**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**



Comparación del desempeño de una centralita Asterisk VoIP en Ubuntu 12.04 y Fedora 19

**Asignatura:**

SEMINARIO DE TECNOLOGÍAS

**Docente:**

Ing. Edwin Carrasco Poblete

**Alumnos:**

Carlos Alberto Figueroa Quispe

Sheila Gabriela Gutiérrez Cayo

CUSCO – PERÚ

2014

CONTENIDO

[1. MARCO TEÓRICO 3](#_Toc378865899)

[1.1. VOIP Y TELEFONÍA CONVENCIONAL 3](#_Toc378865900)

[**1.1.1.** **Sistemas analógicos de telefonía tradicional** 3](#_Toc378865901)

[**1.1.1.1.** **FXS** 4](#_Toc378865902)

[**1.1.1.2.** **FXO** 5](#_Toc378865903)

[**1.1.2.** **Sistemas digitales de telefonía tradicional** 5](#_Toc378865904)

[**1.1.2.1.** **RDSI** 5](#_Toc378865905)

[**1.1.2.2.** **E1/T1** 5](#_Toc378865906)

[**1.1.3.** **Límites de la telefonía tradicional** 6](#_Toc378865907)

[**1.1.4.** **Calidad de Servicio de la Telefonía tradicional** 7](#_Toc378865908)

[**1.1.4.1.** **Parámetros de medición de evaluación** 8](#_Toc378865909)

[**1.1.4.1.1.** **Parámetros generales** 8](#_Toc378865910)

[**1.1.4.1.2.** **Parámetros de evaluación relacionados con las llamadas** 8](#_Toc378865911)

[**1.1.5.** **Servidores VoIP** 10](#_Toc378865912)

[**1.1.6.** **Terminales VoIP** 11](#_Toc378865913)

[**1.1.7.** **Ventajas y Desventajas de VoIP** 12](#_Toc378865914)

[**1.1.8.** **Códec VoIP** 13](#_Toc378865915)

[**1.1.8.1.** **G711 (u-law y a-law)** 14](#_Toc378865916)

[**1.1.8.2.** **G729A** 15](#_Toc378865917)

[**1.1.8.3.** **GSM** 15](#_Toc378865918)

[**1.1.8.4.** **iLBC** 16](#_Toc378865919)

[**1.1.8.5.** **G.722** 17](#_Toc378865920)

[**1.1.8.6.** **Speex** 17](#_Toc378865921)

[**1.1.9.** **Protocolos de Señalización VoIP** 18](#_Toc378865922)

[**1.1.9.1.** **H.323** 18](#_Toc378865923)

[**1.1.9.1.1.** **Componentes principales del sistema H.323** 18](#_Toc378865924)

[**1.1.9.1.2.** **Principales protocolos utilizados por H.323** 21](#_Toc378865925)

[**1.1.9.1.3.** **Fases de una llamada H.323** 21](#_Toc378865926)

[**1.1.9.2.** **SIP** 23](#_Toc378865927)

[**1.1.9.3.** **Confiabilidad** 30](#_Toc378865928)

[**1.1.9.4.** **IAX** 31](#_Toc378865929)

[**1.1.9.4.1.** **Principales diferencia entre IAX y SIP** 31](#_Toc378865930)

[**1.1.9.5.** **MGCP** 33](#_Toc378865931)

[**1.1.9.6.** **Cisco SCCP** 33](#_Toc378865932)

[1.2. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOIP 34](#_Toc378865933)

[**1.2.1.** **Métricas de evaluación de calidad de servicio en VoIP** 34](#_Toc378865934)

[**1.2.1.1.** **Latencia** 34](#_Toc378865935)

[**1.2.1.2.** **Eco** 35](#_Toc378865936)

[**1.2.1.3.** **Paquetes perdidos** 36](#_Toc378865937)

[**1.2.1.4.** **Jitter** 37](#_Toc378865938)

[**1.2.1.5.** **Ancho de Banda** 38](#_Toc378865939)

[**1.2.2.** **Métricas de Evaluación de una centralita** 39](#_Toc378865940)

[**1.2.3.** **Mejores prácticas para calidad de servicio** 40](#_Toc378865941)

[1.3. CENTRALITA TELEFÓNICA O PBX 42](#_Toc378865942)

[1.3.1. Centralitas telefónicas 42](#_Toc378865943)

[1.3.2. Centralitas VoIP 42](#_Toc378865944)

[1.3.3. ASTERISK 42](#_Toc378865945)

[**1.3.3.1.** **Sobre Asterisk** 42](#_Toc378865946)

[**1.3.3.2.** **Asterisk CLI** 43](#_Toc378865947)

[**1.3.3.3.** **Ventajas y Desventajas de Asterisk** 44](#_Toc378865948)

[1.4. DISTRIBUCIONES DE LINUX 45](#_Toc378865949)

[**1.4.1.** **Ubuntu** 45](#_Toc378865950)

[**1.4.1.1.** **Sobre Ubuntu** 45](#_Toc378865951)

[**1.4.1.2.** **Ubuntu 12.04 LTS** 45](#_Toc378865952)

[**1.4.2.** **Fedora** 46](#_Toc378865953)

[**1.4.2.1.** **Sobre Fedora** 46](#_Toc378865954)

[**1.4.2.2.** **Fedora 19** 47](#_Toc378865955)

[**1.4.3.** **Métricas de evaluación de un Sistema Operativo** 48](#_Toc378865956)

[**1.4.3.1.** **Benchmark** 48](#_Toc378865957)

[**1.4.3.2.** **Utilización de un benchmark** 48](#_Toc378865958)

[**1.4.3.3.** **Carga de trabajo** 48](#_Toc378865959)

[**1.4.3.4.** **Asignación de recursos y planificación** 49](#_Toc378865960)

[**1.4.3.5.** **Tiempo de ejecución de UCP** 50](#_Toc378865961)

[1.5. WANsim 50](#_Toc378865962)

[**1.5.1.** **Sobre WANsim** 50](#_Toc378865963)

[**1.5.2.** **Requerimientos** 51](#_Toc378865964)

[2. Bibliografía 52](#_Toc378865965)

# MARCO TEÓRICO

* 1. **VOIP Y TELEFONÍA CONVENCIONAL**
     1. **Sistemas analógicos de telefonía tradicional**

La RTB (red telefónica básica), fue creada para transmitir la voz humana, fue de tipo analógico tanto por la naturaleza de la información a transmitir y por la tecnología disponible en la época en que fue creada.

La aparición del sistema RDSI3 (Red Digital de Servicios Integrados), ha hecho que se prefiera utilizar la terminología RTB para la primitiva red telefónica, reservando las siglas RTC para las redes conmutadas de cualquier tipo[[1]](#footnote-1) (analógicas y digitales). RTC incluye la RTB y la moderna RDSI.

RTB es la línea que tenemos en el hogar, cuya utilización está enfocada hacia las comunicaciones mediante voz, pero cada vez se ha aumentado la popularidad de transmisión de datos por medio de fax o Internet.

Cada línea RTB tiene asignada una numeración específica (su dirección telefónica) y está físicamente construida por dos hilos metálicos, conocidos como par de cobre, que se extienden desde la central telefónica hasta la instalación del usuario o bucle de abonado[[2]](#footnote-2). Cada central atiende las líneas de usuario de un área geográfica determinada. A su vez, las centrales telefónicas están unidas entre sí por sistemas más complejos y basados en tecnología digital.

En los años 60 las centrales telefónicas, fueron transformando su tecnología analógica a digital, lo cual resolvió problemas, como la degradación de la señal de voz y la dificultad de manejar gran cantidad de llamadas.

También se quería hacer uso de tecnología digital en el bucle local pero, por motivos económicos, no se pudo. Finalmente, las centralitas telefónicas, mantienen el bucle local analógico, obteniendo beneficios de la telefonía digital a un precio razonable. Esto dio lugar a lo que se conoce como RDI (Red Digital Integrada).

La situación actual para la red de telefonía básica puede clasificarse como híbrida; lo normal es que la transmisión sea todavía analógica en los bucles de abonado de ambos extremos y digital en su tráfico entre centrales, lo que requiere una doble conversión: analógico-digital y digital analógico. Para la digitalización, la señal analógica es muestreada a 8.000 veces por segundo (8 KHz.). El valor de cada muestra puede ser un valor entre 0 y 255 (puede ser representado por 1 byte -octeto-) lo que supone un flujo de datos de 8 KB/s o 64 Kb/s, la cual se denomina calidad de sonido telefónico.[[3]](#footnote-3)

La tecnología RDSI o analógica, es requerida tanto como en un enlace desde nuestro hogar hasta por la central telefónica de nuestra zona. Es por ello que es importante conocer los dos tipos de conexiones telefónicas analógicas existentes; FXS y FXO.

* + - 1. **FXS**

La interfaz ***Foreign eXchange Subscriber*** (FXS) es el puerto por el cual el usuario accede a la línea telefónica, ya sea de la compañía telefónica o de la central de la empresa; es decir, provee el servicio al usuario final, por lo tanto son encargados de:

* Proporcionar tono de marcado.
* Suministrar tensión (y corriente) al dispositivo final.
  + - 1. **FXO**

La interfaz ***Foreign eXchange Office*** (FXO) es el puerto por el cual se recibe a la línea telefónica. Cumplen la funcionalidad de enviar una indicación de colgado o descolgado conocida como cierre de bucle, como resumen se quiere destacar que dos puertos se pueden conectar entre sí con la condición de ser de distinto tipo, es decir, FXO y FXS son siempre pareja (similar a un enchufe macho/hembra).

* + 1. **Sistemas digitales de telefonía tradicional**
       1. **RDSI**

Los trabajos de desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI - Integrated Services Digital Network) comenzaron en la década de 80 pero fue comercializada a inicio de los años 90. Se esperaba que la RDSI pudiera revolucionar la industria de las comunicaciones telefónicas como hoy día se espera que lo pueda hacer la VoIP.

Aunque las compañías telefónicas pusieron mucho empeño en extenderlo al mayor número de lugares posibles, RDSI fue un fracaso debido a que todo lo que prometía no se pudo llevar a cabo. La RDSI permite que en una línea coexistan múltiples canales, pudiendo contener cada uno de ellos datos, (canales B) o señalización (canales D). Además la RDSI no se limita sólo a la transmisión de voz. Cada canal tiene un ancho de banda de 64 Kbps, de forma que pueden emplearse canales B y D para la transmisión de datos.[[4]](#footnote-4) Esta característica hace que la RDSI sea más flexible frente a la que poseen las líneas RTB ya que los canales pueden ser reconfigurados sobre la marcha para que transmitan voz o datos.

* + - 1. **E1/T1**

Un T1 es un acceso digital que dispone de 24 canales, pudiéndose realizar en todos los canales, menos en uno, una llamada. Mientras que el T1 es muy común en Estados Unidos y Japón, en Europa se emplea con mayor frecuencia el E1 que dispone de 32 canales en vez de 24.

Los accesos T1 y los accesos E1 tienen que señalizar las llamadas de alguna manera, esto lo consiguen mediante lo que se conoce como Señalización por Robo de Bit, es decir que cada cierto tiempo se usa un bit de cada canal para así señalizar y enviar información a través de la línea T1 o mediante multiplexación del bit en un canal común[[5]](#footnote-5), lo que se emplea en todo en Europa.

* + 1. **Límites de la telefonía tradicional**

Las capacidades de la red telefónica pública conmutada (PSTN) son en gran medida proporcional a sus conexiones físicas, porque cada llamada debe tener un circuito creado a principios de la llamada y terminado al final. Pero existen algunas limitaciones asociadas con su naturaleza “conmutación de circuitos”.

Las nuevas características se pueden tomar un tiempo para desplegarse en las empresas de telefonía ya que tomó muchos años para mejorar los interruptores de la oficina central para admitir características como la llamada en espera y llamadas de a tres. Incluso algunas partes de la PSTN todavía no son compatibles con el identificador de llamadas.

Los límites de capacidad son otro reto de ingeniería en redes de telefonía tradicionales. La constancia de reproducción de sonido de una llamada se limita a la anchura de banda disponible entre la persona que llama y el destinatario; y el número máximo de llamadas entre dos oficinas está limitado a la disponibilidad de circuitos de voz que existen entre ellos, el problema planteado para una empresa es los costos: a todos los circuitos PSTN utilizados por la empresa se le suma a sus gastos de telecomunicaciones.

Las compañías telefónicas y proveedores de equipos de teléfono han dado grandes pasos para identificar y resolver los problemas de capacidad y costo. Los circuitos digitales de alta densidad como T1 y T3s han traído el costo de la telefonía de alta densidad hacia abajo, y funciones de la central tales como enrutamiento de menor coste (LCR) permite a la empresa reducir al mínimo su larga distancia llamando a los gastos.

En un momento, las funciones de telefonía se consideraron una ventaja competitiva. Dado que las empresas que las adoptaban, se convirtieron en una parte del costo de hacer negocios, y los usuarios comenzaron la búsqueda de un nuevo paradigma de la telefonía.

Las redes IP siempre han tenido ventaja sobre la red tradicional de voz pública, ya que su software utiliza componentes de hardware estándar, como computadoras o PCs de bajo costo[[6]](#footnote-6). Lo que significa que cuando las actualizaciones de hardware son necesarios, pueden ser adquiridos a menos costo; a diferencia de las PBX tradicionales, que las actualizaciones de hardware en redes IP intrínsecamente mejoran la productividad del software y permiten más capacidad. Generalmente, la capacidad es más fácil de escalar en las redes IP que en las redes de conmutación de circuitos como la PSTN.

* + 1. **Calidad de Servicio de la Telefonía tradicional**

La calidad de servicio es definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio.

Relacionando las distintas funciones de un servicio, se pueden determinar un conjunto de parámetros observables y capaces de ser medidos, de proporcionar una representación objetiva y comparable de la calidad de servicio entregada al usuario.

Este conjunto de parámetros ha sido elaborado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) con la colaboración de operadores y usuarios, para su elaboración se ha procurado que dichos parámetros sean útiles y fácilmente comprensibles por el público, orientándolos a la medida de la calidad de servicio de extremo a extremo de la comunicación y desde la vista del usuario final.

* + - 1. **Parámetros de medición de evaluación** 
         1. **Parámetros generales**

Tiempo de suministros de accesos a la red fija

Porcentaje de problemas en los procedimientos de portabilidad numérica

Porcentaje de avisos de averías por línea de acceso fijo para el servicio telefónico fijo

Tiempo de reparación de averías para líneas de acceso fijo para el servicio telefónico fijo.

Porcentaje de avisos de averías por línea de acceso fijo para el servicio de acceso a Internet

Tiempo de reparación de averías para líneas de acceso fijo para el servicio de acceso a Internet

Tiempo de respuesta para los servicios de consulta de directorio

* + - * 1. **Parámetros de evaluación relacionados con las llamadas**

**Porcentaje de llamadas fallidas extremo a extremo**

Es la relación entre el número total de llamadas fallidas y el número total de intentos válidos de llamada[[7]](#footnote-7) observados durante el tiempo al que se refiere la medida. Para este parámetro se facilitan mediciones separadas en relación con:

* Llamadas a fijos nacionales
* Llamadas internacionales y
* Llamadas a móviles nacionales.

Esta medición se realiza a través de la observación de una muestra suficientemente significativa del tráfico real en el tiempo del objeto de la medición.

**Tiempo de establecimiento de llamada**

Es el intervalo de tiempo que comienza cuando la información de dirección requerida para establecer la llamada es recibida por la red[[8]](#footnote-8), y acaba cuando en la parte llamante se recibe tono de ocupado, tono de llamada o señal de respuesta. Para este parámetro se facilitan mediciones separadas en relación con el tiempo medio de establecimiento de:

* Llamadas a fijos nacionales
* Llamadas internacionales y
* Llamadas a móviles nacionales.

**Calidad de la conexión de voz**

Este parámetro proporciona una estimación representativa de la calidad de la conexión de voz proporcionada por la red en condiciones normales de funcionamiento[[9]](#footnote-9). Se obtiene a partir de la información de diseño de la red aplicando el Modelo-E, que es un conjunto de algoritmos para la predicción de la satisfacción de los usuarios con la calidad de voz de la conversación (bidireccional interactiva), mediante el cual se calcula un factor R en un rango de 0 a 100.Según este valor se establecen las siguientes categorías de calidad de voz:

* La mejor (R>90)
* Alta (R entre 80 y 90)
* Media (R entre 70 y 80)
* Baja (R entre 60 y 70)
* Mediocre (R entre 50 y 60)

El valor máximo alcanzable del factor R viene limitado por las características de los terminales habitualmente utilizados por los usuarios.

* + 1. **Servidores VoIP**

Servidores de VoIP, que son dispositivos basados ​​en software que dirigen o participan en las conversaciones de voz sobre IP de datos[[10]](#footnote-10) con el fin de facilitar la llamada y otras aplicaciones de VoIP, por lo general se conecta a la red usando Ethernet.

Cumplen las funciones de telefonía como:

* Conmutación de llamadas y gestión de la conexión, como una PBX tradicional. Un servidor de VoIP en este papel por lo general se llama softPBX.
* Llame a las funciones de grabación y operadora automática, como un mensaje de voz tradicional sistema.
* Llamada en conferencia, como un servicio de teleconferencia tradicional.
* Acceso de interfaz, de manera que los teléfonos tradicionales PBX y pueden participar en el Red de VoIP a través de la conversión de medios.
* Traducción de las normas de codificación de audio (codecs) en tiempo real para facilitar las llamadas entre los puntos finales que tienen diferentes capacidades de audio o analógico, digital, y puntos terminales IP.

Lo que diferencia a los servidores de VoIP de puntos finales de voz es que ofrecen una interfaz de usuario para la aplicación de telefonía.[[11]](#footnote-11)

* + 1. **Terminales VoIP**

Los puntos finales que son TCP / IP conscientes, que son anfitriones válidos en la red IP y conectarse directamente a un enlace de datos que transporta el TCP / IP (como Ethernet) son por lo general llamados teléfonos IP.

Los teléfonos IP se asemejan a los teléfonos de negocios de características enriquecidas, pero difieren ya que por lo general tienen un par trenzado de conexión Ethernet RJ45 en vez de una conexión analógica o digital de bucle[[12]](#footnote-12); pueden ser conectados directamente a una red Ethernet hub o switch con un cable de conexión o mediante una distribución de cableado a enmarcar como las que se encuentran en muchas oficinas. Por lo general, los teléfonos IP tienen un auto negociación 10/100BaseT interfaz, como un adaptador Ethernet de PC de escritorio.

Las aplicaciones de voz que se ejecutan en un teléfono IP facilitan llamar de una manera similar a un teléfono tradicional, pero la mecánica de la señalización de llamadas y transmisión de voz son mundos totalmente diferente al del mundo de la telefonía de la vieja escuela.

* + 1. **Ventajas y Desventajas de VoIP**
       1. **Ventajas**
  + Aumenta el valor de Internet mediante su uso para comunicaciones de voz.
  + La integración de la telefonía con aplicaciones de computadora es más fácil que con los sistemas tradicionales de voz.
  + Los ajustes de VoIP y la gestión de llamadas es más abierto y estandarizado por el software.
  + Los dispositivos de VoIP son fáciles y baratos de mantener, aprovechan la red de datos en lugar de su propia red de voz.
  + Permite un control administrativo más centralizado que una PBX tradicional.
  + Una red VoIP se realiza utilizando la misma red que transporta la información de voz en sí, a diferencia de la PSTN con su protocolo de SS7.
  + Supervivencia en caso de desastres y caídas ya que la red es más fácil de lograr con TCP / IP que con los sistemas tradicionales de voz, debido a su base en el software y las medidas de resistencia notable TCP / IP y protocolos de enrutamiento.
  + Gran parte de su equipo telefónico existente puede interactuar con los sistemas de VoIP utilizando adaptadores de terminales analógicos, o ATA.
  + Aprovisionamiento físico: Mientras que un PBX requiere una red de electricidad (alambre de cobre y bucles); VoIP solo requiere de una red IP. Desde IP las redes son un elemento básico de toda empresa moderna, la logística de la construcción de una red de para voz se simplifica en gran medida porque los elementos físicos requeridos ya están en lugar para otras aplicaciones comunes de negocios: bases de datos, mensajería, acceso a Internet, y así sucesivamente. VoIP se realiza en la red de la misma manera que son[[13]](#footnote-13).
    - 1. **Desventajas de VoIP**
  + VoIP requiere de una conexión eléctrica, en caso de un corte eléctrico los teléfonos VoIP dejan de funcionar necesitan una conexión eléctrica y no con cable de teléfono.
  + VoIP requiere de una conexión de banda ancha, la banda ancha que hay hogares que tienen conexiones por modem, no es suficiente para mantener una conversación fluida con VoIP.
  + VoIP utiliza una conexión de red, la calidad del servicio se ve afectado por la calidad de esta línea de datos, es decir que se puede ver afectada por problemas como la alta latencia o la perdida de paquetes.
  + VoIP es susceptible a virus, gusanos y hacking, pero estos ataques son raros y se está trabajando en la encriptación para solucionar este tipo de problemas.
  + VoIP se puede verse afectada por la PC, si un CPU se abre un programa que utiliza el 100% de la capacidad, este caso afecta la calidad de la comunicación VoIP porque el procesador se encuentra trabajando a tiempo completo.
  + Una red de VoIP puede ser tan extensible que las garantías de nivel de servicio son difíciles de hacer; además, una red de voz con conmutación de circuitos tradicional tiene límites de capacidad de disco, donde los niveles de servicio a la tolerancia se puede garantizar fácilmente.
    1. **Códec VoIP**

Un códec (codificador/decodificador) convierte señales análogas a un bitstream digital, y otro códec idéntico en el final lejano de la comunicación convierte el bitstream digital nuevamente dentro de una señal análoga.

Un Códec proporciona generalmente una capacidad de la compresión a la anchura de banda de ahorro de la red. Algunos codecs también apoyan la supresión del silencio, donde el silencio no se codifica ni se transmite.

Se utiliza para convertir la voz en datos (digital) y viceversa; a mayor compresión, mayor distorsión. El Códec para el uso de VoIP también se refiere como vocoders, para los codificadores de la voz[[14]](#footnote-14).

La mayoría de los codecs usados en redes de VoIP se han definido en las recomendaciones del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones UIT-T perteneciente a la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT.

* + - 1. **G711 (u-law y a-law)**

Es otro nombre en VoIP para la modulación por PCM (Pulse Code Modulation). Este es un codec de alto consumo de ancho de banda (64kbps), y que realmente no utiliza técnicas de compresión para la voz, ofreciendo así la máxima calidad en comparación con cualquier otro codec de audio utilizado en VoIP. Es fácil apreciar que sus 64kbps corresponden a un canal de voz ISDN B, por lo que puede esperarse la misma calidad que la de una línea telefónica digital.

Es un estándar de la ITU, y su uso es tan común que prácticamente todos los dispositivos comerciales de comunicación para VoIP en el mercado lo soportan, a pesar de su enorme consumo de ancho de banda.

La ventaja además de su calidad, es que evita la compresión por lo que es el códec más económico en cuanto a recursos de procesamiento se refiere. Es de común práctica utilizarlo para comunicación entre terminales dentro de la misma LAN, pues la facilidad del proceso de las llamadas y la calidad adicional son beneficios que no se equiparan al consumo adicional de ancho de banda, el cual, en una LAN, suele ser muy grande.

* + - 1. **G729A**

Se trata de otro codec de consumo muy reducido de ancho de banda, oscilando por los 8kbps, pero con un gran soporte por parte de dispositivos comerciales, utilizándolo normalmente como el estándar en cuanto a codecs de bajo consumo se refiere[[15]](#footnote-15).

Utiliza una técnica conocida como CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction), la cual reduce el tamaño de la señal de entrada en una razón de 8:1 (de ahí que su consumo sea de 8kbps vs. Los 64kbps usuales de un canal de voz).

Su calidad se asemeja a GSM y muchas veces cumple con los requerimientos necesarios para sostener una conversación de manera conveniente en un teléfono, aunque a diferencia de iLBC, no ofrece un buen soporte contra degradación ocasionada por retraso o pérdidas de paquetes.

Otra de sus grandes desventajas, es que se trata de un codec propietario, por lo que su implementación y uso requiere de licencia.

* + - 1. **GSM**

El acrónimo viene de Global System for Mobile communication (Sistema Global para comunicación móvil), el cual es un sistema de comunicación celular por sí mismo pero posee su propio codec, por lo que cuando se habla del tema simplemente se refiere uno a él como GSM.

El codec GSM original es conocido como RPE-LTP: Regular Pulse Excitation Long-Term Prediction, o bien, Excitación por pulsos regulares con predicción a largo plazo[[16]](#footnote-16). Este codec utiliza información de muestras previas para poder predecir la muestra actual. La señal de voz es dividida en bloques de 20 ms, los cuales son pasados al codec para su compresión. Los paquetes de voz son bloques de 260bits, y al comparar con los intervalos de muestreo para los bloques, obtenemos que el ancho de banda consumido por este codec es del orden de los 13.3kbits.

* + - 1. **iLBC**

Sus siglas provienen de Internet Low Bitrate Codec (codec de Internet de bajo bitrato). Se trata de un codec Open Source libre y gratuito.

Está diseñado para trabajar con anchos de banda muy reducidos, los cuales dependen del tamaño de muestra utilizada (20 o 30ms). Trabajando con bloques de 20ms, su consumo de ancho de banda es de apenas 15.20 kbps (303 bits empaquetados en 38 bytes), mientras que con 30ms, se reduce aún más llegando a los 13.33 kbits (399 bits en 50 bytes).

Una de las características importantes que a calidad se refieren, es que este codec permite degradación suave de la voz ocasionada por pérdida o retraso de paquetes. La degradación suave se logra con una extra/interpolación de los paquetes faltantes, permitiendo así que su uso sea sumamente apto para tráfico de VoIP.

Entre sus desventajas es necesario nombrar que es un codec reciente, por lo que su soporte en dispositivos comerciales es muy reducido (entre las firmas importantes de fabricantes de equipo VoIP, solamente Grandstream soporta su uso). Otra desventaja, es que su complejidad y reducido consumo de ancho de banda requiere una cantidad importante de procesamiento, por lo que mantener numerosas llamadas concurrentes con este codec puede ocasionar el agotamiento de ciclos del procesador fácilmente.

* + - 1. **G.722**

Códec desarrollado para emplearse en videoconferencias ISDN (Integrated Service Digital Network). Además, el G.722 fue el primer códec de voz para banda ancha en ser normalizado por ITU-T. Mediante el muestreo de la señal de voz a 16 KHz, G.722 puede proporcionar más del doble de información de voz codificada. Lo cual brinda una mejor calidad en lo que respecta a la voz, mucho mejor que la que se brinda en banda estrecha.

* + - 1. **Speex**

Es un codec Open Source, no patentado, específicamente diseñado para tratar con la conversión de voz a datos.

Es creado a partir de un proyecto que busca reducir la barrera de la conversión hacia tecnologías VoIP mediante la provisión de una alternativa a los caros codecs propietarios[[17]](#footnote-17). Además, Speex está bien adaptado a las aplicaciones de Internet y provee características útiles que no se encuentran en otros codecs.

Speex se basa en CELP y ofrece rangos de ancho de banda desde 2 hasta 44kbps. Entre sus características se tienen 3 diferentes formatos: banda angosta (8khz), banda ancha (16 khz) y banda ultra-ancha (32 khz), codificación en estéreo, tratado de paquetes perdidos, uso de bit rate variable, transmisión discontinua, detección de actividad de voz (no transmite cuando no hay voz presente).

* + 1. **Protocolos de Señalización VoIP**
       1. **H.323**

El estándar H.323 es un conjunto de normas y protocolos recomendado por el ITU-T (International Telecommunication Union) diseñado para permitir transmisiones multimedia en LANs basadas en el protocolo IP[[18]](#footnote-18). Fue rápidamente adoptado por fabricantes de equipos para transmitir voz y videoconferencia sobre IP ya que define un modelo básico de llamada con servicios suplementarios (convergencia de voz, vídeo y datos en una sola red) y surgió en el momento adecuado.

Sus principales características son:

* + No garantiza una calidad de servicio (QoS)
  + Es independiente de la topología de la red
  + Admite pasarelas
  + Permite usar más de un canal (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo.
  + El estándar permite que las empresas añadan funcionalidades, siempre que implementen las funciones de interoperabilidad necesarias.
    - * 1. **Componentes principales del sistema H.323**

**Terminales**

Un terminal es un extremo de la red que proporciona comunicaciones bidireccionales en tiempo real con otro terminal, con una pasarela (gateway) o con una unidad de control multipunto (MCU)[[19]](#footnote-19). Esta comunicación consta de señales de control, indicaciones, audio, vídeo y/o datos entre los dos terminales. Conforme a la especificación, un terminal debe proporcionar audio (voz) y opcionalmente puede proporcionar más canales de audio (por ejemplo para emitir en varios idiomas), datos o vídeo. Además del códec de audio puede disponer de un códec específico para voz humana.

Se pueden implementar tanto por software (mediante un ordenador) como por hardware (dispositivo físico).

Un terminal H.323 consta de:

* + Interfaces de usuario: cámaras, monitores, micrófonos, aplicaciones de datos, Códecs de vídeo (opcional) y audio.
  + Canal de datos.
  + Unidad de control que gestiona de los protocolos RAS, H.245 y H.225.
  + Capa H.225 para definición de mensajes.
  + Interfaz con la red por paquetes

**Guardianes (GateKeepers)**

Son el centro de toda organización VoIP y son el equivalente a las centralitas privadas o PBX (Private Branch eXchange). Normalmente se implementan por software.

La función del guardián es gestionar una “zona de control” que consiste en un conjunto de equipos registrados (terminales, pasarelas y MCUs).[[20]](#footnote-20) Para las comunicaciones entre el guardián y los equipos de su zona se utiliza el protocolo RAS (Registro, Admisión, Situación).

Las funciones principales del guardián son:

* Gestión de la zona.
* Traducción de direcciones E.164.
* Gestión del ancho de banda.

**Pasarelas (Gateways)**

Es un extremo que proporciona comunicaciones bidireccionales en tiempo real entre terminales de la red IP y otros terminales o pasarelas en una red conmutada. Además de realizar la conversión de protocolo puede realizar opcionalmente una conversión de formatos de audio y vídeo (transcodificación).

Un ejemplo de pasarela (y guardián) es Asterisk (es tanto pasarela como PBX completo tanto para H.323 como SIP).

**Unidades de Control Multipunto (MCUs)**

Se encargan de gestionar las multi-conferencias.

Para conectar dos o más terminales, realizar una llamada o un vídeo-conferencia, hace falta una Unidad de Control Multipunto (MCU).[[21]](#footnote-21)

Una MCU comprende dos unidades lógicas:

* **Controlador Multipunto (MC: Multipunto Controller):** gestiona las conexiones y se encarga de realizar la negociación entre los terminales para determinar las capacidades comunes para el proceso de audio y vídeo.
* **Procesador Multipunto (MP: Multipunto Processor):** mezcla, conmuta y procesa los diferentes canales de audio, vídeo y/o datos y los enviar a los participantes.

Las MCUs no son la única forma de realizar conferencias multipunto. Una alternativa muy interesante la constituye el uso de transmisión multicast.

* + - * 1. **Principales protocolos utilizados por H.323**
* **RAS (Registro, Admisión, Situación):** Se utiliza sólo en zonas que tengan un guardián para la gestión de la zona de control del mismo.
* **H.225:** Mensajes de establecimiento y finalización de llamada entre terminales o con el guardián.
* **H.245:** Mensajes de control extremo a extremo. Negociación de las capacidades de ancho de banda de la apertura y cierre de los canales lógicos de los codecs y mensajes de control de flujo.
* **RTP/RTCP (Real-Time Transport Protocol / Real-Time Transport Control Protocol):** Transporte punto a punto de datos en tiempo real.
  + - * 1. **Fases de una llamada H.323**

**Establecimiento**

En esta fase lo primero que se observa es que uno de los terminales se registra en el gatekeeper utilizando el protocolo RAS (Registro, admisión y estado) con los mensajes ARQ y ACF.

Posteriormente utilizando el protocolo H.225 se manda un mensaje de SETUP para iniciar una llamada H.323. Entre la información que contiene el mensaje se encuentra la dirección IP, puerto y alias del llamante o la dirección IP y puerto del llamado.

El terminal llamado contesta con un CALL PROCEEDING advirtiendo del intento de establecer una llamada.

En este momento el segundo terminal tiene que registrarse con el gatekeeper utilizando el protocolo RAS de manera similar al primer terminal.

El mensaje ALERTING indica el inicio de la fase de generación de tono; y por último CONNECT indica el comienzo de la conexión.

**Señalización De Control**

En esta fase se abre una negociación mediante el protocolo H.245 (control de conferencia), el intercambio de los mensajes (petición y respuesta) entre los dos terminales establecen quién será maestro y quién esclavo, las capacidades de los participantes y codecs de audio y video a utilizar. Como punto final de esta negociación se abre el canal de comunicación (direcciones IP, puerto).

**Audio**

Los terminales inician la comunicación y el intercambio de audio (o video) mediante el protocolo RTP/RTCP.

**Desconexión**

En esta fase cualquiera de los participantes activos en la comunicación puede iniciar el proceso de finalización de llamada mediante mensajes Close Logical Channel y End Session Comand de H.245. Posteriormente utilizando H.225 se cierra la conexión con el mensaje RELEASE COMPLETE

Por último se liberan los registros con el gatekeeper utilizando mensajes del protocolo RAS.

* + - 1. **SIP**

SIP es un protocolo de internet o también llamado el Protocolo de inicio de sesión desarrollado por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF), creado para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario[[22]](#footnote-22). SIP utiliza y se aprovecha de la arquitectura de internet y de otros protocolos, principalmente se basa en el conjunto de protocolos TCP/IP.

Como su nombre lo indica, el protocolo permite que dos puntos finales puedan establecer sesiones multimedia entre sí. Las principales funciones de señalización del protocolo son los siguientes:

* + Localización de un punto final.
  + Ponerse en contacto con un punto final para determinar la voluntad de establecer un período de sesiones.
  + Intercambio de información de los medios para permitir una sesión que se establezca.
  + Modificación de las sesiones de medios existentes.
  + Desmontaje de sesiones de medios existentes.

SIP también ha sido extendido para brindar información de presencia (on-line/off-line status) y brindar información sobre la ubicación como el contenido de una lista de contactos en sesiones de mensajería instantánea. Estas funciones incluyen:

* + Publicar y carga la información de presencia.
  + Presencia y notificación de otros eventos.
  + Transporte de mensajes instantáneos.

Aunque algunos de los ejemplos tratan a SIP desde una perspectiva telefónica, hay muchos ejemplos que tratan sobre usos no-telefónicos de SIP.

* + - * 1. **Capa de aplicación de los protocolos Multimedia de Internet**

La *Ilustración 3* muestra las cinco capas multimedia Internet pila de protocolos.

La capa superior es la capa de aplicación. Esta incluye protocolos de señalización como SIP y los medios de comunicación, tales como protocolos de transporte en tiempo real (RTP). En esta capa también entraría el protocolo H.323, que es una alternativa de protocolo de señalización SIP desarrollada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

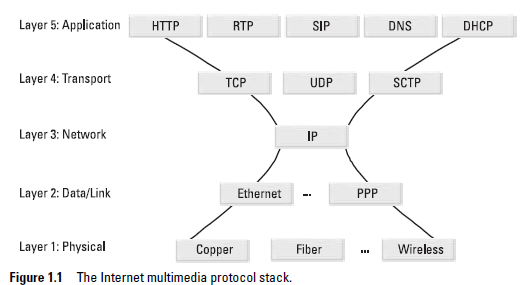


Ilustración 1: The Internet multimedia protocol stack

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 34

* + - * 1. **Ejemplo de establecimiento de sesión con SIP**

La Ilustración 4 muestra el intercambio de mensajes SIP entre dos dispositivos compatibles con SIP.

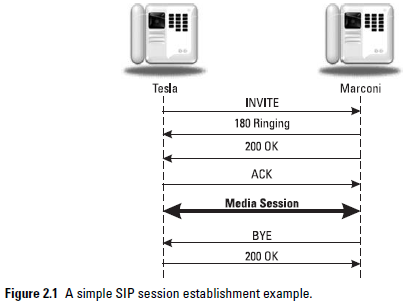


Ilustración 2: A simple SIP sesión establishment example

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 55

Los dos dispositivos podrían ser teléfonos SIP, los clientes de telefonía que se ejecutan en un ordenador portátil o PC (conocido como softclients), PDAs, o teléfonos móviles. Ambos dispositivos deben estar conectados a una red IP como Internet, donde cada uno de los dispositivos conoce la dirección IP de los otros dispositivos.

El originador de la llamada, Tesla, comienza el intercambio de mensajes mediante el envío de un mensaje SIP INVITE al destinatario de la llamada, Marconi. El INVITE contiene los detalles de la reunión, o bien el tipo de llamada que se solicita. Podría ser una simple sesión de voz, una sesión multimedia tales como una videoconferencia, o podría ser una sesión de juego.

***INVITE sip:****marconi@radio.org SIP/2.0*

***Via:*** *SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060; branch=z9hG4bKfw19b*

*Max-Forwards: 70*

***To:*** *G. Marconi <sip:Marconi@radio.org>*

***From:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>;tag=76341*

***Call-ID:*** *123456789@lab.high-voltage.org*

***CSeq:*** *1 INVITE*

***Subject:*** *About That Power Outage...*

***Contact:*** *<sip:n.tesla@lab.high-voltage.org>*

***Content-Type:*** *application/sdp*

***Content-Length:*** *158*

***v=****0*

***o=****Tesla 2890844526 2890844526 IN IP4 lab.high-voltage.org*

***s=****Phone Call*

***c=****IN IP4 100.101.102.103*

***t=****0 0*

***m=****audio 49170 RTP/AVP 0*

***a=****rtpmap: 0 PCMU/8000*

Ilustración 3: Ejemplo de inicio de Sesion del Protocolo SIP

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag.55

|  |  |
| --- | --- |
| **SDP Parameter** | **Parameter Name** |
| v=0 | Version number |
| o=Tesla 2890844526 2890844526 IN  IP4 lab.high-voltage.org | Origin |
| s=- | Call subject |
| c=IN IP4 100.101.102.103 | Connection |
| t=0 0 | Time |
| m=audio 49170 RTP/AVP 0 | Media |
| a=rtpmap: 0 PCMU/8000 | Attributes |

Tabla 1: Ejemplo de datos SDP

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag.58

La señal de ringing tiene la siguiente estructura:

Ilustración 4: Estructura de señal ringing

Fuente: SIP: Understanding the session initiation protocol pág. 34

***SIP/2.0 180 Ringing***

***Via****: SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060****;***

***Branch=****z9hG4bKfw19b;*

***Received=****100.101.102.103*

***To:*** *G. Marconi <sip:marconi@radio.org>;tag=a53e42*

***From:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>>;tag=76341*

***Call-ID:*** *123456789@lab.high-voltage.org*

***CSeq:*** *1 INVITE*

***Contact****: <sip:marconi@tower.radio.org>*

***Content-Length:*** *0*

El cuerpo de mensaje 200 OK contiene la información de media de Marconi:

Ilustración 5: Cuerpo de mensaje

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 59

***SIP/2.0 200 OK***

***Via:*** *SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060; branch=z9hG4bKfw19b*

***; received=****100.101.102.103*

***To:*** *G. Marconi <sip:marconi@radio.org>****;tag=****a53e42*

***From:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>****;tag=****76341*

***Call-ID:*** *123456789@lab.high-voltage.org*

***CSeq****: 1 INVITE*

***Contact:*** *<sip:marconi@tower.radio.org>*

***Content-Type:*** *application/sdp*

***Content-Length:*** *155*

***v=****0*

***o=****Marconi 2890844528 2890844528 IN IP4 tower.radio.org*

***s=****Phone Call*

***c=****IN IP4 200.201.202.203*

***t=****0 0*

***m=****audio 60000 RTP/AVP 0*

***a****=rtpmap****: 0*** *PCMU/8000*

El último paso es la confirmación o “acknowledgement” que Tesla ha recibido con éxito la respuesta de Marconi:

Ilustración 6: confirmación de mensaje  
 Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 60

***ACK sip:****marconi@tower.radio.org SIP/2.0*

***Via:*** *SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060;* ***branch****=z9hG4bK321g*

***Max-Forwards:*** *70*

***To****: G. Marconi <sip:marconi@radio.org>****;tag=****a53e42*

***From:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>;****tag=****76341*

***Call-ID:*** *123456789@lab.high-voltage.org*

***CSeq:*** *1 ACK*

***Content-Length:*** *0*

La solicitud de BYE Contiene los siguientes campos:

Ilustración 7: Solicitud de BYE

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 59

***BYE sip:****n.tesla@lab.high-voltage.org SIP/2.0*

***Via:*** *SIP/2.0/UDP tower.radio.org:5060****; branch=****z9hG4bK392kf*

***Max-Forwards:*** *70*

***To:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>****;tag=****76341*

**From**: G. Marconi <sip:marconi@radio.org>;tag=a53e42

**Call-ID:** 123456789@lab.high-voltage.org

**CSeq**: 1 BYE

**Content-Length:** 0

La respuesta a la confirmación BYE es un 200 OK:

Ilustración 8: Respuesta de confirmación BYE

Fuente: SIP: Understanding the sesión initiation protocol pag. 60

***SIP/2.0 200 OK***

***Via:*** *SIP/2.0/UDP tower.radio.org:5060; branch=z9hG4bK392kf*

***; received=****200.201.202.203*

***To:*** *Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>****;tag=****76341*

***From:*** *G. Marconi <sip:marconi@radio.org>;****tag=****a53e42*

***Call-ID:*** *123456789@lab.high-voltage.org*

***CSeq:*** *1 BYE*

***Content-Length:*** *0*

* + - 1. **Confiabilidad**

SIP tiene mecanismos de confiabilidad definidos, que permiten el uso de protocolos no fiables de transporte tales como UDP. Cuando SIP utiliza el TCP o TLS, estos mecanismos no se utilizan, puesto que se asume que TCP retransmitirá el mensaje si se pierde e informara al cliente si el servidor es inalcanzable.

Para transporte SIP usando UDP, existe siempre la posibilidad de pérdida de mensajes o recibidos fuera de secuencia, porque UDP garantiza solamente que el datagrama no tiene errores. Los mecanismos de confiabilidad en SIP incluyen:

• Contadores de tiempo de retransmisión

• Aumento de la secuencia de comando CSeq

• Reconocimientos positivos

* + - 1. **IAX**

El protocolo IAX (del inglés Inter-Asterisk Exchange protocol) fue diseñado para conmutadores virtuales especialmente el Asterisk para protocolo abierto, es decir, que se puede descargar y desarrollar libremente. Este protocolo ha sido desarrollado para solucionar problemas de NAT (Network Address Translation) y mejorar el trunking entre sistemas basados en este protocolo. En las comunicaciones basadas en IAX, Asterisk puede operar de dos formas diferentes:

* + **Servidor:** Asterisk admite registros de clientes IAX, pudiendo ser estos clientes Hardware, Software u otros Asterisk.
  + **Cliente:** Asterisk puede registrarse en otros Asterisk o en operadores IP que utilicen este protocolo.

Una llamada de IAX se divide en tres partes:

* + Establecimiento de la llamada
  + Flujo de datos o flujo de audio
  + Liberación de la llamada
    - * 1. **Principales diferencia entre IAX y SIP**
  1. El protocolo IAX utiliza menor ancho de banda que SIP, ya que los mensajes son codificados de forma binaria, mientras que en SIP son mensajes de texto, así mismo intenta reducir al máximo la información de las cabeceras de los mensajes reduciendo de manera significativa el ancho de banda.
  2. El tráfico de voz en IAX es transmitido dentro de banda (in-band), mientras que SIP utiliza una cadena RTP fuera de banda (out-of-band) para entregar la información.
  3. En IAX la señalización y los datos viajan conjuntamente, con lo cual se evitan los problemas de traducción de direcciones de red (NAT), que frecuentemente aparecen en SIP en el flujo de audio cuando este debe superar los ruteadores y firewalls debido que la señalización y los datos viajan de forma separada. Para solucionar estos problemas SIP suele hacer uso de un servidor STUN (Simple Transversal of User Datagram Protocol) que permite a los clientes encontrar sus direcciones públicas, el tipo de NAT del cual ellos están atrás y el puerto internet asociado por el NAT con el puerto local especifico.
  4. SIP es un estándar el cual es ampliamente implementado por todos los fabricantes de equipos y software, sin embargo IAX aún está siendo estandarizado.
  5. El protocolo IAX utiliza un solo puerto, generalmente el 4569 para enviar la información de señalización y los datos de todas sus llamadas. SIP utiliza un puerto 5060 para la señalización y dos puertos RTP por cada conexión de audio.
  6. En SIP si se utiliza un servidor la señalización de control debe pasar siempre por el servidor, mientras que la información de audio puede viajar extremo a extremo sin tener que pasar necesariamente por el servidor SIP. En IAX al viajar la señalización y los datos de forma conjunta todo el tráfico de audio debe pasar obligatoriamente por el servidor IAX. Esto aumenta el uso de ancho de banda que deben soportar los servidores IAX sobre todo cuando se presentan muchas llamadas de manera simultánea.
  7. IAX es un protocolo pensado para VoIP y transmisión de video que presenta funcionalidades nuevas como la posibilidad de enviar o recibir planes de marcado (Dial-Plans) que resulta muy interesante al usarlo conjuntamente con servidores Asterisk.
     + 1. **MGCP**

El MGCP es un protocolo de la capa de aplicación basado en texto que se utiliza para establecer y controlar llamadas. El protocolo se basa en una arquitectura de control de llamadas maestro/esclavo: El controlador de la puerta de medios (agente de llamada) mantiene la inteligencia de control de la llamada y las puertas de medios siguen las instrucciones del agente de llamada.

* + - 1. **Cisco SCCP**

El Protocolo de Control de Cliente Skinny (SCCP) es un protocolo propietario para control de terminales desarrollado originalmente por Selsius Coporation. Ahora pertenece a Cisco Systems, Inc y define un conjunto de mensajes entre un teléfono IP con un cliente skinny y un servidor de llamadas (Call Manager).

Skinny es un protocolo de señalización ligero que permite una eficiente comunicación con el servidor utilizando TCP/IP. El servidor abre un puerto TCP que normalmente es el 2000 y recibe los eventos de los clientes registrados enviando a su vez respuestas y comandos ante dichos eventos. El audio de las llamadas se transmite usando RTP/UDP/IP.

SCCP es un protocolo basado en estímulos y está diseñado como un protocolo de comunicaciones para clientes con hardware muy limitado tanto en CPU como en memoria.

* 1. **REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOIP**
     1. **Métricas de evaluación de calidad de servicio en VoIP**

Los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio (QoS) de una red de VoIP, son la Latencia, el Jitter la pérdida de paquetes y el Eco. En VoIP estos problemas pueden ser resueltos mediante diversas técnicas que se explican a continuación:

* + - 1. **Latencia**
* **Causas:** A la latencia también se la llama retardo. No es un problema específico de las redes no orientadas a conexión y por tanto de la VoIP. Es un problema general de las redes de telecomunicación. Por ejemplo, la latencia en los enlaces vía satélite es muy elevada por las distancias que debe recorrer la información.

La latencia se define técnicamente en VoIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino.

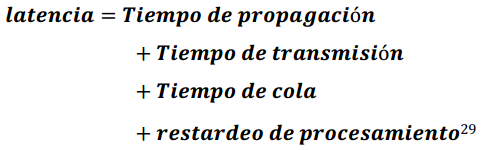
Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) y full-duplex son sensibles a este efecto. Es el problema de "pisarnos". Al igual que el jitter, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

* **Valores recomendados:** La latencia o retardo entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 150 ms. El oído humano es capaz de detectar latencias de unos 250 ms, 200 ms en el caso de personas bastante sensibles. Si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta.
* **Posibles soluciones:** No hay una solución que se pueda implementar de manera sencilla. Muchas veces depende de los equipos por los que pasan los paquetes, es decir, de la red misma. Se puede intentar reservar un ancho de banda de origen a destino o señalizar los paquetes con valores de TOS para intentar que los equipos sepan que se trata de tráfico en tiempo real y lo traten con mayor prioridad pero actualmente no suelen ser medidas muy eficaces ya que no disponemos del control de la red.

Si el problema de la latencia está en nuestra propia red interna podemos aumentar el ancho de banda o velocidad del enlace o priorizar esos paquetes dentro de nuestra red.

* **Formula y Unidad de Medida:**

La unidad de medida de la latencia es expresada en milisegundos (ms)



**Donde:**

* **Retardo de propagación:** Es el tiempo que tarda la información en llegar desde su punto de partida al destino, depende de la trayectoria física y del medio físico de transmisión.



* **Tiempo de emisión o transmisión:** Es el tiempo requerido para enviar todos los bits en un paquete al medio de transmisión utilizado.
  + - 1. **Eco**
* **Causas:**

El eco se produce por un fenómeno técnico que es la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos o por un retorno de la señal que se escucha por los altavoces y se cuela de nuevo por el micrófono. El eco también se suele conocer como reverberación.

El eco se define como una reflexión retardada de la señal acústica original.

El eco es especialmente molesto cuanto mayor es el retardo y cuanto mayor es su intensidad con lo cual se convierte en un problema en VoIP puesto que los retardos suelen ser mayores que en la red de telefonía tradicional.

* **Valores recomendados:**

El oído humano es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms. Pero otro factor importante es la intensidad del eco ya que normalmente la señal de vuelta tiene menor potencia que la original. Es tolerable que llegue a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB.

* **Posibles soluciones:**

En este caso hay dos posibles soluciones para evitar este efecto tan molesto.

Supresores de eco: Consiste en evitar que la señal emitida sea devuelta convirtiendo por momentos la línea full-duplex en una línea half-duplex de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario. El tiempo de conmutación de los supresores de eco es muy pequeño. Impide una comunicación full-duplex plena.

Canceladores de eco: Es el sistema por el cual el dispositivo emisor guarda la información que envía en memoria y es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información (tal vez atenuada y con ruido). El dispositivo filtra esa información y cancela esas componentes de la voz. Requiere mayor tiempo de procesamiento.

* + - 1. **Paquetes perdidos**
* **Causas:**

Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la perdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

* **Valores recomendados:**

La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del codec más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes. Una pérdida del 1% degrada más la comunicación si se usa el códec G.729 en vez del G.711.

* **Posibles soluciones:**

Para evitar la pérdida de paquetes una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo transmitimos cuando haya información audible liberamos bastante los enlaces y evitamos fenómenos de congestión.

De todos modos este fenómeno puede estar también bastante relacionado con el jitter y el jitter buffer.

* + - 1. **Jitter**
* **Causas:** Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la perdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

* **Valores recomendados:** La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del codec más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes. Una pérdida del 1% degrada más la comunicación si se usa el códec G.729 en vez del G.711.
* **Posibles soluciones:** Para evitar la pérdida de paquetes una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo transmitimos cuando haya información audible liberamos bastante los enlaces y evitamos fenómenos de congestión.

De todos modos este fenómeno puede estar también bastante relacionado con el jitter y el jitter buffer.

* + - 1. **Ancho de Banda**
* **Causas:** El ancho de banda de las comunicaciones es limitado y suele estar compartido por numerosas aplicaciones (web, correo electrónico, tráfico FTP, descarga de archivos, etc.).

En conexiones a Internet el ancho de banda se define técnicamente como la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobytes por segundo (kbps), o megabytes por segundo (mps).

Si nuestras comunicaciones de VoIP comparten ancho de banda con otras aplicaciones puede que no tengamos suficiente capacidad para mantener correctamente una comunicación de Voz IP.

* **Valores recomendados:** El ancho de banda está fuertemente relacionado con el codec o codificación que estemos usando. Por ejemplo para una comunicación usando el codec G.711 codificamos la voz a 64 Kbps. Como tenemos que añadirle cabeceras para empaquetar los paquetes de voz podemos necesitar aproximadamente 80 Kbps de ancho de banda para una sola conversación (depende de los protocolos sobre los que encapsulemos)

Si utilizamos por ejemplo un codec como G.729 más comprimido y que codifica la voz a 8 Kbps necesitaremos, al añadirle las cabeceras unos 24 Kbps de ancho de banda para mantener una conversación.

* **Posibles soluciones:** Si tenemos problemas de ancho de banda podemos abordar el problema desde varios frentes:

Aumentar el ancho de banda de las redes por las que circulen nuestras comunicaciones (normalmente pagando más)

Reducir el consumo que hagan otras aplicaciones del ancho de banda (especialmente las descargas de archivos mediante redes de intercambio)

Usar un codec con mayor compresión que use menos ancho de banda.

* + 1. **Métricas de Evaluación de una centralita**
* **Número de llamadas simultáneas permitidas:** Es el número de llamadas que una centralita permite en un tiempo determinado

Las llamadas entrantes para que llamen de forma simultánea en su teléfono y en otro número o contacto. Esta configuración le garantiza que los autores de las llamadas no recibirán la señal de ocupado y sus llamadas no se perderán. Al mismo tiempo, ellos desconocerán que sus llamadas se están desviando.

Se mide de acuerdo al número de llamadas permitidas por cada centralita.

* **Porcentaje de llamadas fallidas**

Obtención del porcentaje de llamadas fallidas:



Siendo **FA** (factor de ajuste) el valor complementario del porcentaje de accesos de usuarios con éxito y VS el porcentaje obtenido mediante la medición con sondas. Se mide en segundos o milisegundos

* + 1. **Mejores prácticas para calidad de servicio**

Existen múltiples mecanismos de calidad de servicio, sin embargo es bueno seleccionarlos siguiendo una serie de recomendaciones de buenas prácticas, de las cuales se presentan las siguientes.

* + - 1. **Escoger los mejores estándares**
* No esperar que las políticas establecidas de QoS sean soportadas por todos los enrutadores o switches.
* Asegurarse de que los equipos que se tienen cumplan con las políticas y protocolos asignados.
* Múltiples estándares QoS pueden ser complementados entre sí, pero no sobreponerse.
* Si se tiene una red que tiene 70% más voz que datos, no usar técnicas como DiffServ o 802.1p.
* Si la red es gigantesca y realmente ocupada, usar DiffServ.
  + - 1. **Uso correcto de los Estándares**
* En la configuración de 802.1p, clasificar el trafico IP usando prioridad de 5, debido a que si no los paquetes de voz tendrán la misma calificación que los de datos en las colas, lo que causará latencia.
* En la configuración de DiffServ, clasificar el tráfico de Voz como EF (Expedited Forwarding), para que sean calificados en las colas como tráfico de prioridad.
  + - 1. **Construir la red a favor de la VoIP**
* Asumir que cada enlace necesita un porcentaje adicional de 20% a 30% de ancho de banda para la señalización o protocolos de enrutamiento.
* Usar 802.1q VLAN y establecer distintas VLAN para voz o para datos.
* Usar colas de baja latencia, si se es capaz de manejar las colas en los enrutadores.
* Añadir ancho de banda, que es una manera de añadir QoS.
* Usar enlaces rápidos.
* Evitar usar VPN en la sesiones VoIP a menos que sea absolutamente necesario.
* Los enlaces deben tener velocidades mayores a 128kbps.
* No usar redes inalámbricas para grandes cantidades de clientes VoIP.
* Usar troncales IP o circuitos digitales para conectarse a la red PSTN.
* Evitar POTS (Servicio telefónico Ordinario Antiguo) analógicos, eso puede agregar latencia al hacer la conversión análoga/digital.
  + - 1. **Técnicas de codificación de voz que mejoren la QoS**
* Usar G.711 codecs lo más posible, tiene la forma de onda más resistente con un retraso insignificante.
* Algunos codecs ofrecen PLC (Packet Loss Concealment), usarlo para disminuir los problemas de calidad relacionados con pérdidas de paquetes, pero usarlo con moderación, ya que pueden agregar latencia.
* Para disminuir la latencia, decrecer el intervalo entre paquetes. El intervalo puede tan pequeño como 10ms, pero 20 es lo normal. Si es posible disminuir el uso de los buffers de jitter, evitando PLC.

Evitar la transcodificación (conversión de digital a digital, de un códec a otro) si es posible. Si es absolutamente necesaria, usar equipos VoIP que soporten GSM.

* Si es eco es un problema, usar codecs que permitan su cancelación.
* Mantener la perdida de paquetes Ethernet menor a 1%.
  1. **CENTRALITA TELEFÓNICA O PBX**
     1. **Centralitas telefónicas**

Una Centralita Telefónica o PBX (Private Branch Exchange) y PABX (Private Automatic Branch Exchange) es un equipo privado que permite gestionar llamadas telefónicas internas en una empresa, y compartir las líneas de acceso a la red pública entre varios usuarios, para permitir que estos realicen y reciban llamadas desde y hacia el exterior. De alguna manera actúa como una ramificación de la red pública de teléfono.

* + 1. **Centralitas VoIP**

Una centralita IP o una IP-PBX es una centralita telefónica que trabaja internamente con el protocolo IP. De esta manera, utiliza la infraestructura de comunicaciones de datos (LAN y WAN) para realizar sus funciones. Las centralitas IP pueden por tanto conectarse a servicios públicos VoIP, pero también tienen la capacidad de trabajar con líneas convencionales de teléfono analógicas o digitales (RDSI).

* + 1. **ASTERISK**
       1. **Sobre Asterisk**

Asterisk convierte a una computadora normal en un servidor de comunicaciones. Además permite generar sistemas IP PBX, puertas de enlace VoIP, servidores de conferencia y otras soluciones personalizadas.

Es utilizado por las pequeñas empresas, grandes empresas, centros de llamadas, los transportistas y agencias de gobierno, en todo el mundo.

Asterisk puede convertirse en la base para un sistema de teléfono de negocios completos, o el programa usado para mejorar o ampliar un sistema existente, o para cerrar un hueco entre los sistemas; se podría decir que es una completa solución de centralita IP por software. Se instala sobre cualquier plataforma de servidor con sistema operativo Linux y con las interfaces apropiados de telefonía; convirtiendo a dicho sistema en una potente centralita telefónica.

Proporciona todas las funcionalidades de las grandes centralitas propietarias y ofrece algunas posibilidades y servicios no disponibles en la mayoría de ellos como: grabación de llamadas o extensiones remotas.

* + - 1. **Asterisk CLI**

Asterisk cuenta con un intérprete de comandos llamado Asterisk CLI (Command Line Interpreter). A través de esta línea de comandos es posible obtener ayuda, habilitar información de debug, originar llamadas, entre otros.

**Comandos más importantes:**

* $cli> restart now – *Reiniciar el Asterisk.*
* $cli> sip show peers – *Muestra las conexiones SIP del Asterisk.*
* $cli> sip show channels – *Muestra los canales SIP activos del Asterisk.*
* $cli> sip reload – *renueva la configuración SIP del Asterisk.*
* $cli> iax2 show peers- *Muestra las conexiones IAX del Asterisk.*
* $cli> iax2 reload – *Renueva la configuración IAX del Asterisk.*
* $cli> core restart gracefully – *Reinicia el Asterisk con precaución (no inmediatamente, espera a que no halla llamdas).*
* $cli> core stop gracefully – *Detiene el Asterisk con precaución.*
* $cli> core stop now – *Detiene el Asterisk inmediatamente.*
* $cli> core restart now – *Reinicia el Asterisk inmediatamente*.
* $cli> iax2 show help – *Muestra los comandos del CLI.*
* $cli> iax2 show channels – *Muestra los canales IAX activos.*
* $cli> core show codecs – *Muestra los codecs del Asterisk.*
* $cli> core show channels – *Muestra la información de los canales.*
* $cli> core show version – *Muestra la versión del Asterisk.*
* $cli> dialplan reload – *Vuelve a cargar solo las extensiones del Asterisk.*
* $cli> manager show commands – *Muestra la lista de comandos del Asterisk.*
  + - 1. **Ventajas y Desventajas de Asterisk**
         1. **Ventajas de Asterisk**
* **Funcionalidad:** Asterisk brinda todas las funcionalidades de las grandes centralitas propietarias desde las más básicas (desvíos, capturas, transferencias, multi-conferencias) hasta las más avanzadas (Buzones de voz, IVR, CTI, ACD).
* **Escalabilidad:** El sistema de Asterisk puede dar servicio desde 10 usuarios en una sede de una pequeña empresa, hasta 10.000 de una multinacional repartidos en múltiples sedes.
* **Competitividad en coste:** Es un sistema de código abierto y además tiene una arquitectura hardware que utiliza plataforma servidor estándar y tarjetas PCI para las interfaces de telefonía.
* **Interoperabilidad y Flexibilidad:** Asterisk ha incorporado la mayoría de estándares de telefonía del mercado, tanto los tradicionales como los de telefonía IP (SIP, H.323, MGCP, SCCP/Skinny). Eso le permite conectarse a las redes públicas de telefonía tradicional e integrarse fácilmente con centralitas tradicionales (no IP) y otras centralitas IP.
  + - * 1. **qDesventajas de Asterisk**
* Protocolos SIP y H.323 tienen problemas cuando se realizan NAT.
* Es difícil garantizar calidad de servicio, (lograr calidad exacta a la de PSTN).
* Pueden existir perdidas de información y demoras en la transmisión.
* Se debe disponer de un mínimo de ancho de banda disponible según la cantidad de usuarios hablando.
  1. **DISTRIBUCIONES DE LINUX**
     1. **Ubuntu** 
        1. **Sobre Ubuntu**

Ubuntu es una distribución Linux que ofrece un sistema operativo predominantemente enfocado a ordenadores de escritorio aunque también proporciona soporte para servidores.

Basada en Debian GNU/Linux, Ubuntu concentra su objetivo en la facilidad de uso, la libertad en la restricción de uso, los lanzamientos regulares y la facilidad en la instalación. Ubuntu es patrocinado por Canonical Ltd., una empresa privada fundada y financiada por el empresario sudafricano Mark Shuttleworth.

* + - 1. **Ubuntu 12.04 LTS**

Ubuntu 12.04 LTS, fue lanzado el 26 de abril de 2012.

Esta versión es la primera con 5 años de soporte extendido para escritorio.

En esta versión se hicieron cambios:

* El acceso de Inicio del tablero de Unity que fue rediseñado, se aumentaron aplicaciones y archivos de uso más reciente.
* También se lanzó un nuevo buscador e invocador de menús llamado HUD (Head-up display) y fue implementado en las aplicaciones al presionar la tecla Alt.
* El inicio de sesión tiene un nuevo selector de sesiones entre Ubuntu y Ubuntu 2D. La interfaz de las aplicaciones Ubuntu One y Comprobación del sistema fueron rediseñadas.
* El fondo de pantalla predeterminado fue retocado.
* Configuración del sistema permite configurar el lanzador de Unity en Apariencia.
* Se agregó un nuevo control de Privacidad que permite controlar los datos e historiales que guardan las aplicaciones. También se agregó Servicio de gestión, que administra mediante Landscape varios sistemas con Ubuntu.
* Centro de software de Ubuntu mejoró el tiempo de arranque y permite ver múltiples capturas de pantalla y videos de una aplicación.
* Se optimizó la estabilidad del sistema y el consumo de energía en portátiles.
* Ubuntu 12.04 LTS viene por defecto con el kernel 3.5.0-23.35, que proporciona un nuevo núcleo para la habilitación de hardware.
  + 1. **Fedora**
       1. **Sobre Fedora**

Fedora es una distribución Linux para propósitos generales basada en RPM, que se caracteriza por ser un sistema estable, la cual es mantenida gracias a una comunidad internacional de ingenieros, diseñadores gráficos y usuarios que informan de fallos y prueban nuevas tecnologías. Cuenta con el respaldo y la promoción de Red Hat.

El proyecto no busca sólo incluir software libre y de código abierto, sino ser el líder en ese ámbito tecnológico.

Los desarrolladores de Fedora prefieren hacer cambios en las fuentes originales en lugar de aplicar los parches específicos en su distribución, de esta forma se asegura que las actualizaciones estén disponibles para todas las variantes de Linux.

* + - 1. **Fedora 19**

Las características primordiales de la distribución de Fedora 19 son:

* + Developer's Assistant, una herramienta adecuada para desarrolladores principiantes o expertos para iniciar proyectos de código con plantillas de lenguaje específico, muestras y toolchains.
  + Capacidades de impresión 3D, que van desde software para la creación de modelos 3D hasta herramientas para generar y enviar código a impresoras 3D.
  + OpenShift Origin, una infraestructura de plataforma como servicio que incluye una variedad de cartuchos para el desarrollo e implantación de aplicaciones.
  + Control de recursos systemd para modificar los ajustes de servicio sin necesidad de reiniciar el equipo.
  + Migración del almacenamiento de máquina virtual, que permite la migración de máquinas virtuales y el almacenamiento en uso asociado sin necesidad de almacenamiento compartido entre hosts.
  + OpenLMI, una infraestructura común para la gestión remota de sistemas y almacenamiento.
  + Última versión de OpenStack, conocida como “Grizzly”, incluidos los proyectos en incubación Heat y Ceilometer.
  + Fedora 19 por defecto viene con el Kernel 3.9.5-301.fc19.

* + 1. **Métricas de evaluación de un Sistema Operativo**
       1. **Benchmark**

Se define como un programa o conjunto de programas que evalúan las prestaciones de un sistema informático reproduciendo una carga de trabajo genérica en dicho sistema informático.[[23]](#footnote-23) Al proceso de comparar dos o más sistemas mediante la obtención de medidas se le denomina benchmarking.

* + - 1. **Utilización de un benchmark**

Los benchmarks son usados por una gran cantidad de personas, sus resultados son también aprovechados por una amplia gama de profesionales, y, por tanto, la mayoría tienen cierto grado de oficialidad o estandarización. Las especificaciones para los mismos, las reglas para su ejecución y la ejecución física de los mismos se llevan a cabo de forma diferente; De estas ejecuciones se tienen que extraer medidas que sirvan para comparar los sistemas. No siempre se llevan a cabo los benchmark de forma correcta.

* + - 1. **Carga de trabajo**

Conjunto de todas las peticiones que el sistema recibe de su entorno durante un periodo de tiempo dado. El análisis de la carga desempeña un papel fundamental en todos los estudios en los que hay que determinar índices de rendimiento.

Los índices de rendimiento están directamente relacionados con la carga y no pueden expresarse independientemente de la carga. El índice del rendimiento de un sistema siempre debe ir acompañado de la información de la carga bajo la que fue determinado. El modelo de carga supone una descripción cuantitativa de las características de la carga. A esta descripción cuantitativa se le denomina caracterización de la carga. El modelo ha de establecerse en función de los parámetros que pueden afectar al comportamiento del sistema.

Una carga está perfectamente caracterizada, si su resultado es un conjunto de parámetros cuantitativos seleccionados de acuerdo con los objetivos de la operación de caracterización.

* + - 1. **Asignación de recursos y planificación**

La mayor parte del tiempo en que un ordenador está funcionando, es cuando la demanda de recursos es mayor que los realmente existentes. Este problema se resuelve aplicando una política de asignación de recursos.

El mecanismo sería sencillo si se pudiese utilizar una política del tipo: “atender primero al que antes lo solicite”, sin embargo esto puede llevar a situaciones de deadlock (sistema colgado o caído), cuando dos programas solicitan insistentemente recursos asignados a otro.

El planificador cuenta con una política que varía de un S. O. a otro. Una política muy común consiste en el time slicing (asignación de intervalos cortos de tiempo a los programas)

* + - 1. **Tiempo de ejecución de UCP**

Unidad central de procesamiento o tiempo de ejecución.

Es el tiempo desde que se lanza una tarea hasta que se completa, Incluye el tiempo de espera de entrada / salida, el tiempo consumido por otros procesos activos en el sistema, etc.

* + - 1. **Otras métricas de medición de rendimiento**
* **Rendimiento de un sistema:**

Tiempo transcurrido en un sistema sin carga.

* **Rendimiento de UCP:**

Recíproco del tiempo de ejecución.

* **Tiempo de ejecución:** se mide en ciclos de reloj.

Frecuencia de reloj: inversa del ciclo de reloj.

* **Tiempo de ejecución de UCP para un programa:**
  1. **WANsim**
     1. **Sobre WANsim**

Permite simular (emular) una conexión WAN. En particular, permite al usuario cambiar la velocidad de emulación WAN, la latencia, la modificación, la pérdida de paquetes, la duplicación de paquetes y los aspectos de corrupción de paquetes.

WANsim generalmente se configura como un puente de red que se establece entre dos tarjetas de red en el arranque, utiliza la funcionalidad del núcleo Linux NETEM para lograr sus metas. Aunque relativamente esta funcionalidad no es la más fácil de usar. WANsim envuelve esto en un simple utilizar el script que se puede acceder con sólo iniciar sesión en el host Linux utilizando la cuenta de usuario wansim.

* + 1. **Requerimientos**

WANsim fue escrito en un servidor de Ubuntu Linux, pero funciona correctamente en cualquier servidor Linux con los conocimientos básicos de administración de Unix / Linux. Los recientes cambios en la secuencia de comandos init.d han hecho que sea más resistente en plataformas que no sean de Debian. Requiere lo siguiente:

* PC estándar o un servidor con al menos 2 tarjetas de red (tarjetas de red) para modo puente.
* Linux instalado (con kernel mayo a 2.6 de Linux)

Se requieren los siguientes paquetes:

* fiesta
* bridge-utils
* iproute
* net-tools
* sudoers (opcional).

# Bibliografía

1. BOTA, F., KHUHAWAR, F., MELLIA, M., & MEO, M. (2012). *Comparison of Energy Efficiency in PSTN and VoIP systems.* Madrid.
2. CONNELLY, O. (s.f.). *La biblia de Ubuntu.*
3. DAVIDSON, Jonathan; PETERS, James ; CISCO System. (2007). *Voice over IP Fundamentals.* USA: Cisco Press.
4. Departamento de electronica y Ingenieria de computacion. (2009). *Evaluation of Transport Services for VoIP .*
5. European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2005). *ETSI EG 202 057-4 V1.1.1 (2005-10) - Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access.* European Telecommunications Standards Institute.
6. Fedora Project. (s.f.). *Proyecto Fedora*. Obtenido de www.fedoraproject.org
7. HUIDOBRO MOYA, J. M., & CONESA PASTOR, R. (2006). *Sistemas de Telefonía.* España: Thomson Editores Spain - Paraninfo.
8. JOHNSTON, A. (2009). *SIP: Understanding the Session Initiation Protocol.* USA: Artech House.
9. LANDÍVAR, E. (2009). *Comunicaciones Unificadas con ELASTIX.* GNU Free Documentation License.
10. MOLERO, X., RUIZ, C., & RODEÑO, M. J. (2004). *Evaluacion y Modelado del Rendimiento de los Sistemas Informaticos.* Madrid: Pearson Education.
11. Ubuntu. (10 de 12 de 2013). *Paginal Oficial de Ubuntu*. Obtenido de http://www.ubuntu.com/
12. Ubuntu. (s.f.). *Ubuntu: The world's most popular free OS*. Obtenido de www.ubuntu.com/‎
13. VAN MEGGELEN, J., MADSEN, L., & SMITH, J. (2007). *Asterisk: The future of Telephony.* United States of America: O'REILLY Media Inc.
14. WALLINGFORD, T. (2005). *Switching to VoIP.* United States Of America: O'REILLY Media Inc.
15. *WanSim*. (5 de 12 de 2013). Obtenido de https://code.google.com/p/wansim/

1. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 3 [↑](#footnote-ref-1)
2. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 5 [↑](#footnote-ref-2)
3. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 21 [↑](#footnote-ref-3)
4. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 248 - 260 [↑](#footnote-ref-4)
5. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 252 [↑](#footnote-ref-5)
6. (HUIDOBRO MOYA & CONESA PASTOR, 2006) pág. 267 [↑](#footnote-ref-6)
7. (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2005) [↑](#footnote-ref-7)
8. (European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2005) pág. 14 [↑](#footnote-ref-8)
9. (ÍBIDEM) [↑](#footnote-ref-9)
10. (WALLINGFORD, 2005) pág. 19 [↑](#footnote-ref-10)
11. (ÍBIDEM) [↑](#footnote-ref-11)
12. (WALLINGFORD, 2005) pág. 20 [↑](#footnote-ref-12)
13. (WALLINGFORD, 2005) pág. 8 [↑](#footnote-ref-13)
14. (VAN MEGGELEN, MADSEN, & SMITH, 2007) pág. 194-195 [↑](#footnote-ref-14)
15. (VAN MEGGELEN, MADSEN, & SMITH, 2007) pág. 195 [↑](#footnote-ref-15)
16. (VAN MEGGELEN, MADSEN, & SMITH, 2007) pág. 195 [↑](#footnote-ref-16)
17. (VAN MEGGELEN, MADSEN, & SMITH, 2007) pág. 194 [↑](#footnote-ref-17)
18. (VAN MEGGELEN, MADSEN, & SMITH, 2007) pág. 191 [↑](#footnote-ref-18)
19. (WALLINGFORD, 2005) pág. 134 [↑](#footnote-ref-19)
20. (WALLINGFORD, 2005) pág. 136 [↑](#footnote-ref-20)
21. (WALLINGFORD, 2005) pág. 142 [↑](#footnote-ref-21)
22. (JOHNSTON, 2009) pág.32 - 33 [↑](#footnote-ref-22)
23. MOLERO & JUIZ, Evaluación y modelado del rendimiento de los sistemas informáticos [↑](#footnote-ref-23)