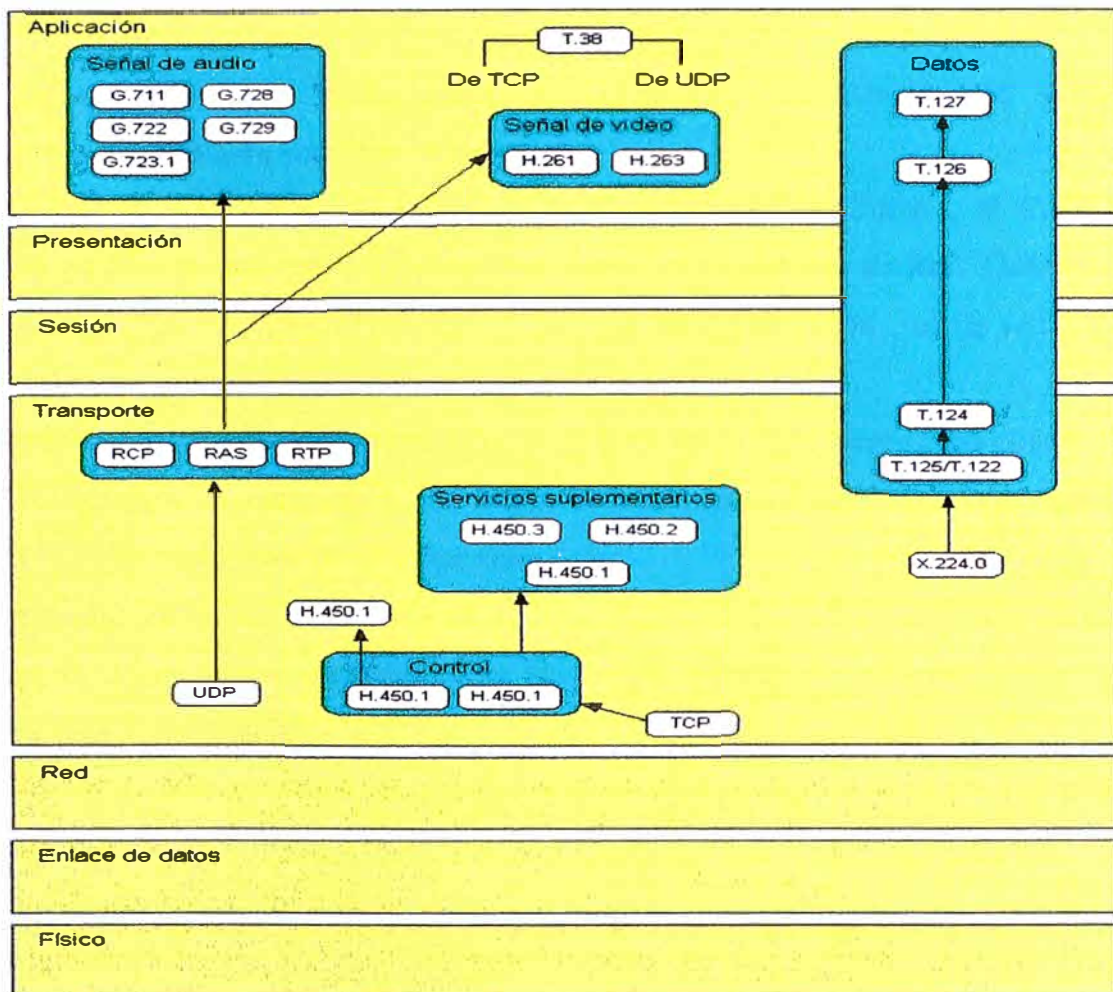
- RAS: gestiona el estado y las operaciones de registro y admisión.
- Q.931: gestiona el establecimiento y terminación de llamadas.

- H.245: negocia las capacidades y el uso del canal.

Además, los siguientes protocolos proporcionan funcionalidades opcionales dentro del marco de trabajo de H.323:

- H.235: seguridad y autenticación.
- H.450.x: servicios suplementarios.

En la figura 2.3, se muestra un diagrama que ilustra los protocolos H.323 en relación con el modelo OSI:



**Figura 2.3.- Protocolo H.323 en relación con el modelo OSI**

El estándar H.323 se relaciona con los niveles del modelo de referencia OSI según la tabla 2.1:

**Tabla 2.1.- Capas del modelo OSI en relación al protocolo H.323**

Nivel OSI	Estándar H.323
6 - Presentación	G.711; G.723.1; G.726; G.728; G.729
5 - Sesión	H.323; H.245; H.225; RTCP
4 - Transporte	RTP; UDP
3 - Red	IP; RSVP; WFQ
2 - Enlace	MPLS; 802.1D; PPP/ML (RFC 1717); ATM; Ethernet

### 2.2.2.- Protocolo SIP

De las siglas Session Initiation Protocol, es un protocolo de señalización de aplicación (Capa 7) que define la iniciación, la modificación y finalización de sesiones de comunicación interactiva entre los usuarios.

Así como el H.323 define varios entes con distintas funcionalidades, el SIP define 2 entidades básicas en su arquitectura: el User Agent, y el Servidor de Red. Definiendo a su vez varios subtipos en los servidores: el servidor de localización, el de redirección, el Proxy y el de registración.

El UA reside en las estaciones terminales SIP, y tiene 2 componentes: un cliente de User Agent (UAC) que es responsable de emitir requerimientos SIP, y un Servidor de User agent (UAS), el cual responde a dichas solicitudes.

La operación básica en SIP, involucra un cliente (UAC) emitiendo una solicitud de llamada, un Proxy Server actuando como agente de localización del usuario llamado y un Servidor (UAS) aceptando la llamada.

Las direcciones SIP (equivalentes al número telefónico en el sistema convencional) se conocen como SIP Uniform Resource Locators (SIP-URLs), los cuales adoptan la forma general sip: user@host.domain.

El formato de mensaje SIP se basa en el formato de mensaje http, el cual utiliza una codificación de texto.

### 2.3 Codificación de la Voz

Un factor muy importante de la telefonía IP, es la calidad de la comunicación vocal, el cual depende específicamente de la forma en que se procesa la voz una vez digitalizada.

Cuando se digitaliza una conversación telefónica, se toman muestras a 8 Kb/s de manera de poder recuperar la información hasta 4 Khz aprox. (Teorema de Nyquist).

A cada muestra se cuantifica con una secuencia de 8 bits (lo que significa 256 niveles diferentes), dando finalmente los 64 Kb/s que abarca un canal de voz.

Para poder reducir el ancho de banda necesario en la red IP, se emplean distintos tipos de codecs (compresor-descompresor) que comprimen la señal de voz a menos de 64 Kbps.

Normalmente se emplean 2 posibles enfoques al realizar la compresión:

Por un lado están aquellos que no toman en cuenta la naturaleza de la señal a comprimir, y que intenta recuperar con la mayor fidelidad posible, la forma de onda de la señal original. A estos se le conocen como codecs de forma de onda: los más utilizados son el PCM, ADPCM y sus variantes. El resultado es una buena calidad de voz, a tasas de compresión moderadas (16 Kbps o más).

El otro de los enfoques posibles es el que utiliza los llamados vocoders, los cuales toman en cuenta el hecho de que los datos a comprimir representan una voz humana digitalizada. Estos codecs no codifican la forma de onda en sí misma sino una aproximación de cómo fue producida por el sistema vocal humano.

De esta forma se obtienen tasas de compresión muy altas, manteniendo aún la comunicación inteligible, a tasas de compresión de 4.8 Kbps o menos. El único inconveniente, radica en un sonido un tanto sintetizada.

En los llamados esquemas de codificación híbridos se utilizan una combinación de ambos tipos de codecs.

Estos codecs se basan en un esquema de producción de la voz pero son capaces de reproducir la señal con mucha más fidelidad mediante la aplicación de técnicas de codificación de forma de onda.

Estos métodos pueden dar buena calidad de voz con tasas de compresión medias (entre 4.8 y 16 Kbps).

Algunos de estos son los que se definen en los estándares G.723 (el más empleado en VoIP), G.728 y G.729.

En la tabla 2.2 se resumen las principales características de los distintos tipos de codecs:



**Tabla 2.2.- Características de los estándares del codec**

Algoritmo de codificación		Ancho de banda (Kbps)	Tasa de muestreo (ms)	Ancho de banda IP (Kbps)
G.711	PCM	64	0.125	80
G.723.1	ACELP	5.6	30	16.27
		6.4		17.07
G.726	ADPCM	32	0.125	48
G.728	LD-CELP	16	0.625	32
G.729(A)	CS-CELP	18	10	24

Los codificadores de voz (COder/DECoder) también llamados Voice CODEC's, (de aquí en adelante codecs) son algoritmos de codificación que convierten la señal de voz analógica en un flujo digital de datos mediante muestreo, que es la discretización de la señal en el tiempo y cuantificación.

Los algoritmos agregan facilidades como detección de inactividad, cancelación de eco y reducción de ruido.

Las características de calidad y retardo varían según cada implementación y no hay una clase predominante.

Las siguientes recomendaciones de la ITU-T establecen las características de los codec's cuyos requerimientos de ancho de banda de la voz comprimida se indican en la tabla 2.3.}

**Tabla 2.3.- Resumen de estándares de los codec**

CODEC	Método de compresión	Bt rate (R) (Kbps)
G.711	PCM Pulse Code Modulation	64
G.723.1	CELP Code Excited Linear Prediction	5.3
G.723.1	MP-MPLQ Low bit rate vocoder for Multimedia	6.4
G.726	ADPCM Adaptive Differential PCM	32
G.728	LD-CELP Low Delay CELP	16
G.729	Conjugate Structure Algebraic CELP	8

## 2.4 Calidad de Servicio:

Según la recomendación E.800 del CCITT, la Calidad de Servicio (QoS) es el efecto conjunto del cumplimiento de un servicio, el cual determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio.

La QoS se evalúa mediante el retardo (delay) y la disponibilidad de ancho de banda (throughput).

Se podría suponer que la mayoría de los problemas de redes se resuelven aumentando la capacidad, pero los datos se generan y transmiten por ráfagas, esto implica que, independientemente de la capacidad disponible, siempre existirá congestión al menos por breves períodos de tiempo.

También hay que tener en cuenta que la mayoría de los protocolos de ruteo, aprenden los caminos para despachar los paquetes sin considerar los niveles de carga de los mismos.

Otro punto crítico es el cuello de botella de cualquier equipo de borde entre LAN y WAN donde el tráfico de LAN tiende a congestionar el enlace WAN aún en los casos de enlaces de alta velocidad.

El ancho de banda disponible, no asegura un retardo determinado o predecible.

Generalmente el QoS no está aplicado en el ambiente de LAN, pero se recomienda definirlo sobre el ambiente de WAN e Intranet. Esto se debe a la diferencia de magnitud en ancho de banda y la diferencia en desempeño y tamaño de encabezado de los protocolos de nivel 2

El standard H.323 incluye redes por conmutación de paquetes como las intranets corporativas. Utiliza el protocolo RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol) publicado por el IETF y las recomendaciones G para los codecs. Existe el H.323 versión 2 para video y otras comunicaciones a través de internet.

Por otra parte el protocolo IP versión 4, en vigencia actualmente, no provee ancho de banda garantizado.

Sólo puede brindar diferentes prioridades por tipo de servicio (ToS).

La futura versión ya disponible, llamada IP versión 6, contiene entre otras mejoras una etiqueta de flujo de tráfico (Flow Label) como parte del encabezado que permite responder a requerimientos de QoS para flujos de tráfico determinados.

Existen dos métodos básicos para brindar QoS:

- **Con reserva:** los recursos se reservan explícitamente. La red clasifica al flujo de paquetes entrantes y utiliza esta identificación para proveer un servicio diferenciado. Para realizar la reserva se utiliza un protocolo de reserva de recursos dinámico con la ayuda de un control de admisión, con clasificación de los paquetes.
- **Sin reserva:** no existen recursos reservados explícitamente. El tráfico se clasifica en un tipo de clase y la red provee servicio a las distintas clases basándose en su prioridad. Es necesario que la red diferencie el tráfico, controlando la cantidad de tráfico de una determinada clase permitida, para mantener la calidad de servicio que se le brinda a otros paquetes de la misma clase.

### **i. Especificaciones 802.1p/q**

Ambas especificaciones 802.1p y 802.1q son para el nivel 2 de Enlace.

La versión p se refiere a 8 niveles de prioridad en VLAN's mientras que la q introduce el concepto de prioridad del usuario extremo a extremo en Virtual Bridged LAN's.

Se diferencian mediante el campo de preferencia (ACE Access Control Entry) en los paquetes IP y CoS (Class of Service) en el encabezamiento de las tramas. La 802.1q toma algunos elementos de una versión previa 802.1d, para MAC Bridges, donde se define la forma de transmitir sobre una LAN información crítica en el tiempo.

### **ii. MPLS (Multiprotocol Label Switching)**

Se aplica en el nivel 2, su nombre de multiprotocolo deriva de la facilidad para aplicarse sobre los protocolos IP, ATM (Asynchronous Transfer Mode) o Frame Relay. Se desarrolló para minimizar los retardos del flujo de tráfico de la red. Funciona trazando un camino previo para una secuencia de paquetes, luego identifica los paquetes insertando una etiqueta y los envía por el camino especificado. Esto permite minimizar los tiempos de análisis a nivel 3 que realizan los routers para determinar el próximo salto.

Se pueden destacar los siguientes conceptos:

- La reserva de ancho de banda no implica garantizar una determinada QoS.
- El protocolo MPLS soporta QoS pero no puede garantizarla.
- Un modelo combinado de RSVP e IntServ en el ambiente de LAN y DiffServ en el entorno de WAN puede garantizar QoS extremo a extremo.

Las propiedades importantes de QoS son:

- i. retardo y la variación del retardo (jitter)
- ii. ancho de banda disponible
- iii. pérdida de paquetes

### **Resumen del capítulo.-**

La telefonía IP hace uso de la tecnología VoIP desarrollada para transportar voz sobre redes IP. Previamente la voz es digitalizada, cuantificada y comprimida por los codec; existen para ello distintos estándares que comprimen la voz a diferentes tamaños de bytes. Sin embargo la compresión no puede ser muy grande, a pesar de que favorece a la velocidad de transmisión, existe un límite para no degradar la voz, este parámetro viene dado por el MOS, que evalúa en cierta medida la calidad de la voz desde el punto de vista del usuario.

Mantener el parámetro QoS es muy importante en redes que soportan telefonía IP, para ello se analizan los retardos producidos en cada etapa de procesamiento y transporte de los paquetes de voz, con el fin de minimizarlos.

## CAPITULO III

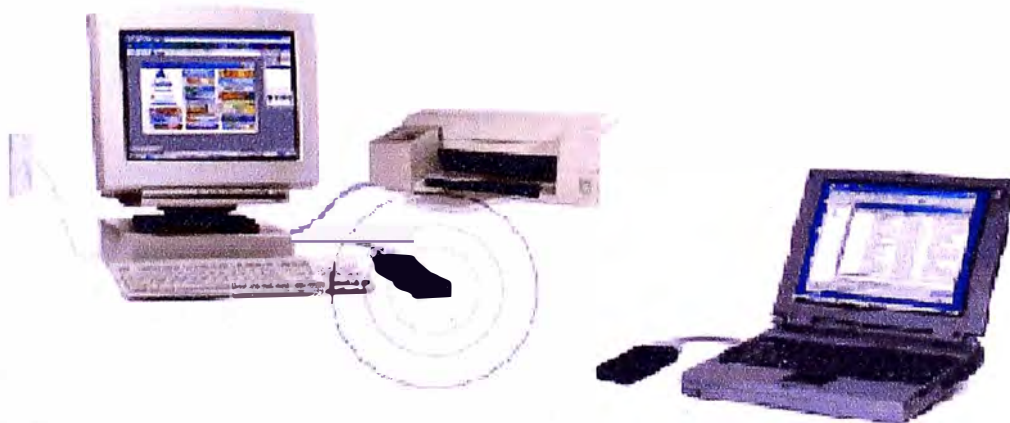
### ENLACES INALAMBRICOS

#### 3.1.- Introducción.-

En este capítulo se realiza una exposición resumida acerca de la tecnología desarrollada referente a los enlaces inalámbricos para redes o también conocida como Wireless LAN

El objetivo fundamental de las redes WLAN es el de proporcionar las facilidades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas, enlazando los diferentes equipos terminales móviles o fijos asociados a la red. Este hecho proporciona también al usuario la facilidad de movilidad sin perder conectividad al utilizar terminales móviles como una Laptop.

El atractivo fundamental de este tipo de redes es la facilidad de instalación y el ahorro que trae consigo la supresión del medio de transmisión cableado. Sin embargo sus prestaciones aún son menores en lo referente a la velocidad de transmisión que se sitúa entre los 11 y los 54 Mbps frente a los 100 Mbps ofrecidos por una red convencional.



**Figura 3.1.- Ejemplo de red inalámbrica sencilla**

Las redes inalámbricas son la alternativa ideal para extender una red tradicional a lugares donde el cableado no lo permite. En general las WLAN se utilizarán como complemento de las redes fijas.

Desde que en 1997 apareció la primera tarjeta de red compatible con el estándar 802.11, las redes locales inalámbricas (wireless LAN) han ido incorporándose poco a poco a las LAN de ámbito empresarial. Últimamente, estamos viendo además cómo esta tecnología se está expandiendo también en otros entornos: aeropuertos, universidades, hoteles, bibliotecas, etc.

Por otra parte, en algunos países están surgiendo, cada vez más, iniciativas de usuarios cuyo objetivo es brindar el acceso a Internet y a otros recursos de red, llamadas comunidades wireless.

Las redes locales inalámbricas más que una sustitución de las redes LAN convencionales son una extensión de las mismas, ya que permite el intercambio de información entre los distintos medios en una forma transparente al usuario.

Esta práctica, está siendo difundido en nuestro país (sobre todo tras la implantación de la ADSL), pasar del cable al aire gracias a la utilización de protocolos y recomendaciones desarrolladas para ello, como el 802.11.

Mediante los enlaces inalámbricos en otros países han logrado ofrecer acceso a Internet y otros servicios de red a quienes carecen de recursos. Además pretenden posibilitar el acceso desde cualquier punto sin la necesidad de una conexión física y a largo plazo pretenden constituir una red de calidad como alternativa a las prometidas redes de 3G.

La creación y expansión de estas redes se basó principalmente en el voluntariado, donde cada miembro brindaba su aporte desarrollando su propio nodo, usualmente un ordenador bajo Linux y una conexión a Internet, algunos servían de “repetidores” con sus puntos de acceso y antenas.

El origen de los enlaces LAN inalámbricos (WLAN) se remonta a la publicación en 1979 de los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en Suiza, consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica. Estos resultados, pueden considerarse como el punto de partida en la línea evolutiva de esta tecnología.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas. En mayo de 1985 el FCC3 (Federal Communications Commission) asignó las bandas IMS4 (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum (espectro expandido).

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria: ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando ya más en la fase

de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbps, el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN.

### 3.2.-Estándares de enlaces inalámbricos.-

Los enlaces inalámbricos existentes en la actualidad se basan en el estándar IEE 802.11.

Recientemente este estándar fue dividido en tres grupos:

- IEE 802.11                      Transmisión de datos en la banda de 2.4 GHz
- IEEE 802.11 a                Transmisión de datos en la bada de 5 GHz con velocidades de hasta 54 Mbps.
- IEEE 802.11 b                Transmisión de datos en la banda de 2.4 GHz con velocidades de hasta 11 Mbps

Este estándar describe dos metodos de transmisión (transmisión por radio y por infrarrojos). Dentro de transmisión por radio se encuentran dos modos diferentes de transmisión ( DSSS y FHSS) que se detallan mas adelante.

En razón del incremento de usuarios y la aceptación que han tenido estos enlaces inalámbricos, el IEEE ha elaborado nuevas recomendaciones para trabajo con las nuevas tecnologías tal como el Bluetooth y consideraciones sobre nuevos conceptos de seguridad.



**Figura 3.2.-Interconexión de LAN mediante antenas direccionales**

En la Tabla 3.1 se resumen algunos conceptos básicos de las especificaciones 802.11 e HiperLAN que son las mas utilizadas

**Tabla 3.1.-Especificaciones 802.11 e Hyperlan**

IEEE 802.11	Finalizado en 1997	Primer estándar de WLAN. Soporta de 1 a 2 Mbps.
IEEE 802.11a	Finalizado en 1999	Estándar de Alta Velocidad para WLAN trabaja a 5GHz con una capacidad de 54 Mbps
IEEE 802.11b	Finalizado en 1999	Estándar mas utilizado para WLAN que trabaja a 2,4 GHz y soporta 11Mbp
HiperLAN2	Finalizado en 2000	Estándar Europeo de la ETSI equivalente a 802.11a de IEEE
IEEE 802.11x	Finalizado en 2001	Marco global de seguridad para todas las redes IEEE incluidas las Ethernets y las inalámbricas
IEEE 802.11g	Finalizado en pocos meses	Estándar de alta velocidad alternativa que trabaja en la banda de 2,4 GHz con soporte de mas de 20Mbps.
IEEE 802.11i	Finalizado en pocos meses	Funciones de seguridad específicas para redes inalámbricas que operan en combinación con IEEE 802.1x
IEEE 802.11e	Finalizado en pocos meses	Mecanismos QoS que soporta todas las interfaces de radio IEEE WLAN Desarrollo de nuevos mecanismos de seguridad como el WEP2 (Wired Equivalent Privacy, autenticación, QoS, video).
IEEE 802.11f	En proceso	Define la comunicaron entre dos nodos de acceso
IEEE 802.11h	En proceso	Define las técnicas de gestión del espectro para 802.11 a
WISPR	Finalizado en pocos meses	Roaming para ISP inalámbricos. Recomendaciones de Wireless Ethernet



		Compatibility Alliance acerca de cómo soporta el roaming a través de múltiples redes públicas WLAN.
IEEE 802.15	Finalizado en pocos meses	Transmisión de datos en 2.4 GHz usando Bluetooth
IEEE 802.15.2	Finalizado en pocos meses	Compatibilidad entre Bluetooth y Wireless LAN

### 3.3.-Características a destacar de los estándares

#### 3.3.1.- 802.11b y 802.11a:

El rendimiento real de 802.11b es de 6 Mbps. La banda de frecuencia que utiliza, 2.4 GHz está cada vez más saturada en las ciudades.

El rendimiento real de 802.11a es entre 25 y 30 Mbps. Hace uso de OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Envía datos utilizando señales portadoras de radio independientes. Éste sistema es utilizado en muchos sistemas móviles y fijos de área extensa.

La banda de 5 Ghz no requiere licencias de uso y esta menos saturada que 2,4 GHz. Pero continúan habiendo problemas de interferencias.

#### 3.3.2.- 802.11a e HiperLAN2

802.11a utiliza CSMA para el acceso a la red en cambio HiperLAN2 utiliza un acceso de manera centralizada, asignando de forma dinámica espacios de tiempo a cada estación móvil (analogía a Token Ring) Proporciona QoS y mejor transparencia con respecto a ATM.

#### 3.3.4.- 802.11g y 802.11b

El nuevo estándar 802.11g de gran velocidad que aún no está implementado en la mayoría de dispositivos, ofrece una velocidad máxima de 20 Mbps, es posible que también utilice OFDM. Trabaja a la misma banda que 802.11b, 2,4 GHz.

#### Retos que han de superar las WLAN

Frente a la implantación masiva de los estándares 802.11, es importante que se mejoren algunos aspectos. Hay que tener en cuenta que esta es una tecnología relativamente temprana y por lo tanto con algunos detalles por pulir.

El paso de 802.11b a 802.11a o HiperLAN2 permitirá llegar teóricamente hasta los 54 Mbps. De todas formas esto parece ser sólo el principio, ya que muchos fabricantes tienen previsto que las velocidades aumenten de manera importante en los próximos años.

### **El paso de los 2.4 GHz a los 5GHz**

Muchos fabricantes están empezando a dejar de utilizar la concurrida banda de los 2.4 Ghz para pasarse a la de los 5 GHz. Esto redundará en una disminución de las interferencias.

El tema de las interferencias es un tema muy controvertido. Algunos analistas opinan que la utilización masiva de este tipo de tecnologías en las grandes ciudades podría significar un “suicidio” para sí misma ya que el aumento de interferencias en esta zona del espectro podría volverse incontrolable.

Las aplicaciones más típicas de las redes Wireless de área local que podemos encontrar actualmente son las siguientes:

- Implementación de redes de área local en edificios históricos, de difícil acceso y en general en entornos donde la solución cableada es inviable.
- Posibilidad de reconfiguración de la topología de la red sin añadir costes adicionales. Esta solución es muy típica en entornos cambiantes que necesitan una estructura de red flexible que se adapte a estos cambios.
- Redes locales para situaciones de emergencia o congestión de la red cableada.
- Estas redes permiten el acceso a la información mientras el usuario se encuentra en movimiento, habitualmente esta solución es requerida en hospitales, fábricas, almacenes, etc.
- Generación de grupos de trabajo eventuales y reuniones ad-hoc. En estos casos no valdría la pena instalar una red cableada. Con la solución inalámbrica es viable implementar una red de área local aunque sea para un plazo corto de tiempo.
- En ambientes industriales con severas condiciones ambientales este tipo de redes sirve para interconectar diferentes dispositivos y máquinas.
- Interconexión de redes de área local que se encuentran en lugares físicos distintos. Por ejemplo, se puede utilizar una red de área local inalámbrica para interconectar dos o más redes de área local cableadas situadas en dos edificios distintos.

Existen también otros estándares para redes de área local inalámbricas como el ETSI Hyperlan que trabajan en el mismo sentido que el estándar IEEE 802.11.

Las redes inalámbricas con este estándar todavía deben superar el problema de que el estándar *802.11b* utiliza la banda de radio correspondiente a los 2,4 GHz, es la misma

frecuencia utilizada actualmente por millones de teléfonos inalámbricos, hornos microondas y hasta por los mecanismos que regulan el apagado y encendido de las luces públicas en calles y avenidas.

Este problema no es tan grave en las zonas rurales por lo cual resulta muy atractivo su utilización para interconectar redes hacia estas zonas

### **3.4.-Topologías y Configuraciones de redes inalámbricas**

La versatilidad y flexibilidad de las redes inalámbricas es el motivo por el cual la complejidad de una LAN implementada con esta tecnología sea tremendamente variable.

Esta gran variedad de configuraciones ayuda a que este tipo de redes se adapte a casi cualquier necesidad.

Estas configuraciones se pueden dividir en dos grandes grupos, las *redes peer to peer* y las que utilizan *Puntos de Acceso*.

#### **3.4.1.-Peer to peer**

También conocidas como redes *ad-hoc*, es la configuración más sencilla, ya que en ella los únicos elementos necesarios son terminales móviles equipados con los correspondientes adaptadores para comunicaciones inalámbricas.

En este tipo de redes, el único requisito deriva del rango de cobertura de la señal, ya que es necesario que los terminales móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea posible. Por otro lado, estas configuraciones son muy sencillas de implementar y no es necesario ningún tipo de gestión administrativa de la red.

#### **3.4.2.-Punto de Acceso**

Estas configuraciones utilizan el concepto de “*celda*” ya utilizado en otras comunicaciones inalámbricas, como la telefonía móvil. Una *celda* podría entenderse como el área en el que una señal radioeléctrica es efectiva. A pesar de que en el caso de las redes inalámbricas esta celda suele tener un tamaño reducido, mediante el uso de varias fuentes de emisión es posible combinar las celdas de estas señales para cubrir de forma casi total un área más extensa.

La estrategia empleada para aumentar el número de celdas, y por lo tanto el área cubierta por la red, es la utilización de los llamados “*Puntos de acceso*”, que funcionan como repetidores, y por tanto son capaces de doblar el alcance de una red inalámbrica, ya que ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre una estación y un punto de acceso.

Los *Puntos de acceso* son colocados normalmente en alto, pero es necesario que estén situados estratégicamente para que dispongan de la cobertura necesaria para dar servicio a los terminales que soportan.

Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos treinta metros y hasta varios cientos de metros.

La técnica de *Punto de acceso* es capaz de dotar a una red inalámbrica de muchas más posibilidades. Además del evidente aumento del alcance de la red, ya que la utilización de varios puntos de acceso, y por lo tanto del empleo de varias celdas que colapsen el lugar donde se encuentre la red, permite lo que se conoce como *roaming*, es decir que los terminales puedan moverse sin perder la cobertura y sin sufrir cortes en la comunicación. Esto representa una de las características más interesantes de las redes inalámbricas.

Los enlaces inalámbricos permiten ampliar los servicios de una red LAN hacia usuarios geográficamente alejados; mediante el uso de antenas (direccionales o omnidireccionales) es posible conectar dos redes separadas por varios kilómetros, como por ejemplo dos redes locales situadas en dos edificios distintos. De esta forma, una LAN no inalámbrica se beneficia de la tecnología inalámbrica para realizar interconexiones con otras redes, que de otra forma serían más costosas, o simplemente imposibles.

En conclusión, tras observar detenidamente las topologías de las redes inalámbricas, se descubre cual es la verdadera potencia de este tipo de redes. Su flexibilidad y versatilidad justifican perfectamente su existencia, ya que en circunstancias muy concretas (características de edificios, situación geográfica de otras redes o terminales, necesidad de desplazamiento continuo...) las redes inalámbricas son casi siempre la única solución, permitiendo además una gran variedad de configuraciones, desde la más simple (*peer to peer*) hasta otras más complejas y con más posibilidades (*punto de acceso*)

### **3.5.-Fundamentos y tratado acerca de la Capa Física**

La Capa Física de cualquier red define la modulación y la señalización características de la transmisión de datos.

IEEE 802.11 define tres posibles opciones para la elección de la capa física:

- Espectro expandido por secuencia directa o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum),
- Espectro expandido por salto de frecuencias o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) -ambas en la banda de frecuencia 2.4 GHz ISM- y

- Luz **infrarroja** en banda base -o sin modular-.

En cualquier caso, la definición de tres capas físicas distintas se debe a las sugerencias realizadas por los distintos miembros del comité de normalización, que han manifestado la necesidad de dar a los usuarios la posibilidad de elegir en función de la relación entre costes y complejidad de implementación, por un lado, y prestaciones y fiabilidad, por otra.

### **3.5.1.- Radiofrecuencia .**

Aunque existen dos tipos de tecnologías que emplean las radiofrecuencias, la banda estrecha y la banda ancha, ésta última es la que más se utiliza y es también conocida como espectro ensanchado.

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC (Federal Communications Commission), la agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado. Entre ellas, el IEEE 802.11 incluyó en su especificación las frecuencias en torno a 2,4 GHz que se habían convertido ya en el punto de referencia a nivel mundial, la industria se había volcado en ella y está disponible a nivel mundial.

La tecnología de espectro ensanchado, utiliza todo el ancho de banda disponible, en lugar de utilizar una portadora para concentrar la energía a su alrededor. Tiene muchas características que le hacen sobresalir sobre otras tecnologías de radiofrecuencias (como la de banda estrecha, que utiliza microondas), ya que, por ejemplo, posee excelentes propiedades en cuanto a inmunidad a interferencias y a sus posibilidades de encriptación.

Esta, como muchas otras tecnologías, proviene del sector militar.

Existen dos tipos de tecnología de espectro ensanchado:

### **3.5.2.-Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)**

En esta técnica se genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea esta señal, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o *PseudoNoise*). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0.

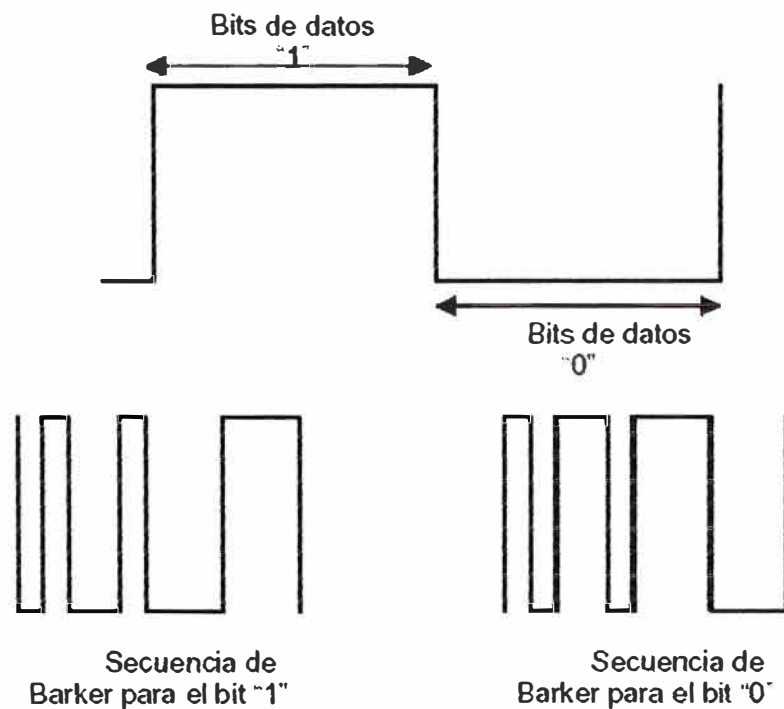
Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente:

+1 -1 +1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1

Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida.

Esta secuencia proporciona 10.4dB de aumento del proceso, el cual reúne los requisitos mínimos para las reglas fijadas por la FCC.

En la Fig. 3.3 podemos observar como se utiliza la secuencia de *Barker* para codificar la señal original a transmitir:



**Figura 3.3.-Codificación de Barker**

Una vez aplicada la señal de chip, el estándar IEEE 802.11 ha definido dos tipos de modulación para la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS), la modulación *DBPSK* (Differential Binary Phase Shift Keying) y la modulación *DQPSK*



(Differential Quadrature Phase Shift Keying), que proporcionan una velocidad de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Recientemente el IEEE ha revisado este estándar, y en esta revisión, conocida como 802.11b, además de otras mejoras en seguridad, aumenta esta velocidad hasta los 11Mbps, lo que incrementa notablemente el rendimiento de este tipo de redes.

En el caso de Estados Unidos y Europa la tecnología DSSS utiliza un rango de frecuencias que va desde los 2,4 GHz hasta los 2,4835 GHz, lo que permite tener un ancho de banda total de 83,5 MHz. Este ancho de banda se subdivide en canales de 5 MHz, lo que hace un total de 14 canales independientes.

Cada país está autorizado a utilizar un subconjunto de estos canales. En el caso de España se utilizan los canales 10 y 11, que corresponden a una frecuencia central de 2,457 GHz y 2,462 GHz. Para el caso de Perú está disponible la banda desde 2,4 GHz hasta los 2,4835 GHz.

En configuraciones donde existan más de una celda, estas pueden operar simultáneamente y sin interferencias siempre y cuando la diferencia entre las frecuencias centrales de las distintas celdas sea de al menos 30 MHz, lo que reduce a tres el número de canales independientes y funcionando simultáneamente en el ancho de banda total de 83,5 MHz. Esta independencia entre canales nos permite aumentar la capacidad del sistema de forma lineal

La técnica de DSSS podría compararse con una multiplexación en frecuencia

**Tabla 3.2.- Tabla de frecuencias DSSS**

Canal	Frec. U.S.A	Frec. Europa	Frec. Japón
1	2412 MHz	N/A	N/A
2	2417 MHz	N/A	N/A
3	2422 MHz	2422 MHz	N/A
4	2427 MHz	2427 MHz	N/A
5	2432 MHz	2432 MHz	N/A
6	2437 MHz	2437 MHz	N/A
7	2442 MHz	2442 MHz	N/A
8	2447 MHz	2447 MHz	N/A
9	2452 MHz	2452 MHz	N/A
10	2457 MHz	2457 MHz	N/A
11	2462 MHz	2462 MHz	N/A
12	N/A	N/A	2484 MHz

### 3.5.3.-Mecanismos de Acceso

Se conocen dos tipos:

- Protocolos con arbitraje (FDMA - Frequency Division Multiple Access, TDMA – Time Division Multiple Access)
- Protocolos de contienda (CDMA/CA - Carrier-Sense, Múltiple Access, Collision Avoidance), CDMA (Code Division, Multiple Access) y el CDMA/CD (detección de colisión).

También existen protocolos que son una mezcla de ambos.

### 3.5.4.-Protocolos con arbitraje

La multiplexación en frecuencia (FDM) divide todo el ancho de banda asignado en distintos canales individuales. Es un mecanismo simple que permite el acceso inmediato al canal, pero muy ineficiente para utilizarse en sistemas informáticos, los cuales presentan un comportamiento típico de transmisión de información por breves períodos de tiempo (ráfagas).

Una alternativa a este sería asignar todo el ancho de banda disponible a cada nodo en la red durante un breve intervalo de tiempo de manera cíclica. Este mecanismo, se llama multiplexación en el tiempo (TDM) y requiere mecanismos muy precisos de sincronización entre los nodos participantes para evitar interferencias. Este esquema ha sido utilizado con cierto éxito sobre todo en las redes inalámbricas basadas en infraestructura, donde el punto de acceso puede realizar las funciones de coordinación entre los nodos remotos.

### 3.5.5.- Protocolos de acceso por contienda

CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detection)

Como en estos medios de difusión (radio, infrarrojos), no es posible transmitir y recibir al mismo tiempo, la detección de errores no funciona en la forma básica como para las LAN cableadas. Se diseñó una variación denominada detección de colisiones para redes inalámbricas.

En este esquema, cuando un nodo tiene una trama que transmitir, lo primero que hace es generar una secuencia binaria pseudo aleatoria corta llamada peine, la cual se añade al preámbulo de la trama. A continuación, el nodo realiza la detección de la portadora si el canal está libre transmite la secuencia del peine. Por cada 1 del peine el nodo transmite una señal durante un intervalo de tiempo corto. Para cada 0 del peine, el nodo cambia a modo



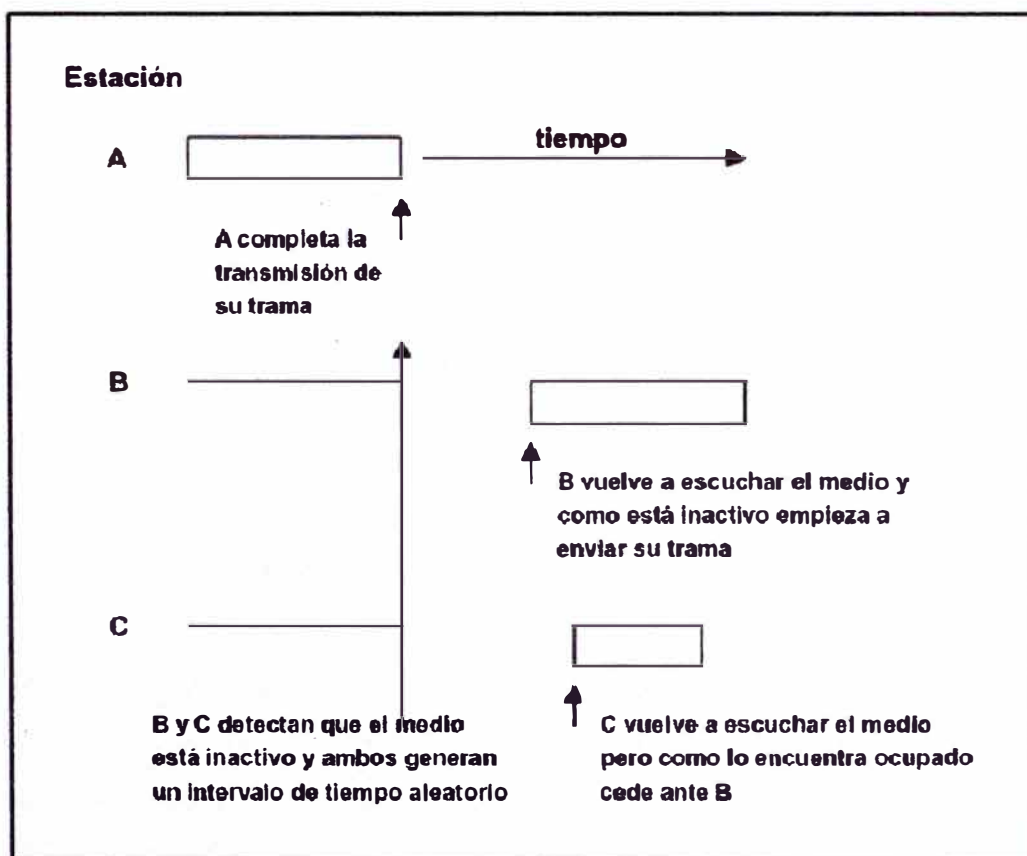
de recepción. Si un nodo detecta una señal durante el modo de recepción deja de competir por el canal y espera hasta que los otros nodos hayan transmitido su trama.

La eficiencia del esquema depende del número de bits de la secuencia del peine ya que si dos nodos generan la misma secuencia, se producirá una colisión.

CSMA/CA (Carrier-Sense, Múltiple Access, Collision Avoidance).

Es el más utilizado. Este protocolo evita colisiones en lugar de descubrir una colisión, como el algoritmo usado en la 802.3.

En una red inalámbrica es difícil descubrir colisiones. Es por ello que se utiliza el CSMA/CA y no el CSMA/CD debido a que entre el final y el principio de una transmisión suelen provocarse colisiones en el medio. En CSMA/CA, cuando una estación identifica el fin de una transmisión espera un tiempo aleatorio antes de transmitir su información, disminuyendo así la posibilidad de colisiones (Ver fig 3.4).



**Figura 3.4.-Protocolo CSMA/CA**

La capa MAC opera junto con la capa física observando el nivel de señal sobre el medio de transmisión de datos. La capa física utiliza un algoritmo de estimación de desocupación de

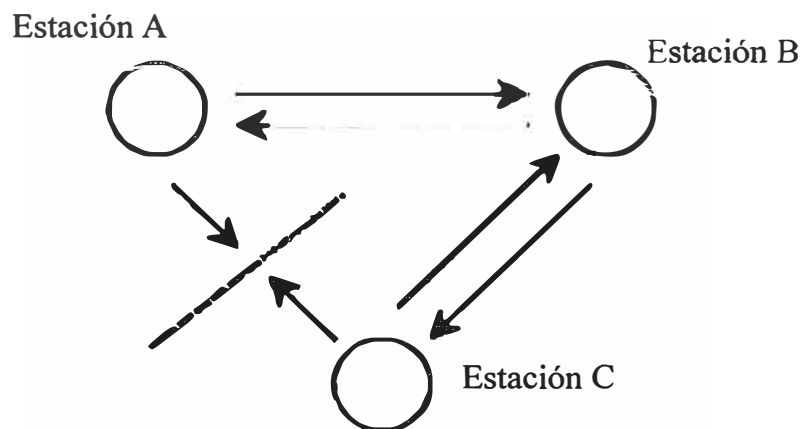
canales (CCA) para determinar si el canal está vacío. Esto se cumple midiendo la intensidad de señal recibida RF6 de la antena y midiendo la potencia. Esta señal medida es normalmente conocida como RSSI.

Si la potencia de la señal recibida está por debajo de un umbral especificado, el canal se considera vacío, y a la capa MAC se le da el estado del canal vacío para la transmisión de los datos previa inserción del tiempo de espera de acuerdo con las reglas protocolares.

El Standard proporciona otra opción CCA que puede estar sola o con la medida RSSI.

El sentido de la portadora puede usarse para determinar si el canal está disponible. Esta técnica es más selectiva ya que verifica que la señal es del mismo tipo de portadora que los transmisores del 802.11.

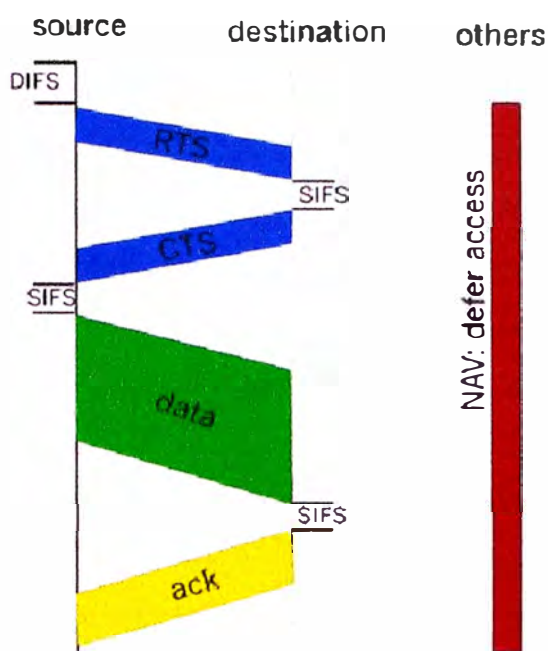
En comunicaciones inalámbricas, este modelo presenta todavía una deficiencia debida al problema conocido como de la terminal oculta (o nodo escondido) como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3.5.-Ejemplo de Nodo Escondido**

Un dispositivo inalámbrico puede transmitir con la potencia suficiente para que sea escuchado por un nodo receptor, pero no por otra estación que también desea transmitir y que por tanto no detecta la transmisión. Para resolver este problema, la norma 802.11 ha añadido al protocolo de acceso CSMA/CA un mecanismo de intercambio de mensajes con reconocimiento positivo, al que denomina Reservation-Based Protocol.

Cuando una estación está lista para transmitir, primero envía una solicitud (destino y longitud del mensaje) al punto de acceso (RTS – “request to send”) quien difunde el NAV (Network Allocation Vector) - un tiempo de retardo basado en el tamaño de la trama contenido en la trama RTS de solicitud- a todos los demás nodos para que queden informados de que se va a transmitir (y que por lo tanto no transmitan) y cuál va a ser la duración de la transmisión. Estos nodos dejarán de transmitir durante el tiempo indicado por el NAV más un intervalo extra de backoff (tiempo de retroceso) aleatorio. Si no encuentra problemas, responde con una autorización (CTS – “clear to send”) que permite al solicitante enviar su trama (datos). Si no se recibe la trama CTS, se supone que ocurrió una colisión y los procesos RTS empiezan de nuevo.



**Figura 3.6.- Intercambio de mensajes en CSMA/CA**

Después de que se recibe la trama de los datos, se devuelve una trama de reconocimiento (ACK - ACKnowledged) notificando al transmisor que se ha recibido correctamente la información (sin colisiones).

Aún así permanece el problema de que las tramas RTS sean enviadas por varias estaciones a la vez, sin embargo estas colisiones son menos dañinas ya que el tiempo de duración de estas tramas es relativamente corto.

Este mismo protocolo también puede utilizarse si no existen dispositivos auxiliares en las redes ad-hoc, en este caso no aparecería la trama NAV.

### 3.6 Seguridad en enlaces inalámbricos

Se han desarrollado sistemas de seguridad de diferentes formas para conservar los aspectos de autenticación y privacidad en las comunicaciones.

Una de las formas de seguridad de los datos se realiza por una técnica de codificación, conocida como WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm). WEP se basa en proteger los datos transmitidos en el medio RF, usando clave de 64 bits y el algoritmo de encriptación RC4 (desarrollado por RSA Security Inc.).

La clave se configura en el Punto de Acceso y en sus Estaciones (clientes wireless), de forma que sólo aquellos dispositivos con una clave válida puedan estar asociados a un determinado Punto de Acceso.

WEP, sólo protege la información del paquete de datos y no protege el encabezamiento de la capa física para que otras estaciones en la red puedan escuchar el control de datos necesario para manejar la red. Sin embargo, las otras estaciones no pueden distinguir las partes de datos del paquete. Se utiliza la misma clave de autenticación para encriptar y desencriptar los datos, de forma que solo las estaciones autorizadas puedan traducir correctamente los datos.

### **3.7.- Funcionalidad Adicional**

En las LAN inalámbricas, la capa de MAC, además de efectuar la función de control de acceso al medio, desempeña otras funciones:

- Fragmentación
- Control de flujo
- Manejo de múltiples tasas de transmisión
- Gestión de potencia

En los diferentes tipos de LAN por cable es posible usar tramas grandes gracias a errores de bit bajos (menores que  $10^{-9}$  a  $10^{-11}$ ). En las LAN inalámbricas, el acceso múltiple y las interferencias pueden elevar considerablemente los valores de errores de bit ( $10^{-3}$  a  $10^{-5}$ ).

Para poder transmitir eficientemente por estos medios, hay que reducir el tamaño de las tramas. La capa MAC se encarga de fragmentar las tramas en otras más pequeñas antes de transmitir las por el medio inalámbrico.

De la misma manera deberá ensamblar las tramas para obtener la trama original antes de entregarla a la capa superior.

También debe controlar el flujo, cada vez que un segmento sea pasado a la capa física, deberá esperar que este sea transmitido antes de enviar el próximo segmento.

La gestión de la potencia se apoya en el nivel MAC para esas aplicaciones que requieren movilidad como los equipos portátiles a baterías.

Se hacen provisiones en el protocolo para que las estaciones portátiles pasen a "modo dormido" durante un intervalo de tiempo definido por la estación base.

**Resumen del capítulo.-**

La tecnología de los enlaces inalámbricos ha evolucionado enormemente en estos últimos años, se han desarrollado recomendaciones, estándares y protocolos con la finalidad de uniformizar a los equipos producidos por distintos fabricantes y asegurar la compatibilidad entre ellos. Asimismo la velocidad de transmisión que brindan estos equipos se ha incrementado, haciéndolos cada vez mas útiles para uso en redes WAN

## CAPITULO IV

### DISEÑO DE LA RED

#### 4.1.- Introducción

Para realizar el diseño de la red se debe tener en cuenta la cobertura que se brindará mediante esta red.

En este caso se trata de brindar el servicio de internet y telefonía IP a cinco localidades de la Provincia de Huarochirí ubicadas geográficamente en un mismo valle, tal como se muestra en la figura 4.1:

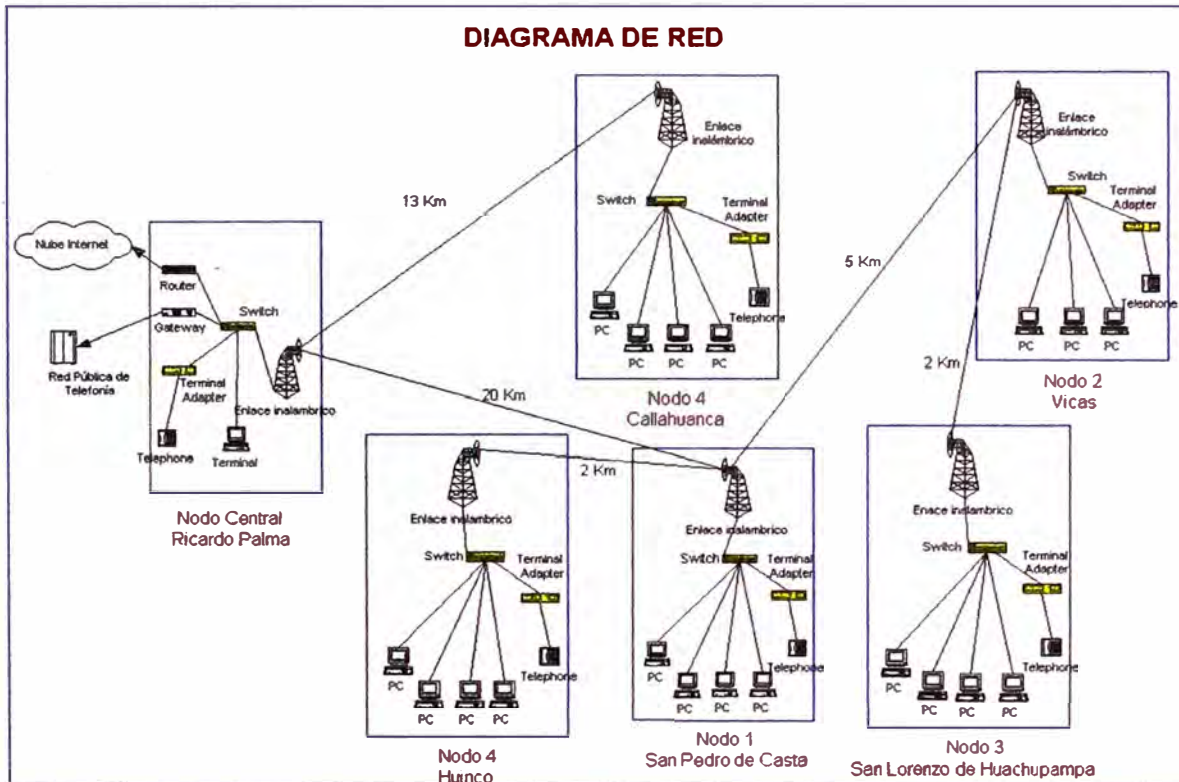


Figura 4.1.- Diagrama de cobertura, muestra las ubicaciones de las localidades atendidas



## 4.2.- Configuración de la red

El propósito de este proyecto es la implementación de cabinas de internet en cada localidad, implementados inicialmente con cuatro computadoras personales y un terminal telefónico IP, tal como se muestra en la figura 4.2.



**Figura 4.2.- Diagrama de red mostrando la distribución de equipos**

Se puede apreciar además que debido a que esta red será utilizado para manejar datos y telefonía IP al mismo tiempo, se tendrá que instalar en cada cabina un Hub o Switch para interconectar a las computadoras personales, y un equipo denominado Terminal Adapter para interconexión a un aparato telefónico normal.

Cada una de estas cabinas instaladas en cada localidad estarán interconectadas hacia el Nodo Central mediante enlaces inalámbricos conocidos como Wireless LAN configurados adecuadamente para este propósito.

## 4.3.- Determinación de la topología

Hay varios factores a considerar cuando se determina que topología cubre las necesidades de la red.

Haciendo una revisión de las topologías existentes tenemos:

#### 4.3.1.-Bus

Ventajas:

- Económico uso de cable
- El cable es barato y fácil de trabajar
- Es simple y segura
- Fácil de extender

Desventajas:

- La red puede caer con tráfico fuerte
- Los problemas son difíciles de aislar
- Una rotura de cable puede aislar a muchos usuarios

#### 4.3.2.-Anillo

Ventajas:

- Acceso igual para todos los ordenadores
- Prestaciones uniformes a pesar de la existencia de muchos usuarios

Desventajas:

- El fallo de un ordenador puede impactar al resto de la red
- Problemas difíciles de aislar
- La reconfiguración de la red interrumpe las operaciones

#### 4.3.3.-Estrella y Arbol:

Ventajas:

- Fácil de modificar y añadir nuevos ordenadores
- Monitorización y manejo centralizado
- El fallo de un ordenador no afecta al resto de la red

Desventajas:

- Si el punto centralizado falla, la red falla.

De todas las topologías anteriormente mencionadas se ha decidido adoptar la configuración de **bus en estrella**, por considerarla muy adecuada para el proyecto tomando en cuenta las ventajas del costo relativamente bajo y la posibilidad de realizar adiciones de ordenadores y modificaciones en la red con gran facilidad.

Tomando en consideración que en las zonas rurales no se requiere características especiales para satisfacer la demanda, la arquitectura que se utilizará es la Ethernet.



En consecuencia las características para esta red quedarían resumidas de la siguiente manera:

Topología:	Bus en estrella
Método de acceso:	CSMA/CD
Especificaciones:	IEEE 802.3
Velocidad de transferencia:	10 Mbps ó 100 Mbps
Tipo de cable:	UTP
Especificaciones del medio:	10BaseT ó 100BaseT4

El desenvolvimiento de esta red estará determinado por los protocolos que soportará y la calidad de sus implementaciones.

Los siguientes aspectos que se considerarán son:

- Configuración del software necesario,
- Conexión de las distintas Redes Ethernet conformadas en los nodos para formar una única red de forma coherente,
- Conexión de la red al mundo exterior (Internet y PSTN).

Las anteriores decisiones requieren un análisis, que como toda red necesitan una arquitectura que determine la manera en que se asignan las direcciones, cómo se hace el enrutamiento y otras elecciones, sobre cómo los ordenadores interaccionan con la red.

#### **4.4.- Asignación de direcciones y enrutamiento.**

Muchas de las decisiones que se necesitan para la configuración de una red IP depende del enrutamiento. En general, un datagrama IP pasa a través de numerosas redes mientras se desplaza entre el origen y el destino.

Para el presente proyecto se considera como ingreso a la red la dirección asignada por proveedor de acceso a internet (Telefónica) que corresponderá al router A del Nodo Central la cual es 192.168.1.33 con mascara de subred 225.255.255.0

Se utilizará un conjunto de direcciones internos y un servidor gateway permitirá la conexión a la red PSTN.

A cada localidad se considera como una subred, en la que estimamos que no habrán mas de 32 computadoras, por lo cual la máscara de subred a utilizar será:

255.255.255.224

Entonces se asignan las direcciones IP tal como sigue:

**Tabla 4.1.- Direcciones disponibles para cada nodo**

Del	Al	Direcciones disponibles
192.168.1.0	192.168.1.31	Nodo Central
192.168.1.32	192.168.1.63	Nodo 1
192.168.1.64	192.168.1.95	Nodo 2
192.168.1.96	192.168.1.127	Nodo 3
192.168.1.128	192.168.1.139	Nodo 4

Las direcciones que identifican a cada subred serán las siguientes:

**Tabla 4.2.-Asignación de subredes**

192.168.1.0	Subred Nodo Central
192.168.1.32	Subred Nodo 1
192.168.1.64	Subred Nodo 2
192.168.1.96	Subred Nodo 3
192.168.1.128	Subred Nodo 4

#### **4.5.- Protocolos y software de aplicación**

En la red, tienen que trabajar juntos varios protocolos para asegurar que los datos se puedan preparar, transferir, recibir y manejarse adecuadamente.

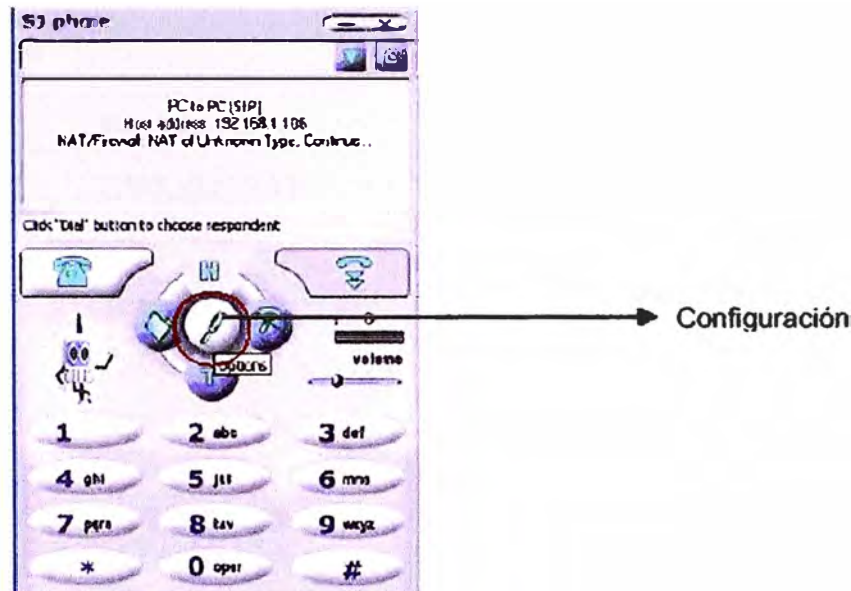
El trabajo de los distintos protocolos debe estar coordinado para que no haya conflictos u operaciones incompletas.

El sistema operativo que se utilizará para esta red es el Windows 98, debido a su sencillez y facilidad de operación por parte de los usuarios de la zona rural, también una razón muy importante es que para el mantenimiento de la red se dispone de bastante personal capacitado en este sistema, caso contrario a lo que sucedería en caso de utilizar un sistema operativo como el Linux, que si bien no requiere licencia tiene la desventaja de encontrarse poco personal capacitado.

El servicio de acceso a Internet quedaría entonces configurado utilizando las facilidades de configuración de red que brinda el paquete Windows 98, asignando las direcciones IP a cada ordenador y adaptador telefónico de acuerdo a la subred a la que pertenezcan.

El software que se utilizará para el manejo del servicio telefónico es uno de los disponibles en forma libre tales como: SJPhone, Net2phone, Softphone o también el Netmeeting.

Estos software tienen características similares, pues permiten emular a una computadora personal como un terminal telefónico con todas las facilidades. Pueden funcionar inclusive sin un servidor de administración de llamadas, marcando solo la dirección IP que corresponde a la terminal que se desea llamar ya sea un ordenador o un terminal telefónico.



**Figura 4.3.- Ventana de usuario del software SJphone**

Al utilizar el Net2Phone por ejemplo, en la red propuesta, tenemos que configurar un servidor para que haga la traducción del número de IP de cada adaptador telefónico a un número telefónico interno, además de almacenar un listado de todos los adaptadores telefónicos instalados en cada localidad

Con este software tenemos también la facilidad de realizar llamadas telefónicas internacionales a través de la red, que es ofrecida por esta empresa previa suscripción.

Cabe indicar que las direcciones IP asignadas a cada ordenador o terminal telefónico son direcciones internas, por lo que no se podrá realizar llamadas al exterior marcando solamente alguna dirección IP.

Al utilizar el Netmeeting se tiene la posibilidad de adicionar a la comunicación la imagen de video cuando se trata de comunicación entre ordenadores, para ello cada ordenador debe estar implementado con cámaras, sin embargo al comunicarse con un terminal telefónico no podrá ser utilizado a no ser que se remplacen por terminales del tipo Videophone

#### **4.6.- Determinación de los enlaces inalámbricos.**

Tal como se muestra en la figura 4.2, la red requiere de cuatro enlaces inalámbricos que unen a los nodos hacia el Nodo Central.

En el mercado local existen varias marcas como : TrendNet, Zyxel, Edimax, D- Link etc.

Para el proyecto de este informe se consideran equipos Wireless LAN de las características siguientes:

Marca	D-Link
Modelo	DWL-2100AP
Standars	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11 g</li> <li>• IEEE 802.11 b</li> <li>• IEEE 802.11</li> <li>• IEEE 802.3</li> <li>• IEEE 802.3 u</li> </ul>
Software compatibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet Explorer V6 o posterior, Netscape Navigator V6 o posterior, SNMP V3.</li> </ul>
Configuraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Access Point</li> <li>• Punto a Punto</li> <li>• Punto Multipunto</li> <li>• Repetidor</li> </ul>
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 64-, 128 152 bit WEP</li> <li>• 802.1X (EAP-MD5, EAP-TLS, EAP-TTLS y EAP-PEAP)</li> <li>• WPA (Wi Fi Protected Access)</li> </ul>

- MAC Address Access Control (WPA-TKIP y WPA-AES)

#### Control de Acceso al Medio

- CSMA/CA con ACK

#### Rango de Frecuencias

- 2.4GHz a 2.4835GHz

#### Modulación

- OFDM (Ortogonal Frequency División Multiplexing)
- CCK (Complementary Code Keying)
- DQPSK
- DBPSK

#### Potencia de Transmisión

- 15 dBm (32 mW)  $\pm$  2 dBm

#### Sensibilidad del Receptor

- 54 Mbps OFDM, 10% PER, -66 dBm
- 48 Mbps OFDM, 10% PER, -71 dBm
- 36 Mbps OFDM, 10% PER, -76 dBm
- 24 Mbps OFDM, 10% PER, -80 dBm
- 18 Mbps OFDM, 10% PER, -83 dBm
- 12 Mbps OFDM, 10% PER, -85 dBm
- 11 Mbps CCK, 8% PER, -83dBm
- 9 Mbps OFDM, 10% PER, -86 dBm
- 6 Mbps OFDM, 10% PER, -87 dBm
- 2 Mbps OFDM, 10% PER, -89 dBm

#### Salida de antena

- Conector SMA

#### Temperatura de operación

- 0°C a 40°C

#### Alimentación

- -Adaptador DC 5V 2.0A

**Resumen del capítulo.-**

En este capítulo se presenta el desarrollo de una red de datos para cinco localidades rurales, con la finalidad de implementar el servicio de acceso a Internet y la telefonía IP, para ello se utiliza los enlaces inalámbricos disponibles en el mercado local y equipos sencillos para la telefonía.

Este proyecto servirá como prototipo para realizar las mediciones de los retardos, mejoramiento del procesamiento de la voz y nuevos desarrollos de software de administración y gestión de las llamadas telefónicas.

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **5.1 Introducción**

El propósito de este análisis es evaluar los parámetros de calidad de servicio (QoS), para que el funcionamiento de la telefonía IP resulte confiable en el entorno de red propuesto en este informe.

Según la recomendación E.800 del CCITT Calidad de Servicio es el efecto conjunto del cumplimiento de un servicio, el cual determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio. La QoS se evalúa mediante el retardo (delay) y la disponibilidad de ancho de banda (throughput):

- Retrazo/ Latencia
- Fluctuación de fase
- Muestreo digital
- Compresión de voz
- Eco
- Pérdida de paquetes

#### **5.2 Latencia**

El retraso o latencia en VoIP se caracteriza por el tiempo que tarda la voz en llegar desde la persona que la emite hasta el que está escuchando.

Existen tres tipos de retraso:

Retraso de propagación, retraso de serialización y retraso de manejo.

**5.2.1.-** El retraso de propagación es causado por la velocidad de la luz en el medio de transporte, sea fibra óptica o redes de cobre. Una red de fibra óptica alrededor del mundo (21,000 Km.) induce un retraso en un sentido de 70 ms. Aunque este retraso es casi imperceptible al oído humano, el retraso de propagación junto con los retrasos de manejo pueden provocar una degradación apreciable de la voz.

**5.2.2.-** El retraso de manejo, o procesamiento es el causado en el proceso de empaquetado, compresión, conmutación etc, provocado por los dispositivos que transmiten la trama a través de la red.

El Procesador digital de señal (DSP) genera una muestra de voz cada 10 ms cuando se utiliza G.729. Dos de estas muestras de voz se colocan dentro de un paquete. El retraso del paquete por tanto es de 20 ms. Cuando se utiliza G.729, se produce un look-ahead inicial de 5 ms, lo que hace un retraso inicial de 25 ms para primera trama de voz.

Los fabricantes pueden decidir cuantas muestras de voz quieren enviar en un paquete. Como G.729 utiliza muestras de voz de 10 ms, cada incremento en las muestras por trama aumenta el retraso en 10 ms.

**5.2.3.-** El retraso de serialización es la cantidad de tiempo en que se tarda en colocar un bit o byte en una interfaz. Cuando los paquetes se guardan en una cola debido a la congestión en una interfaz de salida, el resultado es un “retraso en la gestión de colas”. Este tipo de retrasos ocurre cuando se envían más paquetes que los que la interfaz puede manejar en un intervalo de tiempo dado. Este retraso debe estar por debajo de los 10 ms siempre que se pueda utilizando cualquier método de gestión de colas que sea óptimo para la red. (Según Cisco)

En una red no administrada y congestionada, el retraso en la gestión de colas puede agregar más de dos segundos o provocar que el paquete se pierda. Este largo periodo de retraso es inaceptable en casi todas las redes de voz. El retraso en la gestión de colas es solo un componente del retraso de extremo a extremo, el cual se ve afectado también por la fluctuación de fase

### **5.3 Fluctuación de fase**

Conocido también como “jitter”, es la variación del tiempo de llegada del paquete. La fluctuación de fase es un problema que existe solo en las redes basadas en paquetes. Cuando está en un entorno de voz por paquetes, el remitente espera transmitir en forma fiable paquetes de voz en un intervalo regular (por ejemplo, enviar una trama cada 20 ms). Estos paquetes de voz se pueden retrasar por toda la red de paquetes y no llegar con el mismo intervalo de tiempo regular a la estación receptora. La diferencia entre cuando se espera recibir el paquete y cuando se recibe en realidad es lo que se llama la fluctuación de fase. Es por lo que es necesario un buffer de fluctuación de fase que oculta el retraso.



Si la red de datos está bien construida y se toman las precauciones apropiadas, la fluctuación de fase es normalmente un problema menor y el búfer de fluctuación de fase no contribuye significativamente al retraso total de extremo a extremo

Cisco utiliza marcas de tiempo (timestamps) de RTP para determinar que fluctuación de fase existe dentro de la red, y utiliza un buffer de fluctuación de fase considerado como una cola dinámica, que puede crecer o disminuir exponencialmente dependiendo del tiempo de los paquetes RTP entre llegadas

#### **5.4 Muestreo digital**

En telefonía IP la voz analógica requiere ser convertido a digital, y se realiza muestreando a 8,000 veces por segundo y convirtiendo cada muestra en un código numérico.

Normalmente los codificadores como Cisco por ejemplo envían dos tramas de voz G.729 de 10 ms en cada paquete. A pesar de que esto es aceptable para la mayoría de las aplicaciones, puede no ser el mejor método para utilizar el ancho de banda de un satélite por ejemplo. La explicación básica para derrochar ancho de banda es que existe una cabecera por cada paquete. Cuantas mas tramas de voz se pongan en un paquete, menos cabeceras serán necesarias

#### **5.5 Compresión de voz**

Se utilizan dos variaciones básicas de PCM de 64 Kbps: la ley u y la ley a. Los métodos se parecen en que ambos utilizan compresión logarítmica para alcanzar de 12 a 13 bits de calidad PCM lineal en 8 bits, pero se diferencian en detalles de compresión relativamente menores (la ley u tiene una ligera ventaja en la capa baja, rendimiento en relación señal a ruido). En América del Norte se utiliza la ley u y en Europa la ley a. Es importante tomar nota de que cuando se realiza una llamada de larga distancia, cualquier conversación que requiere un cambio de ley u a ley a es responsabilidad del país de la ley u.

Un método de compresión utilizado es la modulación por impulsos codificados diferencial y adaptable ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Un ejemplo de utilización común de la ADPCM es la ITU-T G.726, que codifica utilizando muestras de 4 bits, lo que da una velocidad de transmisión de 32 Kbps. A diferencia de la PCM, los 4 bits no codifican directamente la amplitud de la voz, si no que codifican las diferencias de la amplitud, así como la velocidad de cambio de esa amplitud, empleando alguna predicción lineal rudimentaria.

PCM y ADPCM son ejemplos de codificación por forma de ondas, técnicas de compresión que explotan las características redundantes de las formas de ondas. En los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas que llevan más allá el conocimiento de las características de generación de voz. Estas técnicas emplean procedimientos de procesamiento de señales que comprimen la voz enviando solo información para métrica simplificada sobre la vibración y modulación de la voz original, necesitando menos ancho de banda para transmitir esa información.

Estas técnicas se pueden agrupar generalmente como códec de origen, e incluyen variaciones como la codificación con predicción lineal LPC (Linear Predictive Coding), la compresión de predicción lineal con excitación por código CELP (Code Excited Linear Prediction Compresión) y la MP-MLQ (Multipulse, Multilevel Quantization).

La ITU-T normaliza los esquemas de codificación CELP,MP-MLQ PCM y ADPCM en sus recomendaciones de la serie G. Entre los estándares de codificación mas populares para telefonía y voz por paquetes se incluyen:

- G.711. Describe la técnica de codificación de vos de PCM de 64 Kbps subrayada anteriormente; la voz codificada con G.711 está en un formato correcto para la entrega de voz digital en la red telefónica pública o a través de intercambio privado de tramas (PBX).
- G.726. Describe la codificación de ADPCM a 40, 32, 24 y 16 Kbps; también se puede intercambiar voz ADPCM entre voz por paquetes y telefonía pública suponiendo que tiene la capacidad ADPCM.
- G.728. Describe una variación de bajo retraso de 16 Kbps de una compresión CELP.
- G.729. Describe la compresión CELP que permite que la voz sea codificada en corrientes de 8 Kbps; dos variaciones de este estándar (G.729 y G.729 a) difieren ampliamente en cuanto a complejidad de computación, y ambas proporcionan generalmente una calidad de voz tan buena como la ADPCM de 32 Kbps
- G.723.1. Describe una técnica de compresión que se puede utilizar para comprimir voz u otros componentes de señales de audio de servicios multimedia a una baja velocidad de bit, como parte de la familia de estándares H.324. Dos velocidades de bit están asociadas con este codificador: 5.3 y 6.3 Kbps. La velocidad de bit mas alta se basa en la tecnología MP-MLQ y proporciona una mayor calidad. La

velocidad de bit mas baja se basa en CELP y proporciona buena calidad, y permite que los diseñadores del sistema tengan flexibilidad adicional.

Una referencia subjetiva común para cuantificar el rendimiento del codec (codificador-decodificador) de voz es lo que se llama la Nota Media de Opinión (MOS, Mean Opinión Score), que asigna una puntuación entre 1 (malo) y 5 (excelente)

**Tabla 5.1.-Puntuación MOS de los codecs ITU-T**

<b>Método de compresión</b>	<b>Velocidad de bit (Kbps)</b>	<b>Tamaño de muestra (ms)</b>	<b>Puntuación MOS</b>
G7.11 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728 Predicción lineal con excitación por código de bajo retraso (LD-CELP)	15	0.625	3.61
G.729 Predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada (CS-ACELP)	8	10	3.92
G.729 <sup>a</sup> CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

Fuente: Cisco

## 5.6 Eco

El eco es un retorno de la voz en un sistema de comunicaciones. Oír la propia voz en el auricular mientras se está hablando es común y tranquilizador para la persona que está hablando, pero oír la propia voz después de un retraso de unos 25 ms puede provocar interrupciones y romper la cadencia de la conversación.

En una central de conmutación tradicional, el eco es normalmente provocado por un desajuste en la impedancia de la conversión de cuatro hilos al bucle local de 2 hilos. En la PSTN el eco está controlado por canceladores de eco y un control sobre los desajustes de la impedancia en los puntos de reflexión común.

En las actuales redes basadas en paquetes, se pueden construir canceladores de eco en codecs de velocidad de transmisión baja y hacerlos funcionar en cada DSP. En las implementaciones de algunos fabricantes, la cancelación de eco se hace en el software; esta practica reduce drásticamente los beneficios de la cancelación de eco.

Para eliminar el eco en la línea, el dispositivo a través del cual está hablando el usuario A guarda una imagen inversa de las palabras del usuario A durante un cierto tiempo. Es lo que se llama “voz inversa” (inverse speech –G). Este cancelador de eco oye el sonido que viene del usuario B y sustrae el –G para eliminar todo el eco.

Los canceladores de eco están limitados por la cantidad total de tiempo que esperan a que llegue la palabra reflejada, un fenómeno conocido como “echo tail”. Por ejemplo Cisco tiene “echo tails” configurables de 16, 24 y 32 ms.

### **5.7 Pérdida de paquetes**

En las redes de datos , la pérdida de paquetes es común y esperada. De hecho muchos protocolos de datos utilizan la pérdida de paquetes para conocer las condiciones de la red y poder reducir el número de paquetes que están enviando.

Cuando se genera un trafico muy intenso en la redes de datos, es importante controlar la cantidad de pérdida de paquetes que hay en esa red.

Normalmente las implementaciones de VoIP permiten al router de voz responder a la pérdida periódica de paquetes. Si un paquete no es recibido cuando se esperaba, se dá por hecho que se ha perdido y se vuelve a repetir el último paquete recibido, como el paquete perdido solo tiene 20 ms de voz, el oyente medio no aprecia la diferencia en la calidad de voz.

Con la implementación G.729 , si se pierde algún paquete, el receptor espera durante un periodo de tiempo (por su buffer de fluctuación de fase) y luego ejecuta una “estrategia de ocultación”.

Esta estrategia de ocultación vuelve a repetir el último paquete recibido por lo que el oyente no aprecia que hay lagunas de silencios. Se puede realizar esta estrategia de ocultación solo si se pierde un único paquete. Si se perdieran múltiples paquetes de forma consecutiva la estrategia se ejecuta solo una vez hasta que se reciba otro paquete.

Debido a la estrategia de ocultación de G.729, de modo empírico se puede decir que G.729 tolera hasta un 5% de pérdida de paquetes como media a lo largo de toda una conversación. (Fuente Cisco)

### **5.8 Análisis de los retardos**

En la mayoría de las implementaciones VoIP los paquetes tiene un encabezamiento por cada nivel:

- IP (Internet Protocol) – 160 bits
- UDP (User Datagram Protocol) – 64 bits
- RTP (Real-time Transport Protocol) – 96 bits

Sumando los bits de cada nivel resulta un encabezado total por paquete (PS) de 40 bytes:

$$PS_{OH_x} = PS_{OH_{IP}} + PS_{OH_{UDP}} + PS_{OH_{RTP}} \quad (5.1)$$

$$PS_{OH_x} = 160bits + 64bits + 96bits = 320bits = \frac{320bits}{8 \frac{bits}{byte}} = 40bytes$$

Esto representa, para una tasa de transferencia o envío de paquetes (Packet Rate) de 50 pps, es decir una frecuencia (Rate) de 50 1/s, un ancho de banda de encabezamiento (BWoh) de 16 Kbps.

$$BW_{OH_{RTP}} = PS_{OH_x} \times R \quad (5.2)$$

$$BW_{OH_{RTP}} = 320bits \times 50 \frac{1}{s} = 16000 \frac{bits}{s} = 16Kbps$$

El encabezado total se antepone a cada paquete de VoIP siendo una constante dependiente de los protocolos. Existen mecanismos no estandarizados que permiten comprimir el encabezado de IP, UDP y RTP, a solo 4 bytes

El tamaño del paquete de VoIP es la carga útil (payload) medida en bytes que equivale al tiempo de duración del paquete en el canal expresado en milisegundos calculado a una determinada tasa de envío de paquetes. El tiempo de duración de cada paquete es la inversa de la frecuencia.

El tiempo de duración del paquete de voz está referida a la cantidad de muestras, esto implica una situación de compromiso entre ancho de banda y calidad.

Entonces, aumentar el tiempo de duración del paquete, equivale a incrementar la carga útil, podremos tomar más muestras mejorando la calidad, pero a su vez se eleva el retardo total en la transmisión, siendo de esta forma más probable la pérdida de paquetes. La pérdida de paquetes ocasiona un decaimiento de la calidad de voz. La tasa de pérdida de paquetes (PLR) para G.711 que tiene una tasa de codec (Rc) de 64 Kbps, la podemos calcular por ejemplo para una carga útil (PS) de 32; 48 y 64 bytes:

$$PLR = \frac{PS}{R_C} \quad (5.3)$$

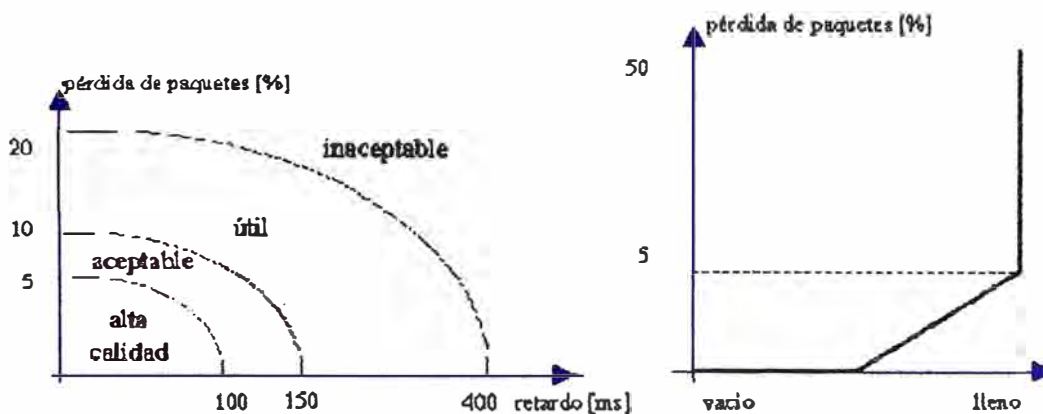
$$PLR_{32} = \frac{32 \text{ bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}}}{64000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}} = 0.004 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.4\%$$

$$PLR_{48} = \frac{48 \text{ bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}}}{64000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}} = 0.006 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.6\%$$

$$PLR_{64} = \frac{64 \text{ bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}}}{64000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}} = 0.008 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.8\%$$

Una alternativa para bajar la tasa de pérdida de paquetes es implementar buffers de variación de retardo para paquetes de gran tamaño, pero esto resulta en retardos de encolado muy elevados, que a su vez implican niveles de calidad de voz inaceptables por encima de los 30 ms.

El buffer de variación (jitter) acomoda los paquetes y los reproduce con la cadencia original.



**Figura 5.1.- Pérdida de paquetes vs retardo y pérdida de paquetes vs estado del buffer**

- El nivel de pérdida de paquetes pico no debe superar el 5 % en WAN y el 1 % en LAN para obtener buena QoS.

Por otra parte, al reducir excesivamente la duración del paquete, aparecen dos limitaciones.

La primera es la necesidad de tomar al menos una muestra y la segunda se refiere a la eficiencia del paquete es decir que la relación carga útil versus el encabezado se mantenga en proporciones razonables.

El tiempo de duración del paquete no debe ser inferior a los 10 ms.

Se estima de acuerdo a estudios realizados que el tiempo de duración óptimo en un sentido es de 20 ms quedando dentro de la banda de  $10 \text{ ms} < t < 30 \text{ ms}$ . (Cisco)

La duración del paquete se expresa mediante la relación de tasa de paquetes por segundo (pps) que equivale a la cantidad de paquetes que se transmiten en el período de 1 segundo.

En este ejemplo la tasa de paquete (PR) se calcula como la inversa del tiempo de duración ( $R_t$ ) de 20 ms, obteniendo los 50 pps.

$$PR = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{ pps} \quad (5.4)$$

En el caso de transmitir un paquete de VoIP a través de una WAN se considera, no solo el tamaño del encabezamiento de los niveles superiores ( $PS_{Ohn}$ ) sino también el encabezado de los protocolos de nivel inferior ( $PS_{Ohl}$ ) como PPP, éstos ocupan entre 6 y 20 bytes.

El tamaño del encabezado total ( $PS_{Oht}$ ):

$$\begin{aligned} PS_{\tau} &= PS_{Ohn} + PS_{Ohl} \\ PS_{\tau} &= 40 \text{ bytes} + 20 \text{ bytes} = 60 \text{ bytes} \end{aligned} \quad (5.5)$$

La codificación G.711 tiene una tasa de codec ( $R_c$ ) de 64 Kbps y el tamaño de encabezado IP ( $PS_{Oh}$ ) son 80 bytes, para una duración de paquete ( $R_t$ ) de 10 ms. El ancho de banda (BW) para cada sesión resulta del siguiente cálculo:



$$PS_{PL} = R_C \times R_t = \frac{64000 \frac{bits}{s} \times 10 \times 10^{-3} s}{8 \frac{bits}{byte}} = 80 bytes \quad (5.6)$$

$$PR = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{10 \times 10^{-3} s} = 100 \frac{1}{s} = 100 pps \quad (5.7)$$

$$BW_{OH} = PS_{OH} \times PR \quad (5.8)$$

$$BW_{OH} = 60 bytes \times 8 \frac{bits}{byte} \times 100 \frac{1}{s} = 48 Kbps$$

$$BW_{PL} = PS_{PL} \times PR \quad (5.9)$$

$$BW_{PL} = 80 bytes \times 8 \frac{bits}{byte} \times 100 \frac{1}{s} = 64 Kbps$$

$$BW = BW_{OH} + BW_{PL} = 48 Kbps + 64 Kbps = 112 Kbps \quad (5.10)$$

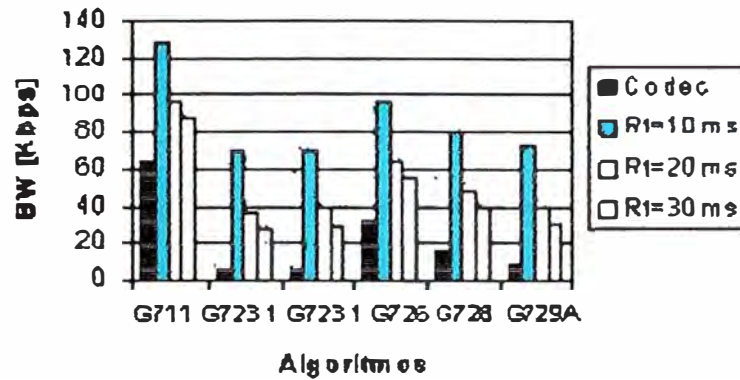
La tabla 5.2 muestra los mismos cálculos para las distintas tasas de codecs (Rc) y con tres valores de duración de paquete (Rt) diferentes 10 ms; 20 ms; 30 ms. con el tamaño de encabezado (Psoh) constante en 60 bytes.

**Tabla 5.2.-Resultados de cálculo de ancho de banda para distintas tasas de codec (Rc)**

Tasa de Codec (Rc) [Kbps]	Duración del paquete (Rt) [ms]	Tamaño encabezado (Psoh)	Tamaño carga útil (Psoh) [bytes]	Tasa de envío (PR) [pps]	Ancho de banda de encabezado (BWoh) [Kbps]	Ancho de banda de carga útil (BWpd) [Kbps]	Ancho de banda de VoIP en un sentido (BW) [Kbps]
				$PR = 1/R_t$	$BW_{OH} = PS_{OH} \times PR$	$BW_{PL} = PS_{PL} \times PR$	$BW = BW_{OH} + BW_{PL}$
G.711	8.4	10	60	100	48	64	112
G.723.1	5.3	10	60	100	48	64	112
G.723.1	8.4	10	60	100	48	64	112
G.729	32	10	60	100	48	64	112
G.729	10	10	60	100	48	64	112
G.729A	8	10	60	100	48	64	112
G.711	8.4	20	60	50	24	32	56
G.723.1	5.3	20	60	50	24	32	56
G.723.1	8.4	20	60	50	24	32	56
G.729	32	20	60	50	24	32	56
G.729	10	20	60	50	24	32	56
G.729A	8	20	60	50	24	32	56
G.711	8.4	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65
G.723.1	5.3	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65
G.723.1	8.4	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65
G.729	32	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65
G.729	10	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65
G.729A	8	30	60	33.3	16.32	21.33	37.65



El gráfico de la figura 5.2 muestra la diferencia en los anchos de banda requeridos para la transmisión de paquetes de VoIP, según el algoritmo del codec utilizado y la duración del paquete elegido:



**Figura 5.2.-Ancho de banda (BW) para duración de paquete (Rt) variable**

Del gráfico de la anterior resulta que el ancho de banda requerido depende de la elección del codec

Para aplicar la norma H.323 en un canal unidireccional con  $R_t=20$  ms.y  $B_{woh}=60$  bytes:

- G.711  $\Rightarrow$  BW > 88 Kbps
- G.723.1  $\Rightarrow$  BW > 30 Kbps
- G.726  $\Rightarrow$  BW > 56 Kbps
- G.728  $\Rightarrow$  BW > 40 Kbps
- G.729A  $\Rightarrow$  BW > 32 Kbps

Este análisis no es suficiente para realizar la elección del codec, pues se debe considerar también el retardo que introduce cada algoritmo en el esquema global y la calidad de la voz que se mide mediante el parámetro denominado MOS (resultado de opinión media), tal como se muestra en la tabla 5.3

**Tabla 5.3.- Valores de MOS para los estándares de codec**

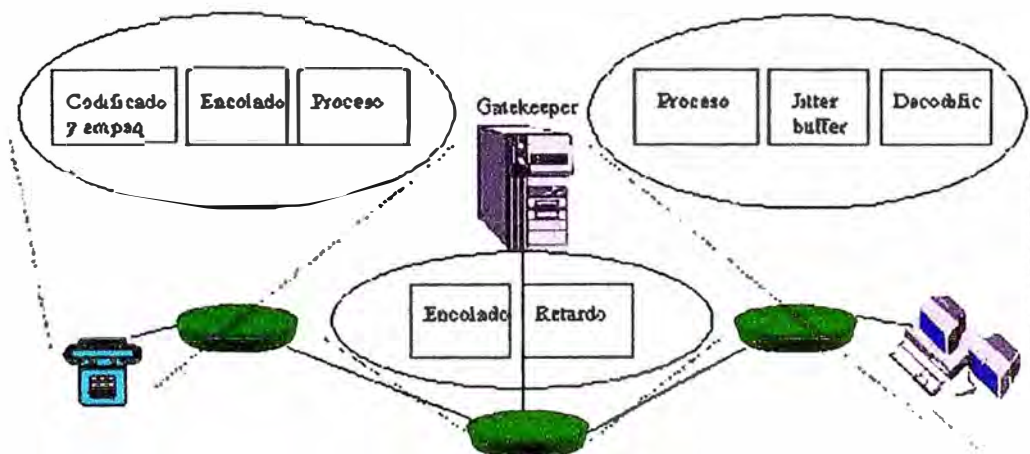
CODEC	Método de compresión		Bit rate (R)	Retardo (D)	MOS
			[Kbps]	[ms]	
G.711	PCM Pulse	Code Modulation	64	0.75	4.1
G.723.1	CELP	Code Excited Linear Prediction	5.3	30	3.65
G.723.1	MP-MPLQ	Low bit rate vocoder for Multimedia	6.4	30	3.9
G.726	ADPCM	Adaptive Differential PCM	32	1	3.85
G.728	LD-CELP	Low Delay CELP	16	5	3.61
G.729	CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic CELP	8	10	3.92

El MOS se obtiene de una prueba denominada ACR (absolute category rating) en la cual se realizan pruebas de audición a un grupo heterogéneo de personas, con diez grabaciones diferentes, las que se califican con una puntuación en el rango 5: excelente y 1: inaceptable y luego se obtiene la media.

Con este nuevo panorama se realiza la elección del codec, siendo necesario evaluar para cada caso, el ancho de banda requerido, el retardo introducido y la calidad.

El G.723.1 tiene una buena relación calidad versus ancho de banda pero resultará inaplicable para los casos de retardo comprometido. El G.728 promedia los tres parámetros.

En el camino extremo a extremo, el paquete de VoIP atraviesa los siguientes procesos que afectan el QoS diagramados en la figura 5.3:



**Figura 5.3.- Delay, Jitter y pérdida de paquetes por encolado**

Estos tres parámetros están relacionados estrechamente, las pruebas de retardo arrojan valores según el detalle de la tabla 5.4:

**Tabla 5.4.- Valores de retardo en las etapas de procesamiento de la voz**

		Retardo mínimo (ms)	Retardo máximo (ms)
Emisor	Codificado y empaquetado	30	50
	Encolado de paquetes	0	50
	Procesamiento	10	20
Router	Encolado de paquetes	1	50
	Retardo de serialización	1	1
Receptor	Procesamiento	20	20
	Buffer de variación	30	300
	Decodificado	1	1
Retardo tota (ms)l		93	492
Retardo total promedio (ms)		292.5	

La recomendación G.114 establece que el retardo en un sentido es la suma del retardo del codec, más el de procesamiento, más el del buffer de variación.

Se califica de la siguiente forma:

- 0 a 150 ms           –     buena calidad
- 150 a 400 ms       =     calidad aceptable
- mayor a 400 ms     =     no aceptable

Podemos comparar estos tiempos de retardo con una comunicación satelital:

- 1400 km => 12 ms
- 14000 km => 110 ms
- 36000 km => 260 ms

El efecto que se aprecia para tiempos mayores a 400 ms es como el de una comunicación half-duplex. El eco debe cancelarse para retardos ida y vuelta (round-trip) mayores a 50 ms.

### 5.9.-Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre WAN:

De acuerdo a resultados empíricos, la calidad de la voz comienza a degradarse en un enlace WAN, cuando el retardo supera los 150 ms. Debemos considerar no solo el ancho de banda que ocupa el tráfico de VoIP sino también el tráfico de datos propiamente dicho.

En enlaces de baja capacidad, es decir menores a 512 Kbps se puede llegar a degradar la voz en forma notable cuando se transmiten los paquetes de VoIP que compiten con paquetes de datos o con otros paquetes de VoIP. Esto ocurre cuando no hay una política correctamente aplicada de QoS.

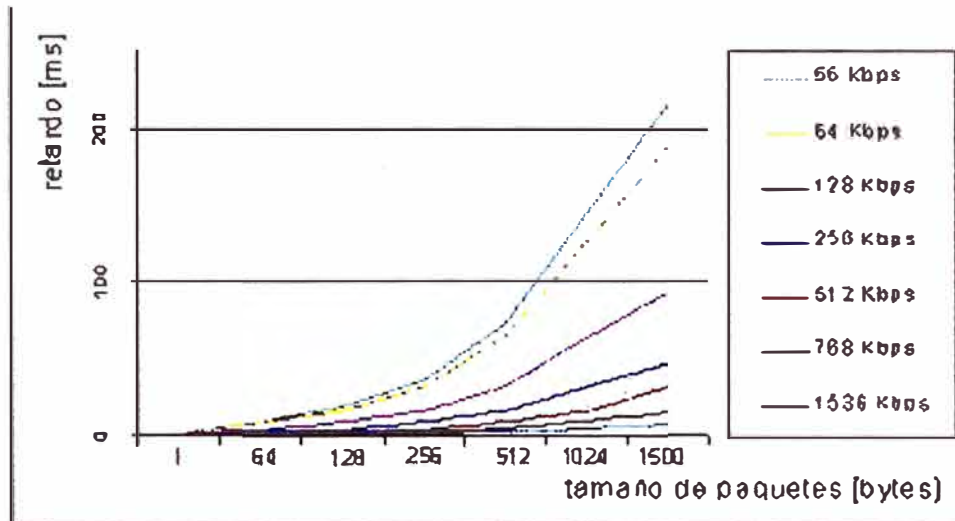
Hay soluciones propietarias, como LFI (Link Fragmentation Interleave) utilizadas en enlaces de baja velocidad. Funcionan segmentando y entrelazando todos los paquetes para evitar la competencia con los pequeños paquetes de VoIP.

El proceso de serialización introduce un retardo dependiente del tamaño del paquete de VoIP, detallado en la tabla 5.5 y graficado en la figura 5.4, donde se aplica la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{FS}{BW} = \frac{64 \text{ bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}}}{56000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}} = 9 \times 10^{-3} \text{ s} = 9 \text{ ms} \quad (5.11)$$

**Tabla 5.5.- Retardos de serialización para diferentes tamaños de paquete**

		Tamaño de paquete (FS) [bytes]						
		1	64	128	256	512	1024	1500
Ancho de banda (BW) [Kbps]	56	143 us	8 ms	18 ms	38 ms	72 ms	144 ms	214 ms
	64	125 us	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	126 ms	187 ms
	128	62.5 us	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
	256	31 us	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	48 ms
	512	15.5 us	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms
	768	10 us	840 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	10.24 ms	15 ms
	1536	5 us	320 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	7.5 ms



**Figura 5.4.- Retardo de Serialización**

### 5.10.-Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre LAN:

Una de las principales desventajas para cualquier tráfico crítico respecto del tiempo y en particular los paquetes de VoIP en una LAN, es que los protocolos más utilizados en el nivel de enlace, Ethernet y Token Ring, trabajan con un tamaño de paquete variable. El equipamiento desarrollado para VoIP brinda sólo conectividad Ethernet, con un ancho de banda de transmisión (BW) de 10 Mbps. El tamaño de la carga útil del paquete (PSpl) varía entre 46 y 1500 bytes y el encabezado (Psoh) ocupa entre 14 y 20 bytes.

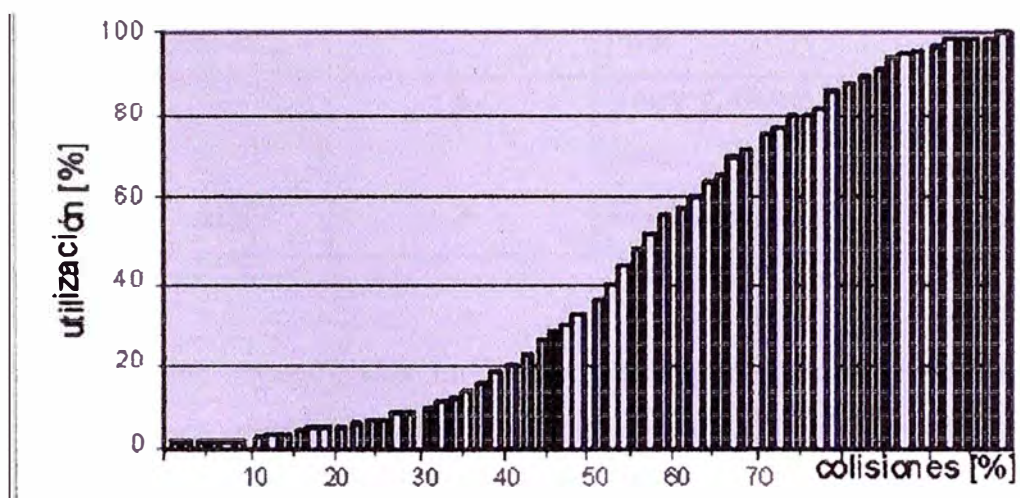
Para calcular la velocidad de los paquetes que circulan en una red Ethernet se utiliza la siguiente fórmula:

**Tabla 5.6.- Velocidad de los paquetes de acuerdo al tamaño**

Tamaño de carga útil (bytes)	Tamaño de encabezado (bytes)	Tasa de paquetes (pps)
64	20	14880
128	20	8445
256	20	4528
512	20	2349
768	20	1588
1024	20	1197
1280	20	961
1516	20	812

La utilización del ancho de banda y la tasa de paquetes pueden o no coincidir debido a la variación del tamaño de los paquetes. La utilización se incrementa debido a la variación de dos factores, aumento de la cantidad de paquetes y/o el tamaño de la carga útil de los mismos.

En Ethernet la disponibilidad de ancho de banda es dependiente del número de colisiones, en forma exponencial debido a la forma de trabajo del mecanismo CSMA/CD de la norma Ethernet 802.3, así se representa en la figura 5.5.



**Figura 5.5.-Utilización vs Colisiones**

Para cumplir con los requerimientos de QoS para VoIP la utilización del ancho de banda no debe superar el 25 % o su equivalencia en porcentaje de colisiones que no debe superar el 45 %.

El estándar 802.1p provee el método para especificar los requerimientos de retardo y prioridades sobre una red LAN Ethernet y Token Ring.



**Tabla 5.7.- Formas de prioridad asignada para mejorar el QoS**

<b>Nivel de prioridad</b>	<b>Id de prioridad</b>	<b>Tipo de tráfico</b>
Baja	1	Background
.	2	Spare
.	0	Best effort
.	3	Excellent effort
.	4	Controlled load
.	5	Video < 100ms latency and jitter
.	6	Voice < 10 ms latency and jitter
Alta	7	Network control

Los tipos de tráfico especificados en la tabla 5.7 permiten una clasificación simple y práctica de QoS para mantener las facilidades de alta velocidad y bajo costo que tienen los switches LAN.

A continuación se detalla el área de aplicación de cada clase de tráfico:

- **Background:** transferencias masivas y otras actividades permitidas dentro de la red que no afectan a los usuarios y aplicaciones.
- **Spare:** libre.
- **Best effort:** es la categoría utilizada en todas las redes LAN de manera predeterminada.
- **Excellent effort:** es aquel tráfico que el administrador de red considera que debe recibir un tratamiento especial debido a relevancias estratégicas.
- **Controlled load:** es para aplicaciones que necesitan control de admisión y reserva de ancho de banda.
- **Video:** caracterizado por un retardo menor a 100 ms.
- **Voz:** caracterizado por un retardo menor a 10 ms.
- **Network control:** son requerimientos esenciales para el funcionamiento de la red.

El retardo para el servicio de VoIP en una red LAN no debe superar los 10 ms.

Como conclusiones del análisis del retardo se puede indicar que:

1.- Para realizar un estudio completo de una red existente se debe realizar un análisis estadístico durante un período mínimo de tres días de los siguientes parámetros:

- retardo
- pérdida de paquetes
- ancho de banda

2.- Los valores de los parámetros anteriores no deben superar los siguientes valores:

➤ **retardo: en un sentido extremo a extremo no debe superar los 250 ms.**

codec ver tabla 4:

- G.711 => D = 0.75 ms.
- G.723.1 => D = 30 ms.
- G.726 => D = 1 ms.
- G.728 => D = 5 ms.
- G.729A => D = 10 ms.

WAN:

- D = 150 ms.

LAN:

- D = 10 ms.

➤ **pérdida de paquetes**

WAN:

- PLR < 1 %

LAN

- PLR < 5 %

➤ **ancho de banda: consta de tres partes**

codec:

- G.711 => BW > 96 Kbps
- G.723.1 => BW > 38 Kbps
- G.726 => BW > 64 Kbps
- G.728 => BW > 48 Kbps
- G.729A => BW > 40 Kbps

WAN:

- BW = 768 Kbps



LAN:

$$BW = 44 \text{ Kbps}$$

Luego se agrega un generador de tráfico de VoIP con el número de llamadas previstas y se repiten las mediciones, para poder analizar el impacto de la introducción del nuevo servicio en los ya existentes y prever la calidad de voz en una situación de operación.

Si la red existente supera los valores obtenidos, se debe realizar un estudio de costo-beneficio para evaluar la inversión de actualizar la red para las condiciones óptimas, versus las ventajas del servicio de VoIP.

### **Resumen del capítulo.-**

En redes que van a ser utilizados para la implementación de la telefonía IP adicionalmente al tráfico normal de acceso a Internet, es necesario realizar un análisis detallado del tráfico que va a soportar, asimismo los retardos que se generarían en pleno funcionamiento y en horas de mas utilización de los servicios por los usuarios.

Mediante los cálculos y las teorías expuestas en este capítulo se plantea mejorar las prestaciones de la red a fin de optimizarlo para su buen funcionamiento.

## **CAPITULO VI**

### **REGULACIÓN**

#### **6.1.- Introducción**

Los Organismos Reguladores de los diferentes países, se enfrentan al reto de que las redes PSTN y telefonía IP coexistan en términos de interoperabilidad creando una red integrada, que refleje beneficios reales y directos al consumidor, y permita aprovechar las ventajas de la nueva tecnología para mejorar la calidad de vida de las zonas aisladas. No obstante, las grandes ventajas que presenta como la optimización de la infraestructura y eficiencia de las redes, aún no han unificado criterios para la reglamentación de la telefonía por IP.

En consecuencia, el desafío para los Organismos Reguladores es definir las condiciones en las cuales debe darse el desarrollo de la telefonía por IP en forma armónica con las tecnologías existentes, habiéndose ya marcado algunas tendencias mundiales en el sentido de establecer las menores restricciones a su utilización generalizada, en virtud de las ventajas que representa el ofrecer servicios de telefonía con menores precios a los consumidores mediante esta tecnología.

Sin embargo, hasta ahora existe una diversidad de criterios en torno al tratamiento regulatorio de la telefonía por IP.

Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, los Prestadores de Servicios de Internet (PSI) no están regulados ya que consideran a la telefonía IP como un servicio que carece de los elementos suficientes para equipararla a la telefonía vocal. Sin embargo, se reconoce que podría establecerse una simetría reglamentaria entre la telefonía por IP y la telefonía proporcionada a través de circuito conmutado si llegara el caso en que aquella funcionalmente sea equivalente a ésta.

En Canadá, aunque se determinó por la autoridad competente que no se reglamentaría al Internet, se estableció en septiembre de 1999 por la Canadian Radio and Telecommunications Commission, que los proveedores de comunicación vocal en tiempo real por Internet debían pagar contribuciones por minuto al servicio universal, exactamente igual que los operadores tradicionales.

En cuanto a los países latinoamericanos, éstos aun no han incorporado en forma masiva la telefonía por IP y los enfoques reglamentarios son diversos.

Argentina ha establecido prohibiciones a la prestación de servicios de telefonía IP por parte de los operadores de valor agregado.

En Colombia se ha concluido que el Internet es un elemento necesario para el desarrollo social y económico. No obstante, la mayor parte de los operadores de telecomunicaciones no han tenido iniciativas hasta ahora para usar la tecnología IP, aún cuando se tuvo recientemente el caso de una empresa de telefonía celular que debido a la reglamentación en vigor no se le permitió ofrecer el servicio de telefonía por IP.

En Venezuela no se cuenta con una reglamentación específica que se aplique a la telefonía por IP, pero se prohíbe a los PSIs competir directamente con la telefonía básica.

En el caso de México se puede comentar que a partir de la reforma regulatoria de 1995, se ha dado impulso a la creación de redes telemáticas y a los servicios que se proporcionan a través de las mismas. Una de las acciones más importantes para el avance en ese sentido ha sido el establecer un régimen simplificado, consistente únicamente en el registro de los prestadores de servicios de valor agregado.

A través de esta política se ha detonado el crecimiento de proveedores de acceso a internet y el surgimiento de entidades con una gama más amplia y diversificada de servicios de información comercial como son los portales en la red internet.

Igualmente se promueven mecanismos regulatorios para que las redes públicas de telecomunicaciones que prestan servicios básicos como televisión restringida alámbrica o inalámbrica, telefonía móvil celular y radiolocalización móvil de personas puedan ofrecer servicios de transmisión bidireccional de datos, de manera que se facilite la prestación de servicios de acceso a internet y a nuevos servicios de información en línea.

Con estas medidas se ha ampliado la oferta de servicios de valor agregado, dando lugar a una mayor competencia en dicho sector y a una mayor diversidad de opciones para la conducción de señales de datos y, particularmente, para el acceso a internet, cada vez con mejor calidad, ancho de banda y cobertura. Así, de finales de 1994 a junio de 2000 el número de proveedores de internet pasó de 23 a 230.

En la actualidad la administración federal ha emprendido el desarrollo de un sistema denominado eMéxico que tiene como finalidad proporcionar servicios de telecomunicaciones básicos y de valor agregado, fundamentalmente Internet, a las regiones de menor desarrollo en todo el país, con el propósito de integrarlas a los avances sociales y

mejorar las condiciones de producción en esas zonas, lo que indudablemente permitirá mejorar niveles de vida e igualar oportunidades de

## **6.2.- La regulación en el Perú**

En Perú la telefonía por IP se ha desarrollado fundamentalmente en redes privadas operadas por instituciones bancarias e industrias dedicadas a la explotación de recursos naturales, tales como minería y petróleo. Estas redes privadas de telecomunicaciones se han construido con el propósito fundamental de reducir costos en la operación. Cabe señalar que los PSIs no necesitan licencia pero deben registrarse ante la autoridad responsable de las telecomunicaciones; sin embargo los PSIs no deben transmitir señales vocales en tiempo real excepto para transmisiones que no se efectúen por las redes telefónicas.

## **6.3.- Consideraciones asumidas por el Ente Regulador**

Neutralidad Tecnológica: Se regulan servicios y no tecnologías.

Se reconoce en la Ley, que las telecomunicaciones en el Perú tienden a una red digital integrada de servicios y sistemas.

Apertura del Mercado: Promoción y fomento del desarrollo de los Servicios Portadores de Larga Distancia y Servicio Telefónico Fijo

Tendencias internacionales hacia la no regulación cuando exista competencia efectiva.

La Telefonía IP permite cubrir necesidades de sectores de bajos recursos económicos con el curso de llamadas sacrificando calidad por precio.

Se podría considerar que la Telefonía IP crea la necesidad de desarrollo de redes para mantener o incrementar la calidad del servicio, por tanto desarrollaría la infraestructura de los servicios portadores

La telefonía IP se considera una tecnología mas que pueden usar los operadores telefónicos.

De acuerdo a las consideraciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se tiene definido dos aspectos:

Las comunicaciones de voz que usen la Red Pública de Telefonía y los terminales conectados a ella se consideran servicio telefónico, y se necesita concesión para ofrecerlas.

Las comunicaciones de voz que usen PCs conectadas a Internet (inclusive usando la RTB) se consideran una aplicación más dentro del acceso a Internet y por tanto se consideran como Servicio de Valor Añadido (SVA).

**Tabla 6.1.- Regulación actual para telefonía IP**

<b>Telefonía IP</b>				
<b>Terminales</b>	<b>PC a PC</b>	<b>PC a Teléfono</b>		<b>Teléfono a Teléfono</b>
		<b>PC en Perú</b>	<b>Teléfono en Perú</b>	
<b>Telefonía por internet</b>	No regulado considerado SVA	No regulado considerado SVA	Requiere concesión portador LD	Requiere concesión de servicio local, servicio portador Larga Distancia Nacional y/o Internacional

### **Resumen del capítulo.-**

La regulación para el servicio de telefonía IP a nivel mundial está todavía en discusión, y no existe aún un planteamiento común para todos los países.

En lo que si coinciden muchos países es en diferenciar el servicio de Internet con el servicio de telefonía IP.

Muchos países como el Perú han convenido en considerar a las llamadas por Internet de PC a PC como servicio No Regulado, asimismo aquellas que se generan de un aparato telefónico conectado a Internet sin intervención a la red PSTN.

Sin embargo los servicios de llamadas desde un aparato telefónico que en algún punto ingrese a la red PSTN mediante Gateway si están regulados por los cual requiere de una licencia de operador expedida por el Ministerio o Ente regulador correspondiente

## CAPITULO VII

### COSTOS Y EVALUACIÓN ECONOMICA

#### 7.1 Determinación de los Costos

Para determinar los costos del sistema primeramente se evalúa la cantidad de equipos, accesorios, mobiliario y servicios que se utilizarán en cada localidad, los cuales se agrupan en dos rubros Bienes y Servicios:

##### 7.1.1 Bienes.-

El cuadro que se muestra indica la cantidad de equipamiento a utilizar por cada localidad y el costo total de los mismos.

**Tabla 7.1.- Relación y costo de equipos asignados para cada localidad**

EQUIPOS Y ACCESORIOS									
	BASE	SAN PEDRO DE CASTA	HUACHUPAMPA	VICAS	HUINCO	CALLAHUANCA	TOTAL	COSTO UNITARIO (Dólares)	COSTO TOTAL
Computadoras	1	4	3	3	4	4	19	300.00	5,700.00
Switch	1	1	1	1	1	1	6	25.00	150.00
Mobiliario	1	4	3	3	4	4	19	40.00	760.00
Teléfono IP	1	1	1	1	1	1	6	300.00	1,800.00
Equipo Wireless	1	1	1	1	1	1	6	170.00	1,020.00
Antena y cable	1	3	1	1	1	1	8	180.00	1,440.00
Torre ventada con acceso	1		0	0	0	0	1	100.00	100.00
Torre autoportada		1					1	300.00	300.00
Mástil	0	0	1	1	1	1	4	8.00	32.00
Contenedor	0	1	0	0	0	0	1	200.00	200.00
Postes	0	5	0	0	0	0	5	20.00	100.00
Módem ADSL	0	2	0	0	0	0	2	100.00	200.00
Cableado estructurado	1	1	1	1	1	1	6	50.00	300.00
<b>TOTAL (Dólares)</b>									<b>12,102.00</b>

### 7.1.2 Servicios.-

El cuadro que se muestra a continuación resume los gastos que realizarán por concepto de servicios en todo el proyecto:

**Tabla 7.2.- Costos por servicios**

DESCRIPCION	CANT	P. UNIT.	TOTAL
Instalación equipos y antenas	30	6.00	180.00
Instalación torres y sistema de protección	80	2.00	160.00
Instalación mástil	10	4.00	40.00
Instalación postes y cables	30	5.00	150.00
Instalación cabinas	15	6.00	90.00
<b>TOTAL (Dólares)</b>			<b>620.00</b>

### 7.2 Determinación de los Ingresos

Para determinar los ingresos estimados empezaremos por determinar la cantidad de usuarios potenciales.

Tomamos en consideración que la población adulta de estas localidades son en su mayoría de baja formación educacional, los usuarios de internet estará conformado por estudiantes, a quienes consideraremos como usuarios potenciales.

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 7.3.- Cantidad de estudiantes censadas en cada localidad**

LOCALIDAD	Primaria	Secundaria	Superior	Total
<b>San Pedro de Casta</b>	515	218	25	<b>758</b>
<b>Huachupampa</b>	163	65	14	<b>242</b>
<b>Vicas</b>	88	21	6	<b>115</b>
<b>Huinco</b>	43	44	6	<b>93</b>
<b>Callahuanca</b>	186	172	37	<b>395</b>
<b>TOTAL</b>				<b>3384</b>

Fuente INEI Censo 1993

Para estimar la cantidad de usuarios se ha tomado en cuenta los siguientes criterios:

- La población proyectada al año 2005 en estos pueblos no ha variado sustancialmente por la constante migración de los jóvenes en busca de trabajo o condiciones de vida diferente.
- Debido a que no todos los estudiantes tendrán las condiciones económicas para acceder a este servicio, consideraremos que solo el 15% de cada localidad serán usuarios.
- La baja condición económica limita a las personas a acceder a estos servicios por lo que para este cálculo consideramos que un cliente potencial ingresará a la cabina por lo menos dos veces por semana por periodos de una hora

Se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 7.4.- Cálculo de usuarios y horas de uso del servicio**

Total de estudiantes	Usuarios estimado	horas/mes	Total horas de uso/mes
3384	507	8	4056

En base a esta información y adicionando algunos ingresos mínimos estimados se obtiene la siguiente tabla:



**Tabla 7.5.- Estimación de los ingresos por cada servicio****Ingreso por uso de cabinas**

Cantidad de usuarios estimado	507
Horas al mes por cada usuario	8
Costo por hora (descontando IGV)	1.26
Ingreso por mes	5,112.61
Ingreso por año	<b>61,351.26</b>

**Ingreso por telefonía llamadas entre localidades**

Ingreso estimado diario por llamadas internas por cabina	5.00
Cantidad de cabinas	6
Total mes (25 días laborables)	750.00
Total año	<b>9,000.00</b>

**Ingreso por telefonía llamadas internacionales (Net2phone)**

Ingreso estimado diario por llamadas internas por cabina	5.00
Cantidad de cabinas	6
Total mes (25 días laborables)	750.00
Total año	<b>9,000.00</b>

**Ingresos Varios (Copias, escaneos, impresiones, etc.)**

Ingreso estimado diario	4.00
Cantidad de cabinas	6
Total mes (25 días laborables)	600.00
Total año	<b>7,200.00</b>

Con la información obtenida anteriormente sobre los costos y los ingresos estimados, se elabora el cuadro siguiente en el que se incluyen todos los gastos que involucran la implementación de la red y los costos de supervisión y mantenimiento por año:

Tabla 7.6.- Flujo de caja elaborado para el proyecto

AÑOS	0	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>INGRESOS</b>	<b>0.00</b>	<b>86,551.26</b>	<b>86,551.26</b>	<b>86,551.26</b>	<b>86,551.26</b>	<b>86,551.26</b>	<b>86,551.26</b>
Ingresos por cobres	0.00	61,351.26	61,351.26	61,351.26	61,351.26	61,351.26	61,351.26
Ingresos por telefonía local		9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00
Ingresos por telefonía llamadas internacionales		9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00
Ingresos varios (Copias, scans, impresiones, etc)		7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00
<b>GASTOS</b>	<b>76,204.26</b>	<b>48,720.00</b>	<b>48,720.00</b>	<b>48,720.00</b>	<b>48,720.00</b>	<b>48,720.00</b>	<b>48,720.00</b>
Personal	28,800.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00
Materiales y suministros							
Equipamiento	40,299.66						
Servicios de instalación	2,084.60						
Supervisión							
Combustibles y lubricantes	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00
Útiles de oficina	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Gastos de viaje	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
Gastos de transporte	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Gastos varios							
Alquiler de locales		7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00
Servicios de luz, agua, teléfono		2,160.00	2,160.00	2,160.00	2,160.00	2,160.00	2,160.00
Mantenimiento							
Servicios técnicos		5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00
<b>UTILIDADES (Antes de impuestos)</b>		<b>37,831.26</b>	<b>37,831.26</b>	<b>37,831.26</b>	<b>37,831.26</b>	<b>37,831.26</b>	<b>37,831.26</b>
Impuestos (30%)		11,349.38	11,349.38	11,349.38	11,349.38	11,349.38	11,349.38
<b>UTILIDADES</b>		<b>26,481.88</b>	<b>26,481.88</b>	<b>26,481.88</b>	<b>26,481.88</b>	<b>26,481.88</b>	<b>26,481.88</b>

### 7.3 Evaluación de la rentabilidad

Para la evaluación económica se utiliza los siguientes indicadores: Valor Actual Neto (VAN), Periodo de Recupero, Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio Costo (B/C).

Se utilizó la tasa de actualización de 8% y se obtuvo del promedio de las Tasas Pasivas por Depósitos a Plazos por 360 días a más, de las Empresas Bancarias, de los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril del 2003, consignados en el Cuadro N° 29 de la Nota Semanal N° 14 del 11 de Abril del 2003 del Banco Central de Reserva del Perú.

Como un comentario, es bueno mencionar que hay autores especialistas en la materia, como J. Price Gittinger que menciona que la elección de la tasa de actualización siempre ha sido un problema y que “en la practica, la tasa se elige sencillamente por métodos empíricos, el 12% parece ser una elección muy frecuente, y casi todos los países parecen estimar que esa tasa se encuentra comprendida entre el 8% y el 15 %. Según el autor esta

es una practica que puede ser usada para cualquier tipo de proyecto, indistintamente de la moneda a utilizarse.

Los resultados de esta evaluación se encuentran en el Cuadro 5.14, donde el VAN es S/. 46,218.30, el Periodo de Recupero 3 años 4 meses, la TIR 26% y la Relación Beneficio Costo 1.13.

**Tabla 7.7.- Resultados de la evaluación**

INDICADORES ECONOMICOS	
VAN	S/. 46,218.30
PERIODO DE RECUPERO	3 años 4 meses
TIR (%)	26
B/C	1.13

#### **7.4.- Comentarios.-**

Los resultados de esta evaluación dependen en gran medida de los supuestos ingresos diarios o mensuales que se obtendrán por cabina en cada localidad, éstos valores pueden verse incrementados, si consideramos que adicionalmente a los habitantes de las poblaciones se toman en cuenta a los turistas y trabajadores foráneos de instituciones públicas como Salud, Educación, Minería y Empresas Eléctricas).

La evaluación realizada, para evitar complicaciones, no considera las reducciones en los impuestos por Crédito Fiscal y Depreciaciones, los cuales al ser incluidos producirían un incremento de las utilidades

#### **Resumen del capítulo.-**

Para la evaluación del proyecto presentado en este informe, primeramente se evalúan los costos que generaría su implementación y el mantenimiento del sistema durante la cantidad de años considerada, para este caso de 6 años.

Luego se procede a estimar los ingresos que se obtendrían por los servicios que brindaría el sistema a los usuarios, para este análisis consideramos como potenciales usuarios a la población constituida por estudiantes principalmente entre la edad de 14 a 25 años, de los que se consideran solo el 20%

Con la información obtenida se construye un cuadro llamado Flujo de Caja, en el cual se registran los totales de ingresos, salidas y utilidades que se lograrían en cada año.

Sobre el cuadro anterior se aplican los cálculos desarrollados para este fin para encontrar los valores del VAN, TIR, B/C y Tiempo de recupero mostrados en la tabla 7.7.

## **CAPITULO VIII**

### **ASPECTOS DE SEGURIDAD**

El desarrollo de las nuevas tecnologías traen también consigo detalles a tener en cuenta con respecto a la seguridad.

Se presenta la problemática de tener que proteger dos infraestructuras diferentes: voz y datos.

Desafortunadamente, en los diseños de hardware para voz, software y protocolos, la seguridad no ha sido tomado muy en cuenta, pero esto es lo que siempre suele suceder cada vez que se desarrolla una nueva tecnología.

Una de las formas de protección es por medio de la encriptación, aunque lógicamente no es sencillo capturar y decodificar los paquetes de voz, la captura es posible. Sin embargo este procedimiento consume ancho de banda.

Existen múltiples métodos de encriptación o posibilidades de encriptación: VPN (Virtual Personal Network), el protocolo Isec (ip segura) y otros protocolos como SRTP (Secure RTP). La clave, de cualquier forma, es elegir un algoritmo de encriptación rápido, eficiente, y emplear un procesador dedicado de encriptación.

Otra forma de seguridad es mantener abiertos solo los puertos que sean realmente necesarios.

Los routers y switches deberían estar configurados adecuadamente, con acceso a las listas de control y a los filtros.

La disponibilidad de la red VoIP es otra de las preocupaciones. Una pérdida de potencia puede provocar que la red se caiga y los ataques DoS (Denied of service) son difíciles de contrarrestar. Aparte de configurar apropiadamente el router se deberá tener en cuenta que estos ataques no solo irán dirigidos a los servicios de datos, sino también a los de voz.

Por último, se emplea un Firewall y un IDS (Intrusion Detection System) para ayudar a proteger la red de voz. Los servidores de llamada están constantemente abriendo y cerrando puertos para las nuevas conexiones. Este elemento dinámico hace que su manejo sea más dificultoso.

Pero el costo está lejos de verse opacado por la cantidad de beneficios, por lo que es recomendable dedicar algo de tiempo perfeccionando los controles de acceso. Un IDS puede monitorizar la red para detectar cualquier anomalía en el servicio o un abuso potencial.

### **Vulnerabilidad de la red**

Los dispositivos de redes, los servidores y sus sistemas operativos, los protocolos, los teléfonos y el software administrador son todos vulnerables.

La información sobre una llamada es tan valiosa como el contenido de la voz.

Por ejemplo, una señal comprometida en un servidor puede ser usada para configurar y dirigir llamadas, utilizando una lista de entradas y salidas de llamadas, su duración y sus parámetros.

Usando esta información, un atacante puede obtener un mapa detallado de todas las llamadas realizadas en la red, creando grabaciones completas de conversaciones y datos de usuario.

La conversación es en sí misma un riesgo y el objetivo más obvio de una red VoIP.

Consiguiendo una entrada en una parte clave de la infraestructura, como una puerta de enlace de VoIP, un atacante puede capturar y volver a montar paquetes con el objetivo de escuchar la conversación. O incluso peor aún, grabarlo absolutamente todo, y poder retransmitir todas las conversaciones sucedidas en la red.

Las llamadas son también vulnerables al “secuestro”. En este escenario, un atacante puede interceptar una conexión y modificar los parámetros de la llamada. Este ataque puede causar bastante pavor, ya que las víctimas no notan ningún tipo de cambio. Las posibilidades incluyen la técnica de spoofing o robo de identidad, y redireccionamiento de llamada, haciendo que la integridad de los datos estén bajo un gran riesgo.

La enorme disponibilidad de las redes VoIP es otro punto sensible. En el PSTN, la disponibilidad era raramente un problema. Pero es mucho más sencillo hackear una red VoIP.

Todos estamos familiarizados con los efectos demoledores de los ataques de denegación de servicio. Si se dirigen a puntos clave de la red, podrían incluso destruir la posibilidad de comunicarse vía voz o datos.

Los teléfonos y servidores son blancos por sí mismos. Aunque sean de menor tamaño o nos sigan pareciendo simples teléfonos, son en base, ordenadores con software. Obviamente, este software es vulnerable con los mismos tipos de bugs o agujeros de seguridad que

pueden hacer que un sistema operativo pueda estar a plena disposición del intruso. El código puede ser insertado para configurar cualquier tipo de acción maliciosa.

Los riesgos que implican usar el protocolo VoIP no son muy diferentes de los que se pueden encontrar en las redes habituales de IP.

### **Resumen del capítulo.-**

La seguridad para este tipo de redes es similar a los considerados para las redes cableadas. El primer punto a tener en cuenta es el control de acceso. Hay que validar a usuarios para que puedan entrar a ciertas partes del sistema y no a otras. Para ello existen llaves de hardware que permiten ingresar a una red interna, o sistemas token o passwords variables con números aleatorios.

Otro aspecto crítico es la confidencialidad de la información, disponible sólo para personal autorizados. También es importante la autenticación, es decir, la validación del origen y destino del mensaje. Adicionalmente, hay cuidar la integridad, esto es, que nuestra información esté completa.

Siempre hay algún componente de seguridad que se puede instalar en las estaciones de trabajo, routers, firewalls dedicados con hardware y software apropiado.

También hay que hacer una gestión eficiente de la red, usuarios, recursos, configuración. Como complemento hay que contar con bitácoras de los cambios en el sistema, para saber quién los hizo y conocer los errores en la configuración del sistema.

## CONCLUSIONES

- 1) La integración de redes de voz y datos es beneficioso porque se reducen los costos debido a una estructura de apoyo único y la reducción de gastos en llamadas de larga distancia. Actualmente existen aplicaciones que proveen algunas grandes empresas dedicadas a este desarrollo de esta tecnología, como por ejemplo: ICW y V2L (Software propietario de aplicación de Cisco) permiten a los proveedores brindar mayores servicios al abonado y diferenciarse de otros proveedores existentes como Net2Phone (Software disponible en forma libre) o SJPhone (Software disponible en forma libre)
- 2) Un sistema que implemente la telefonía IP en gran escala requiere de un servidor que haga las funciones de administrador como son los centros de llamadas (denominado por Cisco) que ofrecen una buena integración de la red de voz y datos permitiendo un servicio más rápido al cliente y aplicaciones diversas adicionales.
- 3) Un sistema pequeño como el propuesto en este Informe, con aplicación a poblaciones rurales inicialmente puede operar sin este servidor. El proyecto propuesto, no considera aún la interconexión con la red pública de telefonía, lo cual haría aún mas rentable a este proyecto por la demanda existente del servicio telefónico nacional interconectado en las zonas rurales.
- 4) Para la implementación de esta facilidad se deberá tener en cuenta que para operar el sistema interconectado a la red PSTN , según las normas de regulación propuestas por el MTC, se requiere de una licencia de operador de telefonía de la misma forma que la convencional o como operador independiente de teléfonos públicos en zona rural, el cual autoriza a realizar la interconexión a la red pública de telefonía PSTN mediante líneas telefónicas a dos hilos.
- 5) Adicionalmente inscribirse como proveedor de servicio público de Valor añadido, le permite comercializar el servicio de acceso a internet a diversas instituciones, y ofrecer servicios adicionales como el desarrollo de página Web para información turística, financiera, comercial, o desarrollo de banco de datos educativos e informativos etc.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

1. Cisco Systems. “Fundamentos de Voz sobre IP” Jonathan Davidson & James Peters, 2001.
2. Behrouz A. Forouzan “Transmisión de datos y redes de Comunicaciones” Mc Graw Hill, 2001
3. Antonio Garcia “Guía completa de protocolos de telecomunicaciones” McGraw Hill, 2001
4. Andrew S. Tanenbaum “Redes de Computadoras” Pearson Prentice Hall, 2003
5. Regis J. Bud Bates “Comunicaciones inalámbricas de banda ancha” McGraw Hill, 2003
6. Stephen J. Bigelow “Localización de averías, reparación mantenimiento y optimización de Redes” Mc Graw Hill, 2002

### **LINKS A INTERNET.-**

1. [www.iec.org](http://www.iec.org)
2. [www.monografias.com](http://www.monografias.com).
3. [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
4. [www.osiptel.gob.pe](http://www.osiptel.gob.pe)
5. [www.dlink.com](http://www.dlink.com)
6. [www.vopirecursos.com](http://www.vopirecursos.com)