



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

**“PROPUESTA DE
MOVILIDAD PARA LA DIRECCIÓN DE
TELECOMUNICACIONES DE LA DGTIC - UNAM.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

P R E S E N T A:

FERNANDO ALONSO ALCARAZ YÁÑEZ

ASESOR:

ING. JORGE GARCÍA CÁZARES

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México 2019





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

Contenido	i
Agradecimientos	v
Introducción	vi
Objetivo	vii
Capítulo I: Antecedentes	1
1.1 Historia de las Telecomunicaciones	1
1.1.1 Primeros medios de comunicación.....	1
1.1.2 Aparición de las telecomunicaciones.....	2
1.1.3 Los orígenes de Internet.....	3
1.1.4 Telecomunicaciones en México.....	4
1.2 Topologías de redes	5
1.2.1 Topología física.....	5
1.2.2 Topología de Estrella.....	5
1.2.3 Topología de Bus.....	6
1.2.4 Topología de Anillo.....	6
1.2.5 Topología de Árbol.....	7
1.2.6 Topología de Malla.....	7
1.2.7 Topología Híbrida.....	8
1.2.8 Topología lógica.....	8
1.2.9 Topología lógica de Anillo.....	9
1.2.10 Topología lógica de Bus.....	9
1.3 Redes de Telecomunicaciones	9
1.3.1 Personal Area Network (PAN).....	10
1.3.2 Local Area Network (LAN).....	10
1.3.3 Metropolitan Area Network (MAN).....	10
1.3.4 Global Area Network (GAN).....	10
1.3.5 Wide Area Network (WAN).....	11
1.4 Redes Inalámbricas	11
1.4.1 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).....	11
1.4.2 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN).....	12
1.4.3 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN).....	13

1.4.4 Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN).	13
1.4.5 Tecnología Inalámbrica Celular.	14
1.4.6 Red 3G.	14
1.4.7 Red 4G.	14
1.4.8 Red 5G.	14
1.5 Modelos de Referencia de redes.	15
1.5.1 Modelo OSI.	15
1.5.2 Modelo TCP/IP.	17
1.6 Protocolo IP.	18
1.7 Medio de transmisión.	19
1.7.1 Cable de par trenzado.	19
1.7.2 Cable coaxial.	20
1.7.3 Fibra óptica.	22
1.7.4 Ondas Electromagnéticas.	23
1.7.5 Microondas.	24
Capítulo II: Fundamentos de Telefonía.	25
2.1 Breve historia de la telefonía.	25
2.2 Redes telefónicas.	27
2.2.1 Red de enlace.	27
2.2.2 Red de abonados.	27
2.2.3 Centrales de conmutación de circuitos.	27
2.2.4 Public Switched Telephone Network (PSTN).	28
2.2.5 Private Branch Exchange (PBX).	29
2.2.6 Componentes principales de un PBX.	29
2.3 Telefonía Digital.	31
2.3.1 Conmutación analógica y digital.	31
2.3.2 Línea analógica.	32
2.3.3 Línea Digital.	32
2.3.4 Digitalización de la voz.	33
2.3.5 Compresión de la voz.	34
2.3.6 Multiplexor.	35
2.3.7 Técnica TDM (Time Division Multiplexing).	35
2.3.8 Red Digital de Servicios Integrados.	36
2.4 Señalización.	38

2.4.1 Señalización por Canal Común (CCS).....	39
2.4.2 Señalización por Canal Asociado (CAS).	39
2.4.3 Señalización Qsig.....	40
2.4.4 Señalización R2.	40
2.4.5 Señalización SS7.....	41
2.5 Equipos terminales de Telefonía.....	41
Capítulo III: Telefonía IP.	42
3.1 Voz sobre IP (VoIP).	42
3.2 Telefonía sobre IP (ToIP).	43
3.2.1 IP PBX.....	44
3.2.2 Clasificación de llamadas IP.....	44
3.3 Protocolos de Voz sobre IP.	45
3.4 Protocolos de señalización.	46
3.4.1 MGCP.....	46
3.4.2 H.323.....	46
3.4.3 SIP (Session Initiation Protocol).....	46
3.5 Protocolos de Transporte.....	47
3.5.1 Protocolo RTP/RTCP.....	48
3.6 Códecs para Telefonía IP.....	49
3.6.1 G.711.....	49
3.6.2 G.723.....	49
3.6.3 G.729.....	49
3.6.4 GSM.....	49
3.6.5 iLBC.....	49
3.7 Calidad de Servicio (QoS).....	50
3.8 Calidad de la voz.	50
3.8.1 Jitter.....	50
3.8.2 Pérdidas.	50
3.8.3 Retardo.	51
3.8.4 Eco.	51
3.8.5 Ancho de banda.	51
3.9 Terminales de telefonía IP.	51
3.10 Comunicaciones Unificadas.	52
3.11 Movilidad.....	53

Capítulo IV: Propuesta de Movilidad.	54
4.1 Descripción del proyecto.	54
4.2 Descripción de la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).	55
4.3 Infraestructura de la Red Telefónica Universitaria.	57
4.4 Personal y actividades de la Dirección de Telecomunicaciones.	60
4.5 Plataforma 3CX	64
4.5.1 Requerimientos de Hardware.	65
4.5.2 Creación de usuario.....	67
4.5.3 Aplicación 3CX.	68
4.5 Protocolo de pruebas para movilidad con 3CX.	71
Conclusiones.	79
Bibliografía.	81
Índice de figuras.	83
Índice de tablas.	84
Glosario.	85
Anexo.	88
Flujo de información en el modelo OSI.	88

Agradecimientos.

A Dios y al Universo por permitirme habitar este cuerpo y este espacio terrenal, por darme una familia, un hogar y la oportunidad de experimentar este viaje llamado vida. Por darme la sabiduría, habilidad y fortaleza para lograr cada objetivo que me he propuesto en mi vida. También a las mascotas que han estado a mi lado en todo momento y a las que ya partieron, por brindarme compañía y momentos divertidos.

A mi madre María Isabel Yáñez Cruz por su apoyo y amor incondicional, por estar a mi lado en los peores y mejores momentos que se han presentado en mi vida, por traerme a este mundo, cuidar de mí y ser mi guía en esta vida, por darme la oportunidad de estudiar, así como su paciencia durante este trayecto. ¡Te amo mamá!

A mi hermana María Isabel Alcaraz Yáñez por su apoyo y amor incondicional, por estar a mi lado en cada paso de mi vida, por impulsar mis estudios, por apoyar mi arte y mi deporte, por ser mi consejera en la toma de decisiones, te doy gracias por ser mi mejor amiga, hermana y confidente, gracias por todo. ¡Te amo hermana!

A mi padre Fernando Alfredo Alcaraz Ojeda por su apoyo y amor incondicional, por darme la oportunidad de estudiar, por apoyar las decisiones que he tomado en mi carrera, por compartir y darme grandes lecciones de vida. ¡Te amo papá!

A mis abuelos maternos por apoyar siempre mis estudios e impulsar mi crecimiento. Así como los que ya partieron, los llevo en mi memoria con amor.

Al Ing. Jorge García Cazares por aceptar la dirección de mi tesis, por su paciencia, sus consejos y enseñanzas, así como su apoyo en este proceso.

Al Ing. Máximo A. Basurto Guillén y al Ing. Arnold Cuellar González por su total apoyo y dedicación en la realización de este proyecto, por sus enseñanzas y por permitirme ser parte de las actividades del área en que laboran.

A la Ing. Isabel Gallardo Valadez por el gran apoyo que me brindó durante el plan de becarios de Telecomunicaciones de la DGTIC-UNAM el cual ha sido muy importante para mi desarrollo profesional.

A mi profesor de Tae Kwon Do Martín López Isaías por permitirme ser parte del equipo representativo de la FES Aragón e instruirme como deportista, dejando una gran experiencia de vida como ser humano.

A mis amigos logrados durante mi carrera por su apoyo incondicional y por toda la diversión a su lado, así como a las personas que alguna vez formaron parte de mi vida durante este trayecto.

Por último a la universidad por brindarme la oportunidad de estudiar en la máxima casa de estudios de México y por todas las grandes experiencias que viví durante mi estancia.

Introducción.

La red telefónica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es una de las redes más grandes de Latinoamérica por la densidad de usuarios, marcas y protocolos que la integran. Esta red desempeña un papel vital para el desarrollo de las actividades sustanciales de esta institución como lo es la docencia, investigación y la difusión cultural, la red telefónica se renovó en el año 2007 como una red híbrida que soporta estándares en tecnología TDM y estándares en tecnología IP.

Con la actualización constante de la red telefónica universitaria debido a causas de las necesidades actuales de la misma, se han probado distintas plataformas de diferentes marcas, y se han realizado pruebas que han permitido manejar las tecnologías más recientes que se ofrecen a nivel de empresarial y de proveedor de servicios (Enterprise y Carrier). Una de esas tecnologías son las Comunicaciones Unificadas que facilitan al usuario tener un mejor acceso a su información cuando y donde lo requiera, teniendo una mejor optimización de su trabajo lo que es una herramienta muy útil para personal de algunas áreas de esta dependencia.

Para este proyecto se realizará una propuesta de movilidad para la Dirección de Telecomunicaciones de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGTIC - UNAM). En esta dependencia labora personal con diversos perfiles de trabajo en diferentes áreas de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

La Dirección de Telecomunicaciones de la DGTIC tiene como propósito mantener el servicio y mantenimiento de la infraestructura de telecomunicaciones en las entidades universitarias dentro de Ciudad Universitaria y a lo largo de la república.

Analizando cada departamento que integra la Dirección de Telecomunicaciones en esta dependencia, existen necesidades y problemas detectados en los procesos de comunicación entre los usuarios. Con los medios de infraestructura actual se busca proveer una solución que haga más eficiente dichos procesos, así como solventar y solucionar las problemáticas que se presenten.

Objetivo.

Proponer una plataforma de Comunicaciones Unificadas (CU) con una solución de movilidad sobre la infraestructura con la que cuenta actualmente la red telefónica para la Dirección de Telecomunicaciones de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGTIC - UNAM).

Con esta propuesta se espera cubrir las necesidades y dar solución a problemas identificados en la forma en que se comunican los usuarios por medio de la red telefónica mediante un estudio de las actividades que realizan cada departamento de la Dirección de Telecomunicaciones y que puedan optimizarse con una aplicación de movilidad de CU.

Implementar un protocolo de pruebas que permita demostrar el funcionamiento de la plataforma junto con la red telefónica actual, aprovechando la infraestructura existente de la red.

También es importante mencionar que al proponer esta solución se tiene la intención de introducir el conocimiento de nuevas tecnologías para la actualización de la red, abriendo paso a nuevas generaciones y nuevas soluciones para la DGTIC y la UNAM.

Capítulo I: Antecedentes.

En este capítulo se describe la evolución de las telecomunicaciones así como el impacto e importancia que ha tenido en el ser humano, tanto socialmente como tecnológicamente.

1.1 Historia de las Telecomunicaciones.

Antes de definir que son las telecomunicaciones, es importante saber a qué es la comunicación. La comunicación es un proceso interactivo e interpersonal ya que ocurre entre personas y está compuesto por elementos que interactúan constantemente.

Etimológicamente proviene del latín *communicare* que se traduce como: “Poner en común, compartir algo”.

La comunicación es un elemento básico que generó la sociabilidad, lo cual abrió un camino a la convivencia, solidaridad social y cooperación entre otros grupos sociales.

Existen diferentes definiciones de comunicación, pero para fines de ingeniería describiremos la comunicación como un proceso de transmisión de información de un emisor a un receptor a través de un medio. En la transmisión y la recepción de esa información se utiliza un código específico que debe ser codificado por el emisor y decodificado por el receptor como se muestra en la *Figura 1*.

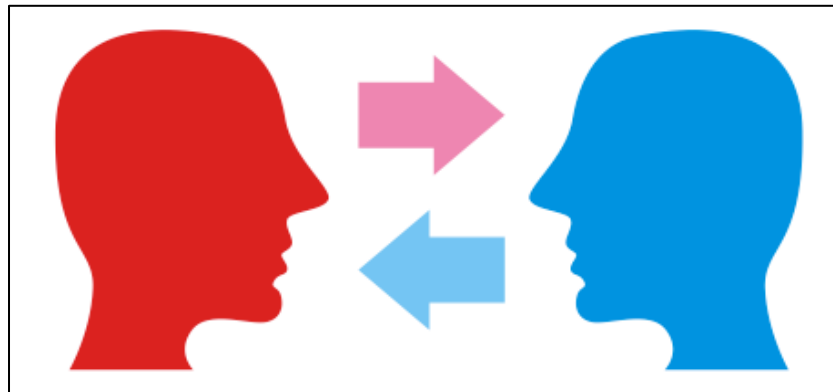


Figura 1 Esquema representativo de comunicación.

1.1.1 Primeros medios de comunicación.

El hombre ha desarrollado distintas técnicas como medios de comunicación utilizando diversos recursos a lo largo de la historia. Ha utilizado banderolas, columnas de humo, reflejos ópticos y otros medios para comunicación marítima y terrestre.

En el pasado los primeros sistemas de comunicación aparecen pronto en aquellos pueblos que por su expansión guerrera se vieron obligados a contar con algún medio de envío

rápido de noticias, utilizaban señales luminosas, de humo, sonidos de tambor, entre otros. Muchas veces el mensaje se encargaba a una persona en específico y esta tenía que hacer llegar el mensaje.

Las primeras redes de telecomunicación no eléctricas, surgen con la aparición de la telegrafía óptica (ver Figura 2), la cual sustituye a la mensajería y facilita la transmisión de cualquier tipo de mensaje es decir (vocabulario amplio).

Una de las primeras redes no eléctricas extensas fue la que unía a París y Lille en Francia, con casi 5 mil kilómetros de recorrido con 534 estaciones. Fue una red telegráfica óptica, consistente en una serie de mástiles elevados (1792).

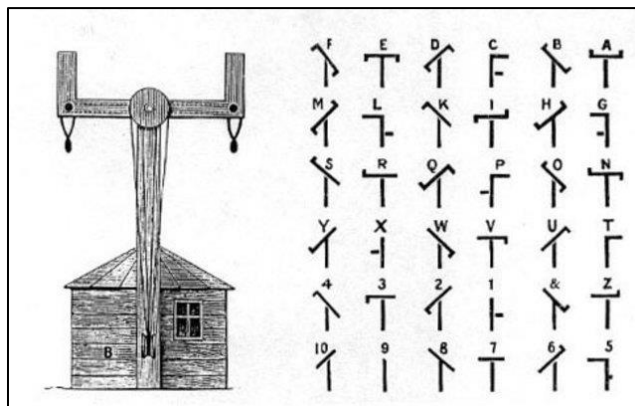


Figura 2 Telégrafo óptico y código.

1.1.2 Aparición de las telecomunicaciones.

El descubrimiento de la electricidad abrió múltiples caminos para desarrollar inventos más avanzados.

Samuel Morse desarrolló en 1837 el primer sistema electrónico de comunicaciones. Usó la inducción electromagnética para transferir información en forma de puntos, rayas y espacios entre un transmisor y un receptor sencillos, usando una línea de transmisión que consistía en un tramo de conductor metálico. Llamó telégrafo a su invento. En 1876, Alexander Graham Bell y Thomas A. Watson fueron los primeros en transferir en forma exitosa la conversación humana a través de un sistema sencillo de comunicaciones con hilo metálico, al que llamaron teléfono.

Guglielmo Marconi transmitió por primera vez señales de radio, sin hilos, a través de la atmósfera terrestre, en 1894, y Lee DeForest inventó en 1908 el triodo o válvula al vacío, que permitió contar con el primer método práctico para amplificar las señales eléctricas. Dando lugar al inicio de la radio en 1920 con amplitud modulada (AM) y Edwin Howard Armstrong inventó la modulación de frecuencia (FM). En la década de los 60's la palabra *telecomunicaciones* fue incluida en los diccionarios, haciendo oficial el término de telecomunicaciones.

Actualmente al hablar de telecomunicaciones nos referimos a los medios para emitir, transmitir o recibir signos, señales, textos, imágenes, videos, sonidos o datos de cualquier naturaleza, entre dos o más puntos geográficos a cualquier distancia a través de cables, ondas electromagnéticas, medios ópticos o cualquier otro medio de transmisión. Su característica común es el empleo de dispositivos que modifican las características de la señal original para adecuarla al medio.

La evolución de las redes de telecomunicaciones ha dependido del desarrollo de materiales semiconductores, diseño, construcción. Los avances de la física, los partes científicos y tecnológicos de la electrónica, microelectrónica, óptica, cibernética, entre otros, han perfeccionado las telecomunicaciones. La *Figura 3* muestra un sistema de comunicaciones electrónicas básico.

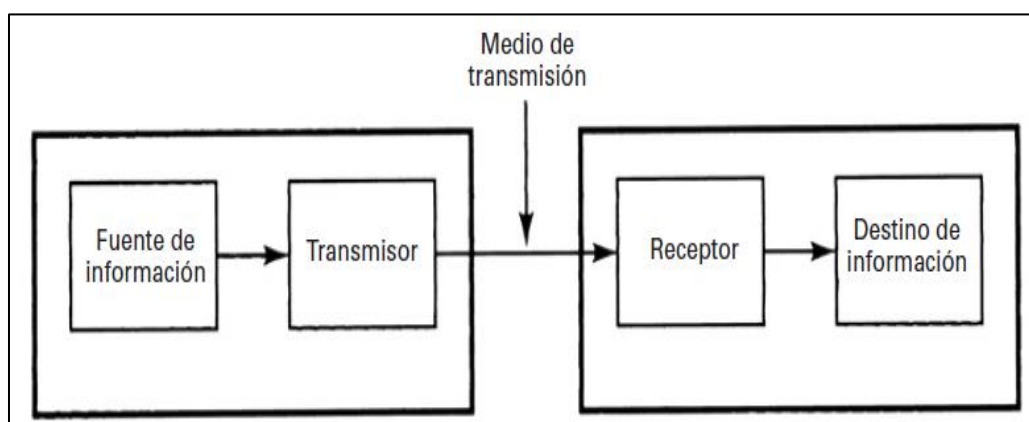


Figura 3 Sistema básico de comunicaciones electrónicas.

1.1.3 Los orígenes de Internet.

La red de Internet se inicia copiando el modelo de las redes de telefonía, red que nace en bases militares de Advanced Research Project Agency (ARPA) durante la Segunda Guerra Mundial (SGM) con el propósito de transmitir los crecientes datos de sus diversas bases militares.

En los 60's se utiliza el envío de información mediante el uso de las líneas telefónicas (conmutación de paquetes). La información es fragmentada en paquetes por el medio de transmisión y reconstruida en orden al llegar al destino final.

En 1969 surge la primera red de computadoras ARPANet (*ver Figura 4*). Conectaba 4 universidades. Para 1972 el número de computadoras conectadas aumentó, trayendo consigo un problema en la comunicación debido a que “hablaban” diferentes protocolos de transferencia. Esto dio pauta a establecer diferentes protocolos, normas y estándares, con ello, las redes de telecomunicaciones han ido creciendo conforme avanza la tecnología que es capaz de adaptarse a diferentes necesidades, todo esto a nivel mundial.

La palabra Internet es el resultado de la unión de dos términos: *Inter*, que hace referencia a enlace o conexión y Net (network) red, que significa interconexión de redes. Es decir, Internet no es otra cosa que una conexión integrada de redes de ordenadores o redes interconectadas.

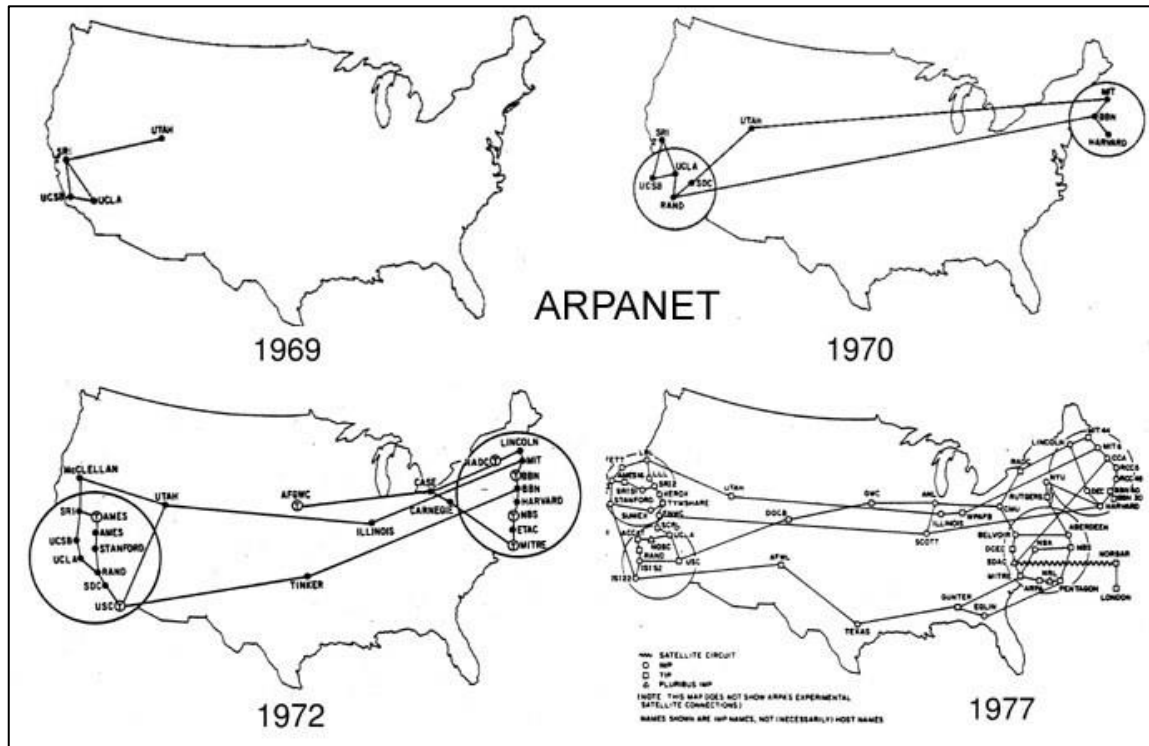


Figura 4 Red ARPANET.

Con la tecnología que se cuenta actualmente, las redes de datos evolucionaron para agregar servicios de voz y flujos de video, a los diferentes tipos de dispositivos. La unión de estas formas de comunicación tienen una plataforma en común: Internet.

Internet no solo tiene impacto en el área tecnológica, ha causado una gran importancia en las interacciones comerciales, sociales, políticas y personales. Internet ahora puede ser una ventana para innovadores que crean nuevos productos y servicios diseñados que aprovechan los recursos de la red.

1.1.4 Telecomunicaciones en México.

Telecomunicaciones de México (TELECOMM) se creó en el año de 1986 como Telégrafos Nacionales. Se modificó el nombre a Telecomunicaciones de México cuando se integraron las actividades de la entonces Dirección General de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, esto sucedió el 17 de noviembre de 1989.

1.2 Topologías de redes.

Topología se refiere a la forma en la que está diseñada una red, esto es, tanto físicamente como lógicamente. Dos o más dispositivos se conectan a un enlace; dos o más enlaces forman una topología.

En una red es la representación geométrica de la relación entre todos los enlaces y los dispositivos que los enlazan entre sí.

Existen dos tipos básicos de topologías, topologías físicas y lógicas.

1.2.1 Topología física.

Se refiere a las conexiones físicas e identifica cómo se interconectan los terminales y dispositivos de infraestructura, como los routers, los switches y los puntos de acceso inalámbrico. Las topologías físicas son las siguientes:

- Topología de Estrella.
- Topología de Bus.
- Topología de Anillo.
- Topología de Árbol.
- Topología de Malla.
- Topología Híbrida.

1.2.2 Topología de Estrella.

En esta topología cada estación se enlaza en forma radial a un nodo central a través de una conexión directa de punto a punto (*ver Figura 5*). Los dispositivos no están directamente conectados entre sí. Esta topología no permite el tráfico directo de dispositivos. El nodo central cumple la función de un intercambiador, retransmitiendo la información a un dispositivo final.

Es una topología escalable, puede agregar o quitar equipos sin mayor dificultad, pero si el nodo central falla, no hay comunicación.

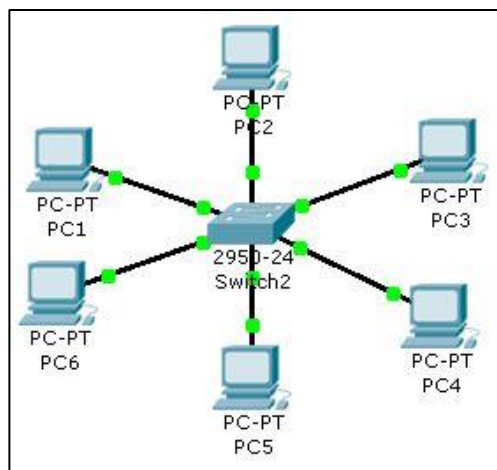


Figura 5 Topología de estrella.

1.2.3 Topología de Bus.

Consta de un único cable llamado segmento principal o central que conecta todos los equipos de una red en una sola línea o bus (*ver figura 6*). Solo un nodo puede transmitir a la vez, si transmiten dos nodos se produce una colisión.

Esta topología es poco fiable, ya que si una de las conexiones es defectuosa, afectará a toda la red. Como ventajas podemos destacar la sencillez de conectar una red de bus y su costo no es elevado.

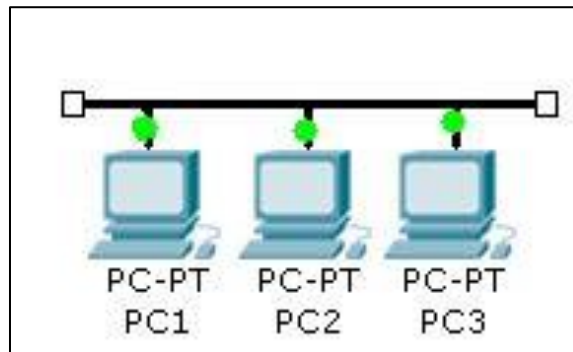


Figura 6 Topología de Bus.

1.2.4 Topología de Anillo.

En la topología de anillo cada dispositivo tiene una línea de conexión dedicada y punto a punto solamente con los dispositivos que están a sus lados (*ver Figura 7*). La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Cada dispositivo del anillo incorpora un repetidor. Cuando un dispositivo recibe una señal para otro dispositivo, su repetidor regenera los bits y los retransmite al anillo.

Entre sus ventajas se encuentra la fácil instalación, el añadir y quitar equipos, y las fallas son fáciles de aislar. Como desventaja tiene que el tráfico unidireccional puede ser una desventaja. En anillos sencillos, una ruptura del anillo puede inhabilitar toda la red, para esto se puede usar un anillo dual o un conmutador capaz de puentear la ruptura.

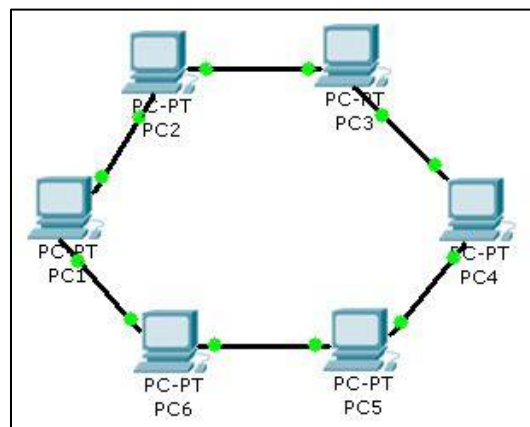


Figura 7 Topología de Anillo.

1.2.5 Topología de Árbol.

La topología de árbol es una configuración jerárquica. Como en la estrella, los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red (ver Figura 8). Sin embargo, no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central. La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central.

Las ventajas de esta topología son, permitir que se conecten más dispositivos a un único concentrador central, incrementar la distancia que puede viajar la señal entre dos dispositivos y permite aislar y priorizar las comunicaciones de distintas computadoras. Una desventaja es que la red sólo es tan confiable como el nodo central. Cuando falla el nodo central, falla el sistema.

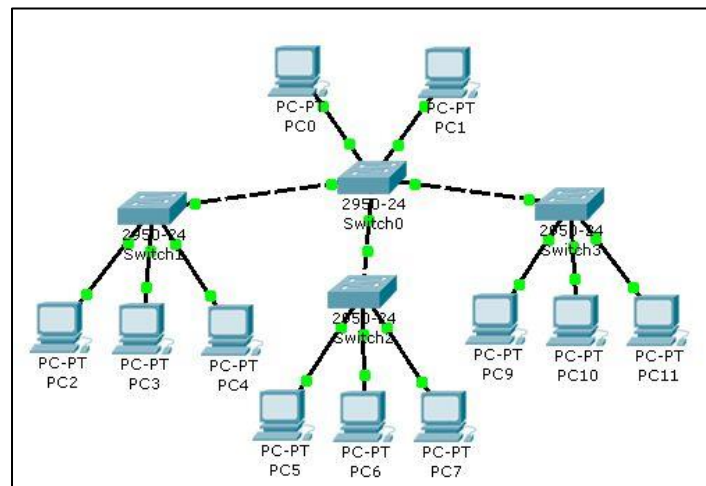


Figura 8 Topología de Árbol.

1.2.6 Topología de Malla.

En una topología de malla, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo (ver Figura 9). El término dedicado significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que conecta.

El uso de los enlaces dedicados garantiza que cada conexión sólo debe transportar la carga de datos propia de los dispositivos conectados, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos.

Una topología en malla es robusta. Si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema. Otra ventaja es la privacidad o la seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de una línea dedicada, solamente lo ve el receptor adecuado.

Como desventaja se puede encontrar que el mantenimiento de la red puede ser muy complejo debido a la cantidad de hardware que debe emplearse ante una red de este tipo, tanto cables y puertos.

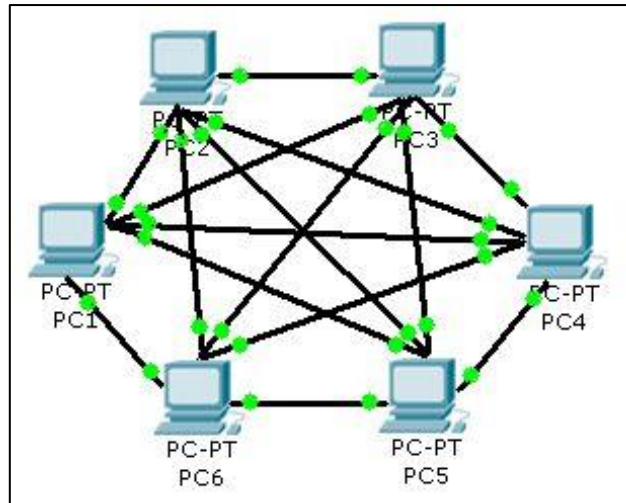


Figura 9 Topología de Malla.

1.2.7 Topología Híbrida.

A menudo, una red combina varias topologías mediante subredes enlazadas entre sí para formar una topología mayor (ver Figura 10). Un concentrador se encarga de unir diferentes tipos de topologías, por ejemplo una bus con una topología anillo en departamentos distintos de una empresa.

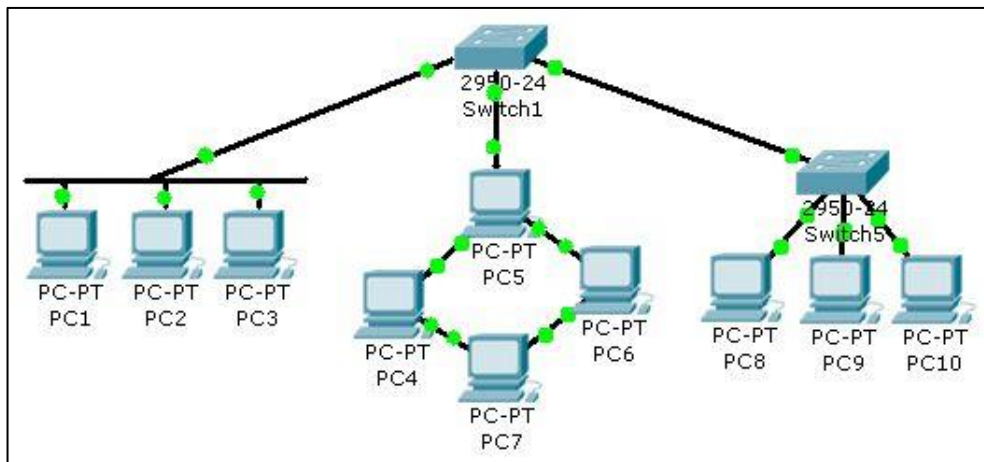


Figura 10 Topología Híbrida.

1.2.8 Topología lógica.

Una topología lógica es la forma en que una red transfiere tramas de un nodo al siguiente. Consta de conexiones virtuales entre los nodos de una red. Los protocolos de capa de enlace de datos definen estas rutas de señales lógicas.

La topología lógica de una red describe el flujo de datos a través de la red. Los tipos de topologías lógicas son de anillo y de bus.

1.2.9 Topología lógica de Anillo.

En una topología lógica de anillo, los datos se van transmitiendo desde una computadora a otra hasta que llegan a la computadora de destino. El cable transfiere una trama de datos completa permitiendo un bit por vez en el cable.

Para enviar datos, las computadoras deben aguardar hasta que se les notifique que es su turno. La topología lógica de anillo también se conoce como una topología activa, ya que cada computadora regenera la señal antes de pasarla.

1.2.10 Topología lógica de Bus.

Se conoce como una topología pasiva, ya que las computadoras no regeneran la señal ni la pasan, como lo hacen en una de anillo. En cambio, son necesarios dispositivos de red especiales, como los repetidores, para regenerar las señales a través de grandes distancias. Otra diferencia es que las estaciones de trabajo en una topología lógica de bus deben lograr obtener el derecho de transmisión. A diferencia de las transmisiones en un anillo lógico, todas las computadoras reciben los datos. Las computadoras miran la dirección de destino en los datos. Si esa dirección no está destinada a ellas, las computadoras descartan los datos.

1.3 Redes de Telecomunicaciones.

Un sistema de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones.

Se le denomina red de telecomunicaciones a la infraestructura encargada del transporte de la información (*ver Figura 11*). Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso.

Dependiendo la red que se utilice, los servicios serán diferentes y se requerirán terminales distintas para acceder a dichos servicios. La información que se transmite pueden ser datos de audio, de vídeo o de otros tipos. Las redes están basadas en infraestructuras de trabajo con cables o inalámbricas.

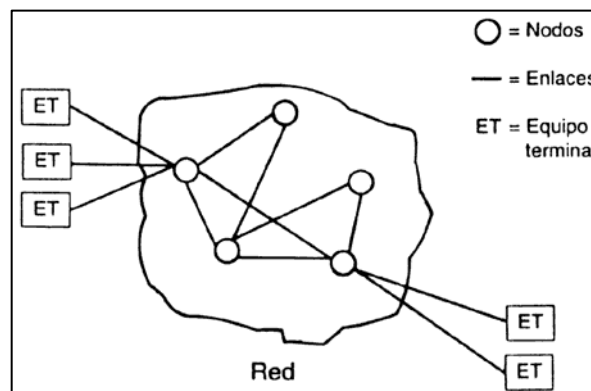


Figura 11 Diagrama de Red.

Existen varios tipos de red, y pueden variar en gran medida dependiendo de diversos factores:

- El tamaño del área que abarcan.
- Cantidad de usuarios o terminales conectados.
- Cantidad y tipos de servicios disponibles.
- El área de responsabilidad.

La siguiente tabla (*Tabla 1*) muestra las dimensiones de las redes existentes.

Distancia entre procesadores	Ubicados en el mismo	Red
1 m	m ²	Red de área personal (PAN)
10 m	Habitación-laboratorio	Red de área local (LAN)
100 m	Edificio	LAN
1 Km	Campus	LAN
10 Km	Ciudad	MAN
100 Km	País	MAN
1000 Km	Continente	Red de área amplia (WAN)
10000 Km	Planeta	Red de área global (GAN)

Tabla 1 Dimensión de Redes.

1.3.1 Personal Area Network (PAN).

Las redes de área personal están destinadas para comunicaciones entre dispositivos pertenecientes a un solo propietario o de corto alcance, con distancias menores a 10 metros.

1.3.2 Local Area Network (LAN).

Las redes de área local son administradas por una organización única, el control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de res. Estas redes cubren una pequeña área como una oficina, un edificio o un campus.

1.3.3 Metropolitan Area Network (MAN).

Este tipo de red, llamada red de área metropolitana, está diseñada para extenderse a lo largo de una ciudad entera, se utiliza en gran medida para la interconexión de LAN's corporativas.

Puede ser propiedad de una empresa privada o puede utilizar los servicios ofrecidos por las compañías de telefonía local.

1.3.4 Global Area Network (GAN).

La red de área global permite la conexión de una o varias LAN en diferentes países.

Da servicio de comunicación móvil que ofrece datos, voz y fax de alta calidad a velocidades de hasta 64 kpbs. También ofrece comunicaciones por voz con calidad de difusión.

1.3.5 Wide Area Network (WAN).

Las redes de área amplia abarcan grandes extensiones, tal como una ciudad completa, un estado o un país. Intercambian grandes cantidades de información. Por ejemplo, Internet.

1.4 Redes Inalámbricas.

Las redes inalámbricas son redes que utilizan ondas de radio para conectar dispositivos, sin la necesidad de utilizar cables de ningún tipo. Se clasifican en cuatro grupos, según el área de aplicación y el alcance de la señal.

Tipos de redes inalámbricas:

- Redes WPAN
- Redes WLAN
- Redes WMAN
- Redes WWAN

1.4.1 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).

Las redes inalámbricas de área personal se basan en el estándar IEEE 802.15. Permiten la comunicación en un rango de distancias cortas.

Este tipo de redes se caracterizan por su bajo consumo de energía y también una baja velocidad de transmisión. Se basan en tecnologías como Bluetooth, IrDA, ZigBee o UWB.

Desde un punto de vista de aplicación, Bluetooth (*ver Figura 12*) está destinado a un ratón, un teclado, unos audífonos; IrDA está pensado para enlaces punto a punto entre dos dispositivos para la transferencia de datos simples y sincronizados de archivos; ZigBee está diseñado para redes inalámbricas fiables para el seguimiento y control de procesos, mientras que UWB está orientado a enlaces multimedia de gran ancho de banda.

Una conexión realizada a través de una WPAN implica, por lo general, poca o ninguna infraestructura o conectividad directa fuera del alcance establecido. Esto permite soluciones pequeñas en una amplia gama de dispositivos, como por ejemplo, teléfonos inteligentes.



Figura 12 Conexión por Bluetooth.

1.4.2 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN).

Estas redes están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros y se utilizan sobre todo en el hogar, la escuela, una sala de ordenadores, o entornos de oficina.

Las WLAN se basan en el estándar 802.11 del IEEE y son comercializados bajo la marca Wi-Fi.

El estándar IEEE 802.11 o Wi-Fi (Anteriormente Wireless Ethernet Compatibility Alliance) define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI. Al hablar de Wi-Fi, nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada hoy en día.

Utilizan tecnologías tales como IEEE 802.11a, 802.11b, etc. Para conectividad a través de las bandas 2.4 GHz y 5 GHz. Los dispositivos pueden conectarse a un Access Point que trabaje en estas bandas (*ver Figura 13*).



Figura 13 Red WLAN.

1.4.3 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN).

Las WAN se basan en el estándar IEEE 802.16, a menudo denominado WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). WiMAX (ver Figura 14) es una tecnología de comunicaciones con arquitectura punto a multipunto orientada a proporcionar una alta velocidad de transmisión de datos a través de redes inalámbricas de área metropolitana. Esto permite que las redes inalámbricas LAN más pequeñas puedan ser interconectadas por WiMAX creando una WMAN.

Consecuentemente, la creación de redes entre ciudades puede lograrse sin la necesidad de cableado costoso. WiMAX opera en dos bandas de frecuencia, una mezcla de banda con licencia y banda sin licencia, de 2 GHz a 11 GHz y de 10 GHz a 66 GHz, pudiendo alcanzar velocidades de transmisión próximas a 70 Mbps en una distancia de 50 km a miles de usuarios desde una única estación base.

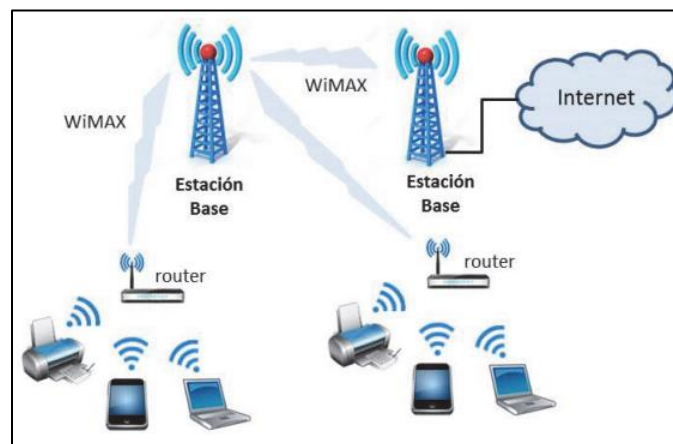


Figura 14 Red WiMAX.

1.4.4 Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN).

Estas redes se extienden más allá de los 50 kilómetros y suelen utilizar frecuencias con licencia. Este tipo de redes se pueden mantener en grandes áreas, tales como ciudades o países, a través de los múltiples sistemas satelitales o ubicaciones con antena atendidos por un proveedor de servicios de Internet. Existen principalmente dos tecnologías disponibles: la telefonía móvil y los satélites (ver Figura 15).

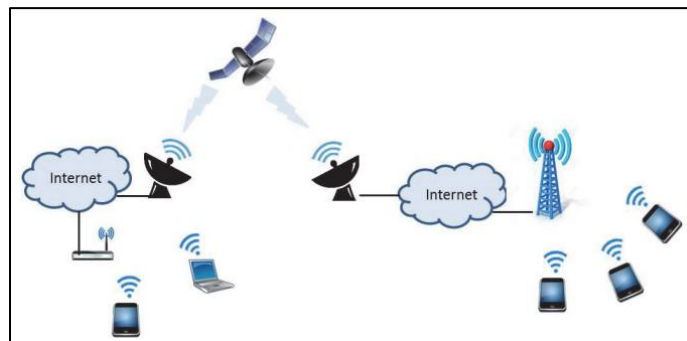


Figura 15 Red WWLAN.

1.4.5 Tecnología Inalámbrica Celular.

La tecnología celular es la base de las comunicaciones móviles inalámbricas. Posibilita el acceso en lugares difíciles para redes cableadas. Esta tecnología está presente en la telefonía móvil, los sistemas de comunicaciones personales, el acceso inalámbrico a internet, etc.

1.4.6 Red 3G.

El objetivo de la Red de Tercera Generación o bien conocida como Red 3G, es proporcionar un servicio de comunicaciones inalámbricas, permitiendo la conexión a Internet a través de un teléfono móvil inteligente. La tecnología 3G ofrece una mejor calidad y fiabilidad con mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior a las generaciones pasadas. Ofrece velocidades de datos de hasta 384 kbps, que es aproximadamente siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar.

La red 3G cuenta con alta disponibilidad, cobertura y compatibilidad en los dispositivos, y es usada por la gran mayoría de los proveedores de telefonía móvil hoy en día. Esta tecnología presentó una mejora antes de pasar a la cuarta generación, a dicha mejora se le conoce como HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), también conocida como 3.5G.

1.4.7 Red 4G.

La red 4G, es decir "Red de Cuarta Generación" de tecnología inalámbrica. Es una de las tecnologías más actuales del mercado mexicano, es hasta 10 veces más rápida que la red 3G, por lo cual, está hecha para sustituir completamente a la tecnología 3G en un futuro. La red 4G está basada completamente en IP (Internet Protocol) y maneja velocidades máximas de transmisión de datos de 100 Mbps en movimiento y 1 Gb en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta apunta de alta seguridad, permitiendo ofrecer diversos servicios en cualquier momento y lugar con un costo mínimo posible. Dentro de las tecnologías consideradas 4G se encuentra la tecnología WiMAX y LTE/Advanced (Long Term Evolution Advanced). Siendo LTE la más dominante debido a que tiene mayor eficiencia.

1.4.8 Red 5G.

5G es una tecnología que se encuentra en desarrollo en la actualidad, se predice que será una tecnología 100 veces más rápida que su generación anterior y que su llegada está prevista para el año 2020.

La 3GPP (3rd Generation Partnership Project: Proyecto Asociado de Tercera Generación) es la organización internacional que rige los estándares de comunicación móvil. Esta organización aprobó el estándar que definen las especificaciones de las redes móviles 5G. Este estándar de red móvil 5G será un sistema de redes independiente, es decir, no se podrá apoyar en los sistemas de redes actuales.

Este nuevo estándar 5G NR(New Radio), denominado “standalone”, permitirá tener una infraestructura de telecomunicaciones allá donde ahora mismo no hay comunicación con redes ni siquiera 4G/LTE, es decir, que se construirá desde cero un sistema para crear una red real y funcional con el estándar 5G.

Una nueva tecnología con la cual los fabricantes que prácticamente están empezando a ser padres de sus primeros dispositivos para esta tecnología que ya ha demostrado que puede llegar a ofrecer hasta más de 7 Gbps en entornos reales.

1.5 Modelos de Referencia de redes.

1.5.1 Modelo OSI.

El modelo de referencia de interconexión de Sistemas Abiertos (Open System Interconnection) lanzado en 1984 fue el modelo de red descriptivo creado por ISO. Proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red producidos por las empresas a nivel mundial.

El modelo de referencia OSI se ha convertido en el modelo principal para las comunicaciones por red. Aunque existen otros modelos, la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia de OSI.

Este modelo consiste en 7 capas. Estas capas se visualizan generalmente como un montón de bloques apilados o en inglés como un “stack of blocks”, por lo que se le conoce como el “OSI Protocol Stack”.

Las 7 capas del modelo OSI se muestran en la *Tabla 2*:

Modelo OSI	
7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace
1	Física

Tabla 2 Modelo OSI.

Descripción de las capas del modelo OSI.

Capa 7 – Aplicación: Esta capa interactúa con los programas indicándole los protocolos que debe emplear.

Capa 6 – Presentación: Realiza la traducción de protocolos, por ejemplo, código ASCII o código BCD. Se encarga de algoritmos de compresión y encriptación.

Capa 5 – Sesión: Administra el diálogo entre las dos aplicaciones en cooperación mediante el suministro de los servicios que se necesitan para establecer la comunicación, flujo de datos y conclusión de la conexión.

Capa 4 – Transporte: Esta capa proporciona el control de extremo a extremo y el intercambio de. Representa el corazón de la jerarquía de los protocolos que permite realizar el transporte de los datos en forma segura y económica (TCP Transmission Control Protocol, User Datagram Protocol).

Capa 3 – Red: Comprende las direcciones lógicas de los dispositivos (direcciones IP), con esto permite establecer comunicaciones extremo a extremo.

Capa 2 – Enlace: Asegura confiabilidad del medio de transmisión, ya que realiza la verificación de errores, retransmisión, identifica las direcciones MAC de los equipos.

Capa 1 – Física: Se encarga de las características eléctricas, mecánicas, funcionales y de procedimiento que se requieren para mover los bits de datos entre cada extremo del enlace de la comunicación.

La *Figura 16* muestra algunos protocolos que trabajan en el modelo OSI.

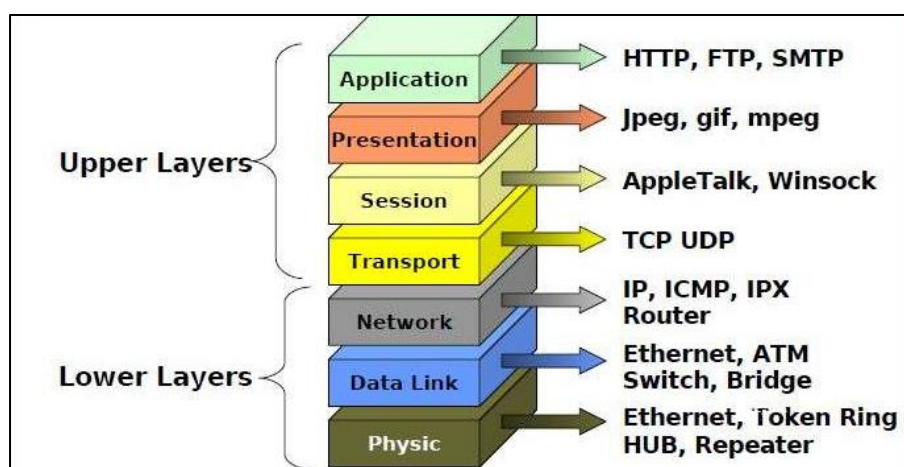


Figura 16 Modelo OSI y protocolos.

1.5.2 Modelo TCP/IP.

El modelo TCP/IP es un conjunto de protocolos de red que permite a dos computadoras intercambiar información, principalmente en Internet.

Contrariamente a otras tecnologías de red propietarias, TCP/IP ha sido desarrollado como una norma abierta. Esto quiere decir que cualquiera puede utilizar TCP/IP. Esto contribuyó a acelerar el desarrollo de TCP/IP como norma.

Las 4 capas del modelo TCP/IP se muestran en la *Tabla 3*:

Modelo TCP/IP	
4	Aplicación
3	Transporte
2	Internet
1	Acceso a la red

Tabla 3 Modelo TCP/IP.

Descripción de las capas del modelo TCP/IP.

Capa 4 – Aplicación: Permiten a las aplicaciones de usuario tener conectividad o utilizar los servicios de interconexión. Incluye las características de las capas de presentación y sesión del modelo OSI, es decir, abarca las características de representación, codificación y control de datos.

Capa 3 – Transporte: La principal tarea de la capa de transporte es proporcionar la comunicación entre un programa de aplicación y otro. Este tipo de comunicación se conoce frecuentemente como comunicación punto a punto. Nos permite saber el estado de la comunicación. Los protocolos de esta capa son TCP y UDP.

Capa 2 – Internet: La función principal es encargarse de la comunicación entre dispositivos. Maneja la entrada de datagramas, verifica su validez y utiliza un algoritmo de ruteo para decidir si el datagrama debe procesarse de manera local o debe ser transmitido. Los protocolos de esta capa son: IP e ICMP.

Capa 1 – Acceso a la red: Recibe los datagramas del nivel superior y los transmite hacia una dirección específica dentro de una red de área local. Utiliza el direccionamiento físico para enviar las tramas a su destino. Todos los dispositivos se identifican por medio de una

dirección física (MAC Address). La *Figura 17* muestra algunos protocolos que trabajan en las diferentes capas del modelo TCP/IP.

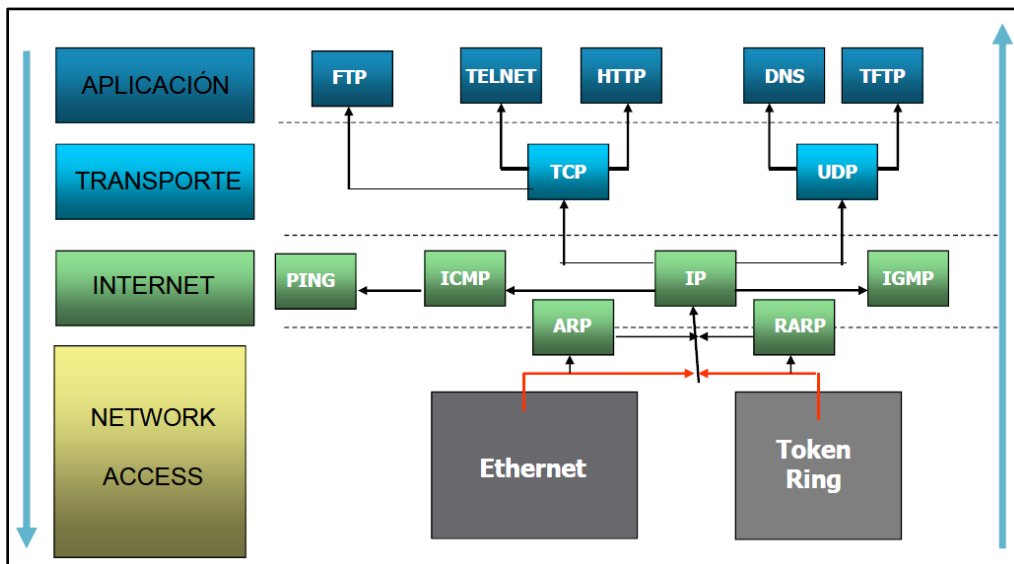


Figura 17 Modelo TCP/IP y protocolos.

1.6 Protocolo IP.

El protocolo IP (Internet Protocol) es el protocolo de nivel de red y ofrece un servicio sin garantía de servicio tipo *best effort*. Las redes IP son redes de tipo datagrama, es decir, que la información se divide en fragmentos más pequeños denominados datagramas o paquetes que se envían de manera independiente por la red. Además, ofrece un servicio sin conexión caracterizado porque la información se envía sin un diálogo previo entre los extremos que garantice que la comunicación tendrá recursos suficientes para llevarse a cabo.

El hecho de que cada paquete sea tratado de manera independiente en cada uno de los nodos de la red tiene importantes implicaciones, algunas de las cuales resultan críticas a la hora de transportar tráfico en tiempo real como es el caso de la voz.

En primer lugar, puesto que cada paquete sigue, a priori, un camino diferente a través de la red es posible que lleguen en un orden distinto con el que se generaron, por lo que en el destino habrá que reordenarlos adecuadamente.

También es posible que algún paquete se pierda porque alguno de los nodos o enlaces que atraviese esté fuera de funcionamiento o congestionado. La *Figura 18* muestra un ejemplo de cómo trabaja una red IP.

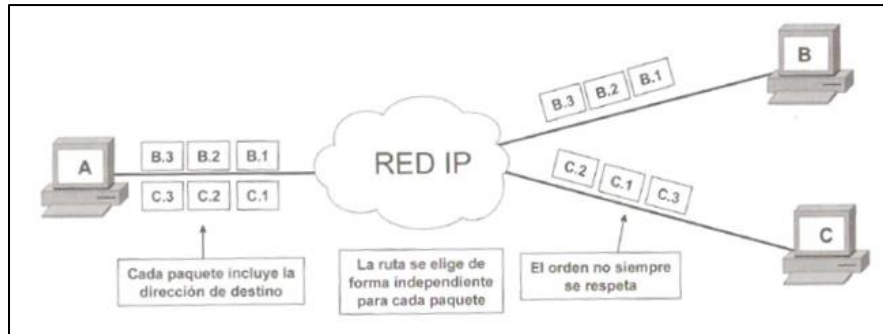


Figura 18 Red IP.

1.7 Medio de transmisión.

La transmisión es el proceso de transportar información entre dos puntos de una red. En las redes de telecomunicaciones, los sistemas de transmisión interconectan puntos distantes, por ejemplo, centrales telefónicas públicas o privadas.

Entre ellas es necesario enviar un gran número de canales de conversación y la cantidad de enlaces de conversación entre canales puede ser de centenas o millares, por lo que es necesario utilizar técnicas de multiplexación, esto para poder transmitir grandes cantidades de información sobre un mismo enlace. La transmisión se puede realizar por diferentes medios físicos, aéreos o no guiados.

1.7.1 Cable de par trenzado.

Es el tipo de cable más común y se originó como solución para conectar teléfonos, terminales y ordenadores sobre el mismo cableado. Cada cable de este tipo está compuesto por una serie de pares de cables trenzados. Los pares se trenzan para reducir la interferencia entre pares adyacentes. Normalmente una serie de pares se agrupan en una única funda de color codificado para reducir el número de cables físicos que se introducen en un conducto.

Tipos de cable par trenzado:

- UTP acrónimo de Unshielded Twisted Pair o cable de Par Trenzado sin Apantallar. Son cables que se utilizan para diferentes tecnologías de red local.
- STP acrónimo de Shielded Twisted Pair o Par Trenzado Apantallado. Son cables de cobre aislados dentro de una cubierta protectora.
- FTP acrónimo de Foiled Twisted Pair o Par Trenzado con Pantalla Global. Son unos pares de cables que poseen una pantalla conductora global en forma trenzada. Mejora la protección frente a interferencias y su impedancia es de 12 ohm.

En la *Tabla 4* se muestran las diferentes categorías del cable de par trenzado y en la *Figura 19* se aprecia una representación gráfica del mismo.

Especificaciones por categorías de Cable Par Trenzado				
Categoría	Frecuencia de Operación	Tasa de Transmisión	Distancia	Aplicación
CAT1	4 MHz	4 Mbps	-	Cable telefónico
CAT2	4 MHz	4 Mbps	-	Redes Token Ring
CAT3	16 MHz	10 Mbps	100 m	Token Ring y 10BASE-T Ethernet
CAT4	20 MHz	16 Mbps	100 m	Redes Token Ring
CAT5	100 MHz	100 Mbps	100 m	Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring
CAT5e	100 MHz	1000 Mbps	100 m	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
CAT6	250 MHz	1 Gbps	100 m	Gigabit Ethernet 10G Ethernet
CAT6a	500 MHz	10 Gbps	100 m	Gigabit Ethernet 10G Ethernet
CAT7	600 MHz	10 Gbps	100 m	Gigabit Ethernet 10G Ethernet
CAT7a	1000 MHz	10 Gbps	100 m	Gigabit Ethernet 10G Ethernet

Tabla 4 Categorías de cable de par trenzado.

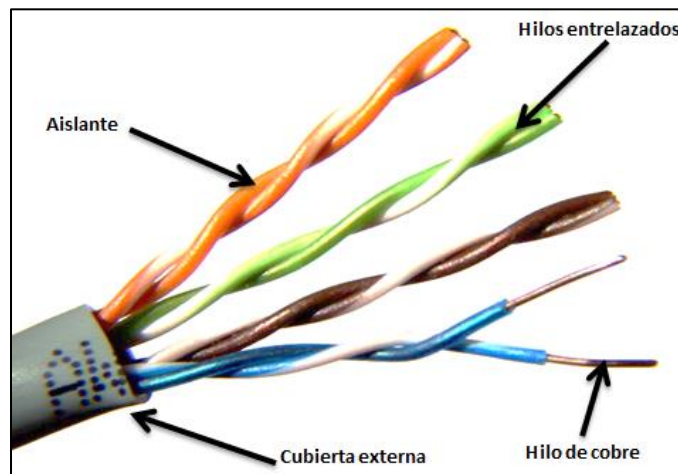


Figura 19 Cable de par trenzado.

1.7.2 Cable coaxial.

Cuenta con un núcleo de cobre sólido, o de acero con capa de cobre, o bien de una serie de fibras de alambre de cobre entrelazadas, esto dependiendo el fabricante.

Tiene una capa aislante que recubre el núcleo o conductor, generalmente de material de polivinilo, este aislante tiene la función de guardar una distancia uniforme del conductor

con el exterior. Cuenta con una capa de blindaje metálico, generalmente cobre o aleación de aluminio entretejido cuya función es la de mantenerse lo más apretado posible para eliminar las interferencias, además de que evita que el eje común se rompa o se tuerza demasiado, ya que si el eje común no se mantiene en buenas condiciones, la señal se va perdiendo.

Por último, tiene una capa final de recubrimiento, de color negro en el caso del cable coaxial delgado o amarillo en el caso del cable coaxial grueso, este recubrimiento normalmente suele ser de vinilo, xelón o polietileno uniforme para mantener la calidad de las señales (*ver Figura 20*).

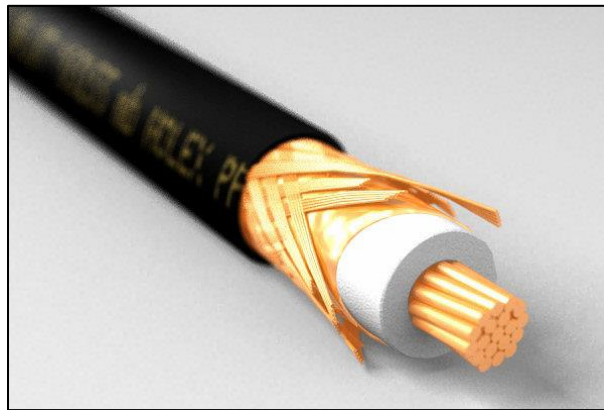


Figura 20 Cable Coaxial.

Cable coaxial banda base:

Se emplea para transmisiones digitales, tiene una impedancia de 50 ohms/km, puede alcanzar una distancia de 1Km, velocidades de transmisión de hasta 2 Gbps. Se denomina RG-58 o RG-62 (*ver Figura 21*).



Figura 21 Cable Coaxial BNC.

Cable coaxial banda ancha:

Se emplea para transmisiones analógicas, es ampliamente usado en sistemas de T.V. por cable. Tiene una impedancia de 75 ohm/Km y tiene un ancho de banda de 300 – 400 MHz en distancias de hasta 100 Km (*ver Figura 22*).



Figura 22 Cable Coaxial tipo F.

1.7.3 Fibra óptica.

La fibra óptica se compone de filamentos de vidrio, aunque algunas veces se pueden encontrar de plástico. La forma de enviar información a través de la fibra óptica es a través de haces de luz, los cuales viajan dentro de ella.

En telecomunicaciones, es el medio de transmisión más utilizado gracias a la gran capacidad que tiene de enviar información, ya que a través de un hilo de fibra óptica se pueden enviar millones de bits por segundo (bps) y acceder a servicios de manera simultánea con gran velocidad y calidad (*ver Figura 23*).

Gracias a su composición, la fibra óptica permite adaptarse a diferentes tipos de condiciones geográficas, ya que el cable de fibra óptica es más liviano, lo cual permite una fácil instalación sobre redes de energía, viales y de gasoductos, entre otras, con importantes características técnicas para su funcionamiento, además, como es la inmunidad al ruido y a las interferencias electromagnéticas.

La relación del costo de un cable de fibra óptica frente a los beneficios que se obtienen en la implementación y utilización del mismo generan una relación de ganancia importante, pues permite obtener grandes provechos frente a las altas cantidades de información que pueden transmitirse.

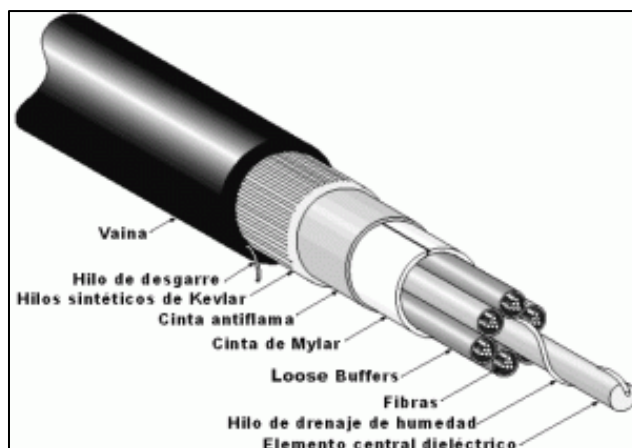


Figura 23 Fibra Óptica.

Existen dos tipos de fibra óptica:

Fibra Monomodo.

La fibra monomodo permite que sólo un modo de luz se propague a través de ella, puede acomodar un mayor ancho de banda y permite el tendido de cables de mayor longitud que la fibra multimodo.

Esta fibra tiene muy poca atenuación y por lo tanto se usan muy pocos repetidores para distancias largas. Por esta razón es muy usada para troncales con un ancho de banda de aproximadamente de 100 GHz por kilómetro (100 GHz-km). Una de las aplicaciones más comunes de las fibras monomodo es para troncales de larga distancia.

Fibra Multimodo.

La fibra multimodo permite la propagación de múltiples modos de luz. Esta fibra le da un alto ancho de banda a altas velocidades en distancias medias.

Existen dos tipos de fibra multimodo, multimodo-índice fijo y multimodo-índice gradual. El primer tipo es una fibra que tiene un ancho de banda de 10 a 20 MHz, este tipo de fibra es usado típicamente para distancias cortas menores a un kilómetro.

El segundo tipo, índice gradual, es un cable donde el índice de refracción cambia gradualmente. Puede ser usada para distancias largas. El ancho de banda es de 200 a 1000 MHz.

1.7.4 Ondas Electromagnéticas.

La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas. Tienen ventajas como la rápida instalación de la red sin la necesidad de usar cableado, permite la movilidad y tienen menos costos de mantenimiento que una red convencional.

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite y los infrarrojos.

1.7.5 Microondas.

En un sistema de microondas se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 GHz hasta 300 GHz.

- Distancia máxima: 40 Km
- Ancho de banda: 50 GHz
- Tasa de transmisión: 500 Mbps

Capítulo II: Fundamentos de Telefonía.

2.1 Breve historia de la telefonía.

En 1873, Alexander Graham Bell, comenzó a interesarse en el estudio de la telegrafía múltiple. Él pudo concebir la idea de lo que llamó “telégrafo armónico”, capaz de enviar mensajes simultáneos, es decir, distintos mensajes por un solo cable, utilizando para ello, varios pares de resortes de acero. Alexander Graham Bell quería lograr hacer que una corriente eléctrica variara de intensidad, imitando la compresión y descompresión del aire durante la producción de sonido, para así poder transmitir una palabra telegráficamente.

En 1876, pudo materializar su idea al realizar una conversación entre él y el científico Tomas A. Watson, transmitida de una habitación a otra por medio de un aparato. El primer mensaje en emitirse fue “Señor Watson, venga, lo necesito”. Esta transmisión marcó el surgimiento del teléfono.

Anteriormente, el italiano Antonio Meucci construyó un teléfono para conectar su oficina con su dormitorio, ubicado en el segundo piso, debido al reumatismo de su esposa. Sin embargo, carecía del dinero suficiente para patentar su invento.

El teléfono de Bell consta de un transmisor y un receptor, unidos por un hilo metálico a través del cual pasa la corriente eléctrica. Las vibraciones en la membrana del transmisor originan vibraciones eléctricas en el circuito gracias a un electroimán. Al actuar sobre el electroimán del equipo receptor, estas variaciones eléctricas producen vibraciones mecánicas en una membrana que son réplica de las vibraciones que suceden en la membrana del transmisor (*ver Figura 24*).

El teléfono pasó a evolucionar rápidamente, lo que permitió incrementar la distancia de transmisión y la distancia de alcance. En 1877, se creó la empresa Bell, en la cual Thomas Edison patenta un transmisor mejorado, que se basó en un bloque con un granulado de carbón que varía su densidad y conductividad en función de la presión sonora incidente.

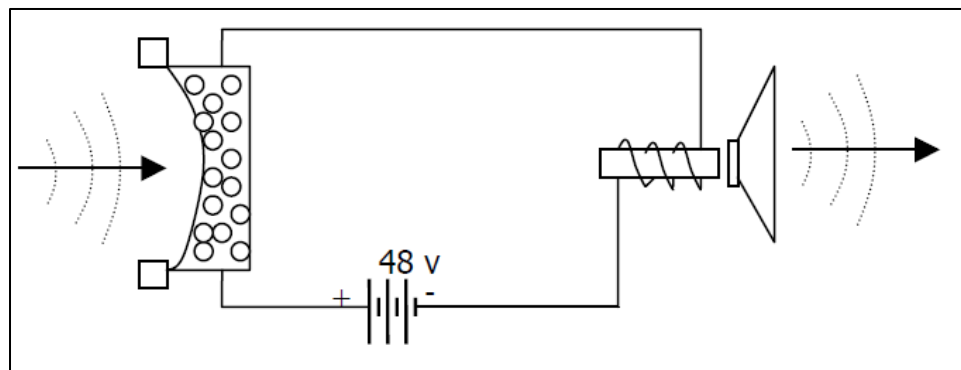


Figura 24 Diagrama básico del teléfono.

El cable por el que se transmite la corriente eléctrica variable que envía el emisor se conecta a un electroimán, cuyo extremo se encuentra unido por medio de una lengüeta metálica a un diafragma que produce el sonido. Las primeras comunicaciones telefónicas se llevaban a cabo uniendo los teléfonos directamente, por lo que dos personas que deseen hablar, tan sólo deben comprar un teléfono y unirlo con un cable hasta el otro.

Aparato telefónico.

El aparato telefónico es un elemento de comunicación utilizado por los abonados, este aparato ha tenido una gran evolución en las últimas décadas. Originalmente, estos aparatos debían estar conectados a las líneas telefónicas y no podían moverse con facilidad, actualmente, la tecnología telefónica ha logrado que este aparato tenga mejor portabilidad.

El teléfono convencional se compone de los siguientes elementos:

- **Campana:** también conocida como timbre, es el oscilador o timbre que se conecta a la bocina. Esta se conecta directamente al trenzado local del lazo con dirección a la central telefónica. Es desde esta central donde se produce una señal cuando se recibe una llamada, lo cual hace que suena la campana.
- **Bobina híbrida:** Se trata de un devanado que funciona como un transformador que recibe u transmite en un solo par de conductores.
- **Circuitos de marcación:** A través de estos circuitos, el usuario introduce el número telefónico al que desea llamar. Estos circuitos han cambiado a través de los años, por ejemplo: en un principio contaba con un sistema de pulsos por discado y hoy en día se usa un sistema de marcación por tonos o sistema de multi-frecuencia, donde se muestran botoneras que dan acceso a los números a marcar.
- **Teclado DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency):** Se trata de cuatro teclas adicionales al sistema de marcación, el cual ofrece aplicaciones especiales.
- **Receptor:** Es una bocina que tiene un pequeño imán al cual se conecta un diafragma. En esta parte, la señal eléctrica es transformada en energía acústica, lo cual ofrece el sonido de la voz al oído.
- **Transmisor:** Es un micrófono que permite hablar durante la llamada. Contiene un carbón que transforma las vibraciones acústicas en cambios de resistencia, que generan alteraciones en la corriente eléctrica del lazo local.
- **Interruptor de gancho:** Se encarga de mantener el control del dispositivo que actúa a través del auricular del teléfono. Con este se abre o cierra los circuitos que hacen operar al teléfono, donde el auricular se mantiene en reposo cuando es colocado en este gancho. Actualmente existen teléfonos que ya no tienen gancho y utilizan sensores electrónicos.

La *Figura 25* muestra el diagrama de la conexión que hay entre dos teléfonos.

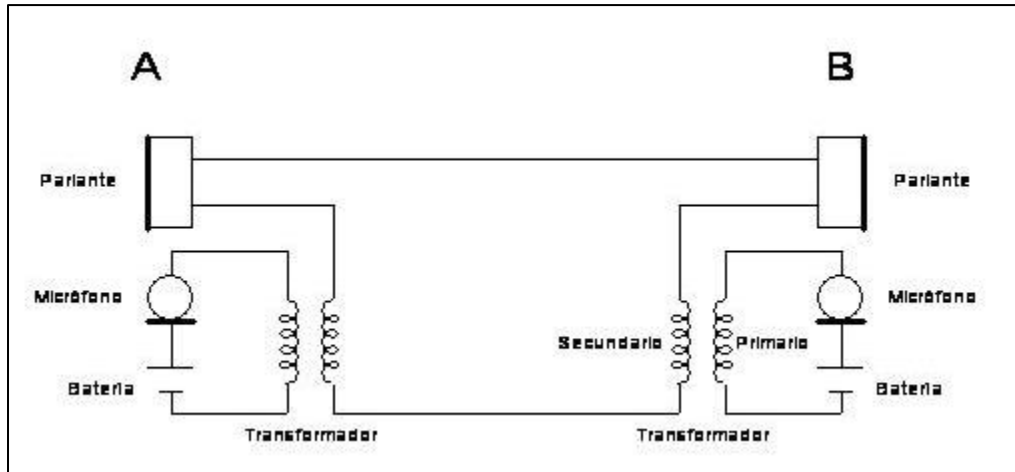


Figura 25 Conexión entre dos teléfonos.

2.2 Redes telefónicas.

La red telefónica, dada su extensión y complejidad, se puede clasificar en lo que constituye las propias centrales de conmutación, la parte de interconexión que las une y la parte de enlace con los usuarios o abonados. Los tipos de redes son:

2.2.1 Red de enlace.

Está constituida por los circuitos que unen las centrales entre sí, utilizando medios de transmisión diversos como cables de pares o fibras ópticas, que son los que proporcionan la vía de comunicación cuando un usuario desea comunicarse con otro que cuelga de una central distinta a la suya.

2.2.2 Red de abonados.

Es el conjunto de elementos de conexión entre los equipos de abonado o usuario y la central local a la que pertenecen, de tal manera que cada uno de ellos tiene asignado un circuito único (bucle de abonado). Un buen ejemplo de una línea de una red de abonados sería una línea telefónica instalada en una casa.

2.2.3 Centrales de conmutación de circuitos.

Si bien existe la conmutación de circuitos, de paquetes y de mensajes, la conmutación de circuitos es la adecuada para cursar el tráfico de voz ya que no introducen retardo, al que la misma es muy sensible, llegando incluso a hacer ininteligible una conversación si es muy elevado dicho retardo.

Por conmutación de circuitos se entiende la técnica que permite que dos terminales (emisor y receptor) se comuniquen a través de un circuito único y específico, establecido para tal propósito antes del inicio de la misma y liberado una vez que ha terminado, quedando en este caso a disposición de otros usuarios para su utilización de igual forma.

La *Figura 26* nos permite ver la técnica de conmutación de circuitos.

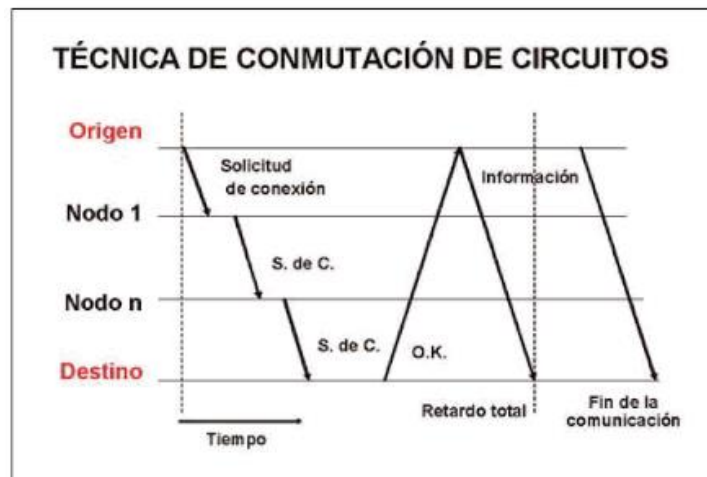


Figura 26 Conmutación de circuitos.

En ésta técnica se produce un retardo inicial, hasta que se establece el enlace a través de todos los nodos que forman el circuito, seguirán utilizando el mismo circuito hasta que la persona que llama cuelgue.

2.2.4 Public Switched Telephone Network (PSTN).

La red telefónica pública conmutada (RTPC) es una red de conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. Cuando llama alguien, cierra un conmutador al marcar y establece así un circuito con el receptor de la llamada. PSTN garantiza la calidad del servicio (QoS) al dedicar el circuito a la llamada hasta que se cuelga el teléfono. Independientemente de si los participantes en la llamada están hablando o en silencio (*ver Figura 27*).

Para acceder a la red pública sólo necesitaremos dos hilos (par de cables) que forman una línea telefónica básica. La infraestructura necesaria para ofrecer servicios de larga distancia son una red telefónica pública conmutada y los sistemas, procesos, y recursos humanos necesarios para explotar dicha red.

Esta red consta de cuatro elementos principales para su funcionamiento:

- Aparato telefónico.
- Transmisión.
- Conmutación.
- Señalización.

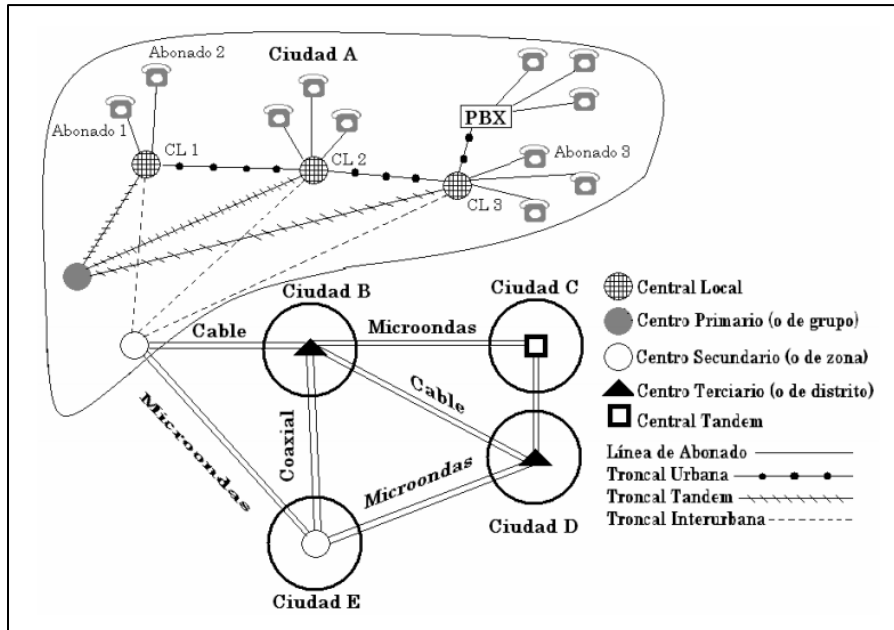


Figura 27 Red Telefónica Pública Conmutada.

2.2.5 Private Branch Exchange (PBX).

PBX es una pequeña central telefónica (centralita) que proporciona servicios a una organización en particular (lo opuesto a una central telefónica que brinda servicio al público en general). Normalmente se instala dentro de las mismas oficinas de la organización; permite comunicación interna, y cuenta con diversos accesos a la red telefónica pública. Al PBX también se le puede conocer como PABX (Private Automatic Branch Exchange). Ya que antes se necesitaba de un operador para realizar las funciones del PBX, ahora es automático.

2.2.6 Componentes principales de un PBX.

Unidad de control: Es la que se encarga de gestionar las diferentes funciones del PB. En la actualidad, está compuesta por uno o más procesadores. Puede ser centralizada o distribuida.

Matriz de conmutación: Es el componente en el que se efectúan todas las conexiones entre diferentes usuarios, así como entre estos y los circuitos de servicio. En los equipos modernos se conforma por un banco de memoria con celdas de 8 bits, en donde se almacenan las muestras digitalizadas de la voz en formato PCM.

Concentradores: En ellos se alojan los circuitos de usuario, de servicio, de servicio y los enlaces a la red pública. Dependiendo del fabricante, el nivel de concentración varía desde 1:1 hasta 1:X.

Circuito de servicio: Son circuitos auxiliares que sirven para la correcta operación del PBX; los principales son los detectores de tono de marcar, emisores/receptores DTMF (Dial Tone Multy Frequency) y MF-R2, circuitos para conferencia, generadores de guias vocales, así como tonos y música.

Troncales: Son los circuitos de interconexión con las redes pública y privada; pueden ser tanto analógicos como digitales. Por ejemplo el E1 CAS, ISDN-BRA, entre otros.

Extensiones: Son los circuitos de interfaz con los aparatos de cada usuario, pueden ser analógicos o digitales. Como ejemplos se pueden mencionar los siguientes: Pulsos/DTMF, circuitos propietarios, ISDN-BRI, extensiones inalámbricas.

La *Figura 28* muestra el diagrama a bloques de los componentes generales de un PBX.

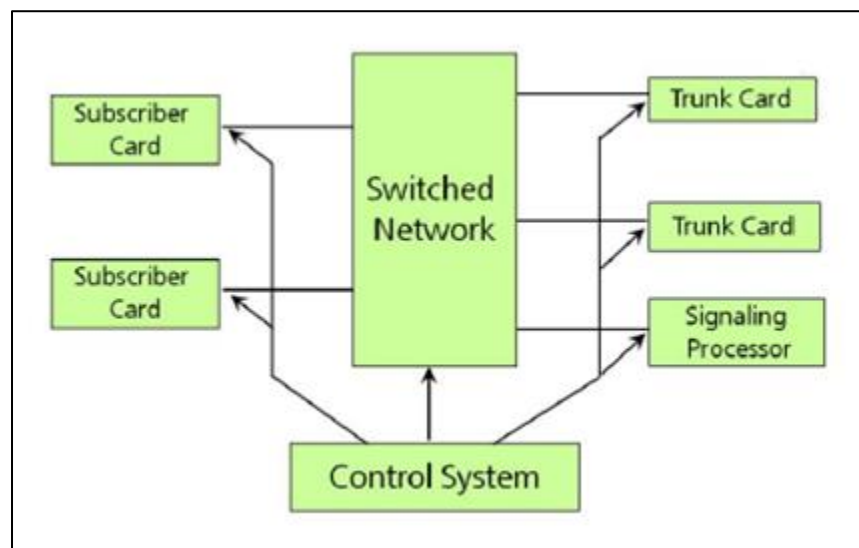


Figura 28 Interfaces de un PBX.

- PBX: Private Branch Exchange
- Subscriber Card: Proporciona interfaces para conectar los teléfonos internos.
- Trunk Card: Proporciona la interface para conectar el teléfono de la empresa o de otros PBX, es decir, conexiones troncales.
- Switched Network: Conecta una llamada entrante con una saliente.
- Signaling Processor: Recibe y envía información de señalización.
- Control System: Es el corazón del PBX, ejecuta todas las acciones necesarias para establecer/terminar una conexión.

En la *Figura 29* observamos las interfaces y troncales de un PBX.

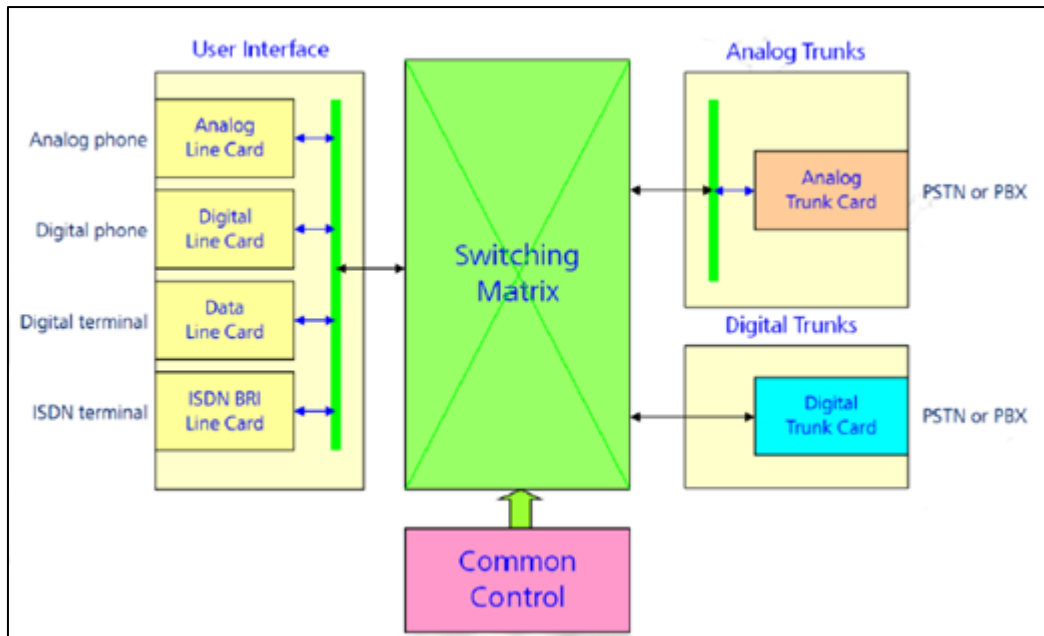


Figura 29 Interfaces y troncales de un PBX.

2.3 Telefonía Digital.

2.3.1 Conmutación analógica y digital.

La señal eléctrica generada por el aparato telefónico es de tipo analógico, modulada por la voz, y limitada dentro de un ancho de banda comprendido entre 300 y 3400 Hz. Esta señal, como tal, ha de ser transmitida a lo largo de la red hasta alcanzar su destino final, aplicando la menor distorsión y atenuación posible, para lo cual sufre un proceso de digitalización y codificación (ver Figura 30).

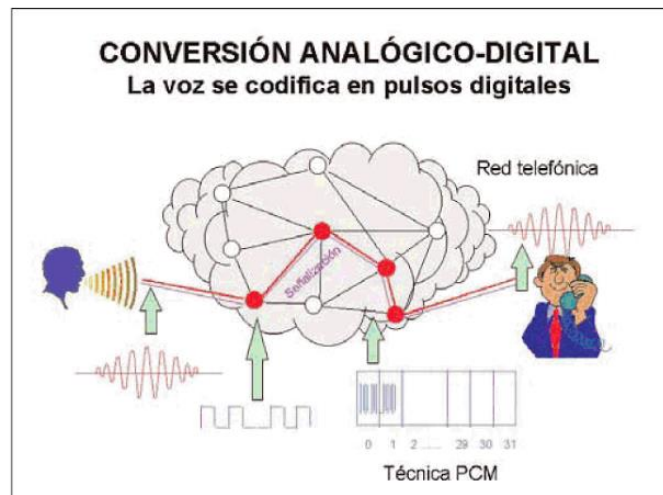


Figura 30 Codificación de la voz.

2.3.2 Línea analógica.

Cuando hablamos en un teléfono analógico, la señal de sonido es convertida en señal eléctrica. El volumen y tono que usamos al hablar, resulta en diferentes variaciones de corriente eléctrica. Voltaje, frecuencia, corriente y carga eléctrica se combinan para representar las propiedades eléctricas de la voz (*ver Figura 31*).

Las líneas analógicas usan las propiedades de la electricidad para transmitir la señal sobre cable. Obviamente, el proceso de enviar audio sobre líneas telefónicas es más complejo que solo enviar señales de audio. Adicionalmente, los teléfonos analógicos que usamos en nuestro hogar tienen diferentes tipos de señalización también. La señalización puede incluir mensajes, como lo son el tono de llamada, los dígitos marcados, las señales de ocupado, etc.

Cada circuito analógico está compuesto de un par de alambres. Uno de los alambres es la tierra, o el lado positivo de la conexión (también llamado “Tip”). El otro alambre es la batería, o el lado negativo de la conexión (también llamado “Ring”). Estos dos alambres son los que energizan el teléfono analógico y permiten que funcione.

Cuando el teléfono es descolgado, el teléfono conecta los dos alambres, causando así una señal eléctrica de 48V DC que fluye hacia la central telefónica o central office (CO).

Esto se conoce como *loop start signaling* o bucle de inicio de señalización.

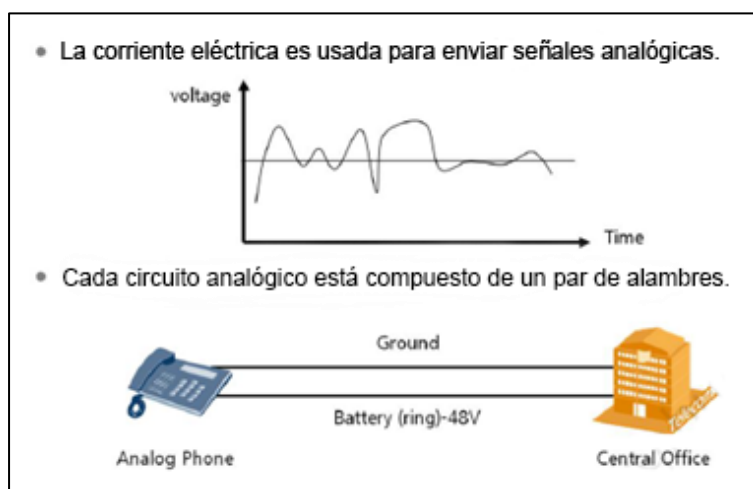


Figura 31 Circuito analógico.

2.3.3 Línea Digital.

Las señales analógicas fueron una gran mejora, sin embargo, tienen sus desventajas. Primero, una señal eléctrica analógica presenta atenuación a grandes distancias. Para incrementar la distancia de esta señal, la compañía telefónica tendría que instalar repetidores para regenerar la señal (*ver Figura 32*).

Desafortunadamente, al ser regenerada la señal, esta presentaba ruido de línea, el cual se amplificaba junto con la señal regenerada. Por lo que, entre más más regeneraba una señal, la compañía telefónica distorsionaba más la señal y presentaba dificultad para entender la señal origen.

Otra dificultad que presentó la línea analógica, fue el aumento de número de cables que se tenían que colocar para cubrir más áreas geográficas. Una conexión digital fue la solución para poder enviar múltiples llamadas sobre un solo par de alambres.

Las señales digitales usan valores discretos para representar niveles de voz en lugar de una combinación de señales eléctricas.

Gracias a esto surgieron los circuitos digitales que pueden soportar múltiples sesiones al mismo tiempo. Al mismo tiempo de que tiene la ventaja de que se conecta rápidamente, tiene alta densidad de puertos y mayor información de la llamada. Su desventaja es que la renta de un circuito digital presenta un costo mayor al de un analógico.

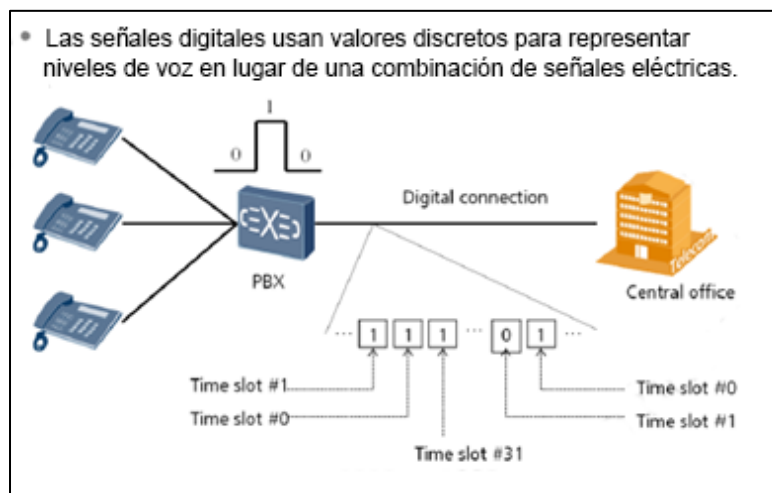


Figura 32 Circuito digital.

2.3.4 Digitalización de la voz.

Un convertidor analógico-a-digital (abreviado ADC, A/D) es un dispositivo que convierte una señal física continua en un número digital que representa la amplitud cuantificada de la señal. La necesidad de mejorar la señal debido a problemas con el tiempo y distancia, y al recibir señales no deseadas, impulsaron esta tecnología. Una señal digital es una señal física que es representación de una secuencia de valores discretos.

La conversión A/D contiene tres pasos: Muestreo, Cuantización, Codificación (*ver Figura 33*).

- Muestreo es la conversión de una señal analógica continua en una señal discreta. Un ejemplo es la conversión de una onda de sonido (señal continua) en una secuencia de muestras (señal discreta en el tiempo).

- Cuantización es el proceso de convertir cada valor de la muestra análoga en un valor discreto al que se le puede asignar un código digital único.
- Codificación es el proceso mediante el cual la información de una fuente es convertida en símbolos para ser comunicada.
- Decodificación es el proceso inverso de la codificación, convirtiendo de vuelta este código de símbolos en información que el receptor puede entender.

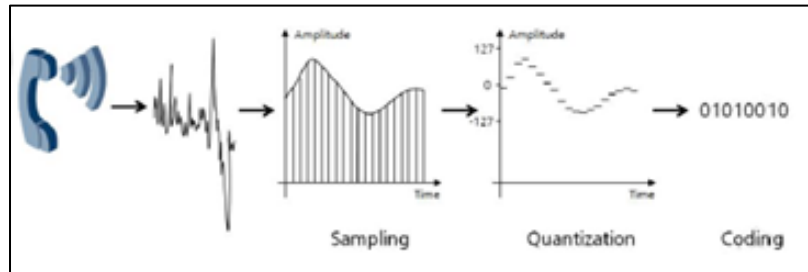


Figura 33 Digitalización de la voz.

2.3.5 Compresión de la voz.

En la conversión A/D hay técnicas de optimización de codificación que se adoptan en la codificación de la voz.

Las ventajas de codificar la voz son:

- Mejorar la calidad de las llamadas.
- Mejora la eficiencia de utilización de espectro.
- Mejora en la capacidad del sistema.

Las tecnologías de codificación más comunes se presentan en la *Tabla 5*:

Códec	Técnica de modulación	Tamaño de la muestra (ms)	Ancho de banda neto (Kbps)
G.711	PCM	0.125	64
G.726	ADPCM	0.125	32
G.723.1	CELP	30	5.3
G.728	LD-CELP	15	16
G.729	CS-ACELP	10	8
iLBC	CELP	30 / 20	13.3 / 15.2

Tabla 5 Tecnologías de codificación.

Siendo PCM (Pulso Code Modulation) la técnica utilizada en la PSTN (Public Switched Telephonic Network).

2.3.6 Multiplexor.

Los multiplexores son circuitos combinatoriales con varias entradas y una única salida de datos. Están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida.

También es necesario el uso de un demultiplexor el cual realiza la función inversa de un multiplexor (*ver Figura 34*).

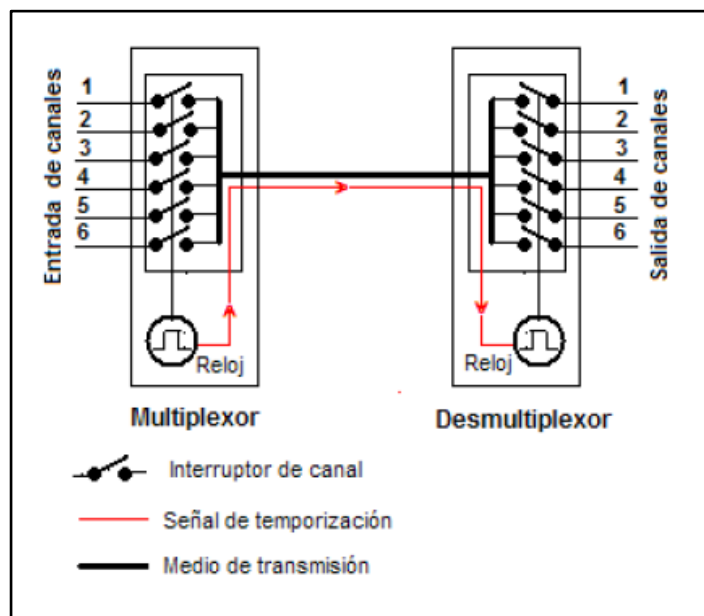


Figura 34 Multiplexor y Demultiplexor.

2.3.7 Técnica TDM (Time Division Multiplexing).

La Multiplexación por División de Tiempo (TDM) es una técnica para compartir un canal de transmisión de señales digitales entre distintas fuentes o “usuarios”. Consiste en asignar a cada usuario o fuente, durante unas determinadas “ranuras de tiempo” o “slots”, la totalidad del ancho de banda disponible. Esto se logra organizando el mensaje de salida en unidades de información, conocidas como “tramas”, y asignando intervalos de tiempo fijos dentro de la trama a cada canal de entrada. De esta forma, el primer canal de la trama corresponde a la primera comunicación, el segundo a la segunda, y así sucesivamente, hasta que el n-esimo más uno vuelva a corresponder a la primera (*ver Figura 35*).

Ventajas.

- Bajo costo.
- Reducido tamaño de los equipos terminales.
- Inmunidad a las no linealidades de amplitud de enlace.
- Los canales telefónicos individuales pueden ser insertados y extraídos.

Desventajas.

- Los sistemas TDM no se pueden interconectar con técnicas como FDM (Multiplexación por División de Frecuencia).
- El costo inicial es alto.
- Mayor complejidad técnica.
- El problema del ruido para la comunicación analógica tiene mayor efecto.

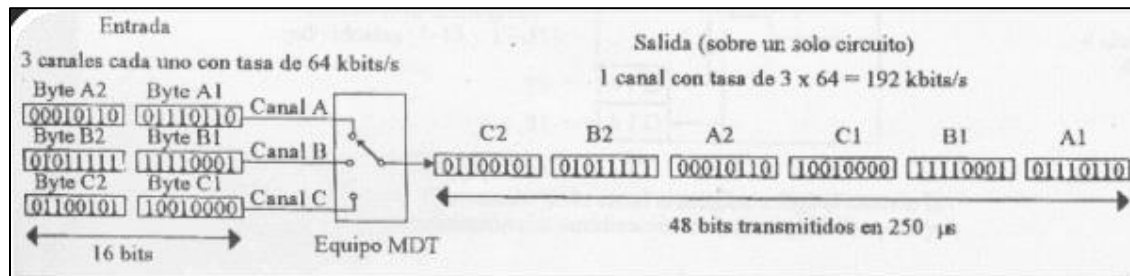


Figura 35 Trama TDM.

2.3.8 Red Digital de Servicios Integrados.

Diversas comunicaciones pueden transmitirse en formato digital (unos y ceros) a la vez a través de los cables de teléfono tradicionales (el par de cobre tradicional). Las líneas digitales forman parte de la Red Digital de Servicios integrados (RDSI) o también conocida como Integrated Services Digital Network en inglés (ISDN), y se basan en un protocolo digital que permite proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de tele servicios y otros tipos. Esta tecnología permite una mayor capacidad de transmisión, donde voz y datos pueden viajar a la vez. En general tiene una capacidad de 128kbps tanto para subida como para bajada y de aquí salen los dos canales de voz de 64kbps.

A continuación vemos las principales características de una línea RDSI:

- Líneas RDSI (BRI), permiten 2 comunicaciones simultáneas a través de 2 canales de 64 Kbps, para voz o datos.
- Cada canal supone una numeración, conocido como DID (Direct Inward Dialing), con la que nos pueden llamar y emitir llamadas, sin embargo se suele configurar en centralita para usar uno principal para identificarse en las llamadas salientes, o saltar a otros números en la recepción de llamadas si el principal está comunicando.

- Las líneas RDSI (PRI), permiten hasta 30 comunicaciones simultáneas a través de 30 canales de 64 Kbps, para voz o datos.
- Mayoritariamente utilizada en el mercado empresarial.
- Mayor calidad de sonido que las analógicas (código G-711) ya que no hay ruidos ni interferencias.

La señalización ISDN consiste en un protocolo de mensajes que se implementan sobre un canal digital. Este canal digital puede contener la señalización de uno o varios canales telefónicos de voz.

El servicio conocido como “Servicio Básico” o BRI (Basic Rate Interface) es brindado por la mayoría de las centrales públicas, y soportado por gran cantidad de centrales telefónicas privadas. Otro servicio estandarizado de ISDN es el denominado “Servicio Primario” (“PRI – Primary Rate Interface). El servicio PRI brinda 30 canales de voz, en una trama E1.

2.3.9 Formato E1.

De acuerdo con el teorema del muestreo, si se toman muestras de una señal eléctrica continua a intervalos regulares y con una frecuencia que sea al menos el doble de la frecuencia máxima que se quiera muestrear, dichas muestras tienen toda la información necesaria para reconstruir la señal original.

Una señal telefónica analógica de audio está comprendida entre 300 Hz y 3400 Hz, por lo que la frecuencia de muestreo deberá ser igual o mayor que 6800 Hz.

La norma que definió el protocolo E1, estableció la frecuencia de muestreo en 8000 Hz, lo que significa que cada señal telefónica analógica de audio será muestreada 1 vez cada 125µseg ($1/8000 \text{ Hz} = 0.000125 \text{ segundos}$).

Como la norma prevé transmitir 32 canales (30 para voz, 1 para señalización y 1 para sincronización del enlace), dispondrá de 3.9µseg ($125/32 = 3.9$) para cada canal. Los 32 canales son modulados en PCM.

El conjunto de eventos que ocurren dentro del período (125µseg) de la frecuencia de muestreo (8 kHz), recibe el nombre de trama E1 (frame en inglés).

Como la trama consiste en un lapso de tiempo, se dice que cada canal ocupa una ranura de tiempo (slot en inglés).

Durante los 125µseg que dura la trama, cada canal es muestreado durante 3.9µseg y de ese proceso se obtienen 8 bits del código binario que representan al nivel de ese canal mientras dure su slot. La trama es un período muy corto de tiempo y en un segundo (1.000.000µseg) se producen 8000 tramas ($1\text{seg}/125\mu\text{seg} = 8000$) (ver *Figura 36*).

Entonces, tenemos:

$$\begin{aligned}
 &125\mu\text{seg} \text{ ----- } 8 \text{ bits} \\
 &1\text{seg} = 1.000.000\mu\text{seg} \text{ ----- } x \\
 &X = 8 \times 1.000.000 / 125 = 64.000 \text{ bits/seg} = 64 \text{ Kbits/seg} \text{----- cada canal.}
 \end{aligned}$$

Si multiplicamos 64 Kbits/seg x 32 = 2.048 Kbits/seg----- la trama completa.

Estas son las transferencias de kilobits que realizan cada canal y la trama completa, respectivamente, en 1 segundo.

Los slots de tiempo de sincronización, slot de tiempo 0 en cada frame, contienen 8 bits cuyo propósito es formar una señal de reconocimiento para el receptor, a fin de mantener a este sincronizado con el transmisor para que cada canal PCM pueda ser correctamente identificado. Los slots de tiempo de señalización, slot de tiempo 16 en cada frame, pueden ser usados de muchas maneras. La gran capacidad de señalización de 64 Kbits/seg, ofrece flexibilidad para la elección de diversos esquemas posibles para diferentes propósitos.

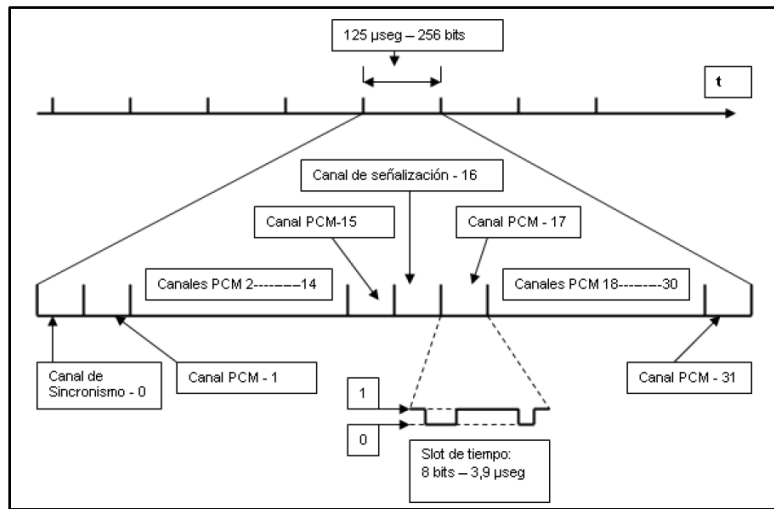


Figura 36 Trama E1.

2.4 Señalización.

Es el intercambio de información de control de llamadas dentro del mismo canal que usa la llamada telefónica, ejemplo, la marcación por tonos (*ver Figura 37*).

Para establecer una comunicación telefónica entre dos dispositivos, es necesario implementar protocolos de señalización, que permitan indicar la atención de una llamada.

Esencialmente, la señalización básica que debe existir entre un teléfono y una central telefónica, consiste en poder enviar y/o recibir la siguiente información:

- Solicitud de iniciar conversación.
- Seleccionar con quien se desea hablar.
- Indicación del progreso de la llamada (timbrando, ocupado, etc.).
- Indicación de recepción de una nueva llamada.
- Indicación de llamada terminada.

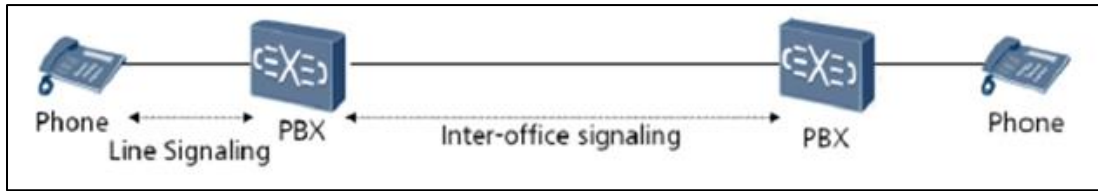


Figura 37 Señalización

2.4.1 Señalización por Canal Común (CCS).

CCS (Common Channel Signaling) transmite la señalización en un canal aparte al canal en que viaja la información, su objetivo es pasar la información de una central hacia la siguiente de la forma más eficiente posible.

Se le conoce como señalización fuera de banda. Los canales de voz o troncales, sólo son utilizados hasta que se establece una conexión (ver Figura 38).

Un ejemplo de CCS es SS7.

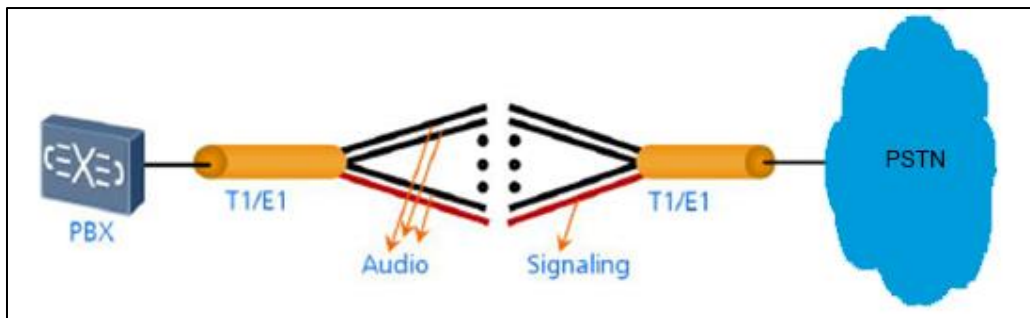


Figura 38 Señalización por canal común.

2.4.2 Señalización por Canal Asociado (CAS).

CAS (Channel Associated Signaling) transmite la señalización en el mismo canal en que se transporta la información (audio), con lo que reduce ligeramente el ancho de banda útil para la información (ver Figura 39).

Se utiliza en circuitos T1 y E1, toma el octavo bit de cada canal de comunicación cada 6 frames, remplazándolo por información de señalización, de esta manera se pierde el octavo byte, ya que la voz no resulta muy sensible a la pérdida de este bit de información que es el menos significativo.

Sin embargo, cuando se transmiten datos, no se puede perder un byte, pues ello degrada la transmisión de datos de manera sensible.

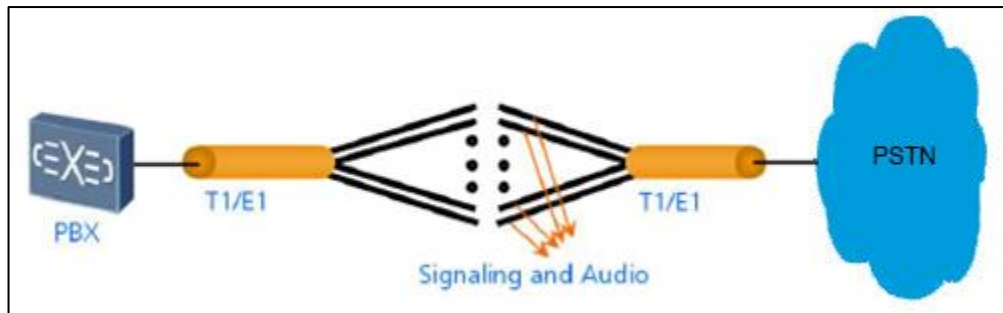


Figura 39 Señalización por canal asociado.

2.4.3 Señalización Qsig.

Es un protocolo de señalización normalmente utilizado en PABX (Private Automatic Branch eXchanges), es utilizado para servicios básicos (establecer y liberar llamadas) y para servicios complementarios (control de funciones). Opera dentro de una Red Privada de Servicios Integrados (PISN). QSIG ocupa uno de los 24 o 30 canales de 64 kbps, según hablemos de transmisión T1 o E1.

QSIG es un protocolo basado en RDSI Q.931 y ofrece funciones mejoradas de comunicación entre Conmutadores en una Red Privada que además de una marcación transparente cerrada o abierta ofrece varias funciones determinadas por la normalización internacional del protocolo QSIG.

2.4.4 Señalización R2.

La señalización R2 digital utiliza también una trama digital E1 de 2.048 kb/s, similar a la ISDN PRI. Se diferencia de ésta última en el uso del canal de señalización.

Al igual que en ISDN PRI, cada canal de voz tiene asociado un “time slot” de 64 kb/s. 30 canales de voz son multiplexados en el tiempo, junto con un canal de señalización y otro canal de sincronismo (ambos de 64 kb/s), dando lugar a una “trama” digital de 2 Mb/s con 32 canales (ver Figura 40).

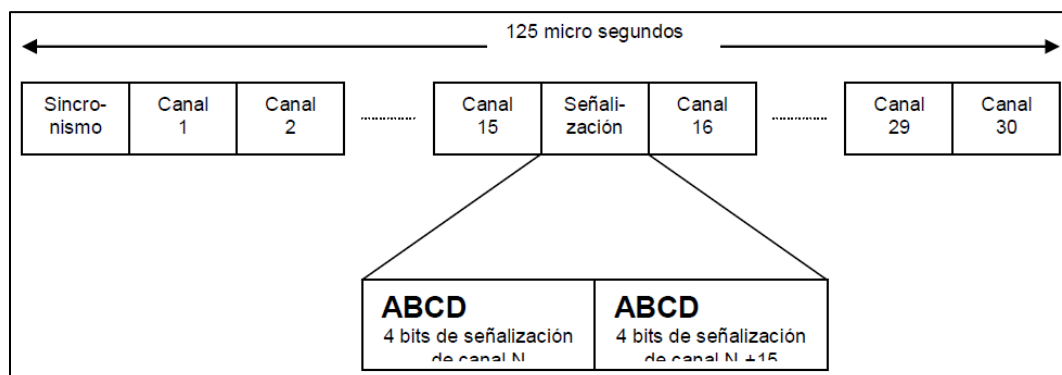


Figura 40 Señalización R2.

Cada canal tiene asociado 4 bits (conocidos como bits ABCD) que se utilizan para la señalización de línea (básicamente emulan la señal de campanilla y la corriente de bucle del canal). Cada trama incluye la señalización correspondiente a 2 canales. Cada canal, por tanto, refresca su señalización cada 16 tramas ($125 \mu\text{s} \times 16 = 2 \text{ ms}$)
Cada trama es unidireccional, por lo que un enlace E1 cuenta con 2 tramas, una de “ida” y otra de “vuelta”.

La señalización R2 es un CAS, desarrollado en 1960 que se sigue usando hoy en día en Europa, Latinoamérica, Australia y Asia. La línea de señalización es usada para supervisar la señal de la llamada.

Esta línea de señalización tiene 3 tipos:

- R2-Digital
- R2-Análoga
- R2-Pulso

2.4.5 Señalización SS7.

El protocolo que se usa en la PSTN es el SS7, del inglés Signalling System 7. Este protocolo actualmente trabaja fuera de banda, es decir, antes las señales de control eran pulsos que se mandaban en el mismo canal de voz y esto no proporcionaba seguridad, ahora las señales de control son enviadas por un canal distinto.

El protocolo SS7 permite el establecimiento de llamadas, facturación, entubamiento y funciones de intercambio de información de las redes PSTN.

2.5 Equipos terminales de Telefonía.

Existe gran diversidad de terminales telefónicos funcionando en las redes de telecomunicaciones, con diversas tecnologías, usos y prestaciones. Entre ellos se pueden mencionar terminales telefónicos fijos, con tecnología analógica o digital, terminales telefónicos móviles, con diversos tipos de tecnologías, terminales de software (“softphones”), terminales para uso corporativo, etc.

Ejemplos de algunos equipos terminales de telefonía:

Teléfono Digital:

- Ventajas: Más funciones, uso fácil, conexión rápida.
- Desventajas: No es estándar, es decir, solo se pueden usar de la misma marca del proveedor del PBX, y es más costoso.

Teléfono Analógico:

- Ventaja: Es universal, puede trabajar con cualquier marca, y es de bajo costo.
- Desventaja: Tiene pocas funciones, conexión lenta.

Teléfono IP:

- Ventajas: Disminución de costo de tarifas, muchos más funciones y servicios.
- Desventajas: Requiere una conexión de banda ancha, requiere conexión eléctrica independiente.

de voz son ensamblados y convertidos a una señal de voz al llegar a su destino. La *Figura 42* muestra la trama de voz sobre ETH y PPP.



Figura 42 Tramas de voz.

El tamaño final de la trama depende del códec y del protocolo de transporte utilizados.

Los paquetes de voz pueden ser transmitidos a través de dos tipos de redes IP:

- Pública: La red pública de Internet, para la transmisión de voz a través de ella, el usuario debe contar con una tecnología de acceso de banda ancha, como ADSL, cable coaxial, fibra óptica, radio, WiMAX, etc., para poder tener acceso a ella.
- Privada: Son redes como su nombre lo indica, privadas, generalmente utilizadas por corporaciones, pueden ser LAN o WAN, utilizan un IP PBX.

3.2 Telefonía sobre IP (ToIP).

Telefonía sobre IP (ToIP, Telephony over IP) es el conjunto de nuevas funcionalidades de telefonía que se pueden ofrecer gracias al envío de la voz sobre el protocolo IP en redes de datos TCP/IP.

Telefonía IP se puede definir como la infraestructura de telefonía que respalda a las aplicaciones de VoIP para integrarlas a servicios de la telefonía tradicional.

La telefonía IP se compone de dos categorías: la transmisión de voz y la de datos. Se basan principalmente en transportar la voz convertida previamente en datos entre dos destinos distantes. Las redes que se han desarrollado a lo largo de los años para transmitir voz, se basan principalmente en la conmutación de circuitos, es decir, para establecer una comunicación entre dos puntos se requiere mantener un circuito físico durante el tiempo de la llamada. Los recursos utilizados en una llamada no pueden ser usados en otra hasta que la primera finalice.

Por otro lado existen las redes de datos, las cuales se basan en el concepto de conmutación de paquetes, en otras palabras, se realiza un mismo enlace el cual contiene diferentes caminos entre el origen y el destino durante el tiempo que dura la llamada, mientras los recursos que intervienen en una conexión pueden ser utilizados por otras conexiones que se efectúan al mismo tiempo.

Algunas de sus principales ventajas son que mejora la calidad del servicio, la velocidad de transmisión, optimización de los recursos, etc. Por otro lado, las desventajas principales son la pérdida de paquetes y la obtención de retrasos considerables.

Dentro de la telefonía IP existen diferentes elementos que son fundamentales para una conexión exitosa, tales como:

- Gateway.
- Gatekeeper.
- Señalización.
- Codificación.

El **Gateway** es un elemento que se encarga de hacer un puente entre la red telefónica convencional y la red IP, es decir, convierte la señal analógica en paquetes IP y viceversa, también permite comunicar a un dispositivo IP con otro conectándose por una parte a la central telefónica y la otra a una red IP.

El **Gatekeeper** es un elemento que se encarga de realizar tareas de autenticación de usuarios y controla el ancho de banda, en otras palabras, es el cerebro de la red de telefonía IP.

La **señalización** es necesaria en cualquier sistema de telefonía debido a que en el momento en el cual un usuario marca un número de teléfono, se determine el estado a quien se llama (libre u ocupado) y se establezca la llamada. Dentro de estos protocolos se enmarcan el H.323 y el SIP (Session Initiation Protocol), y el SS7 que es el que se encarga de la red PSTN. Todo esto no sería posible sin la codificación de la voz humana, es decir, comprimirla y convertirla en paquetes de datos.

3.2.1 IP PBX.

Un conmutador IP o IP PBX (Private Branch Exchange), es la evolución de los viejos conmutadores. En la actualidad, la era de las Comunicaciones unificadas, los conmutadores IP ya no son simples plataformas de voz. UN conmutador IP conecta las extensiones internas dentro de una empresa y al mismo tiempo las conecta con la red pública conmutada (PSTN), proveedores VoIP y troncales SIP.

Actualmente existen cuatro opciones diferentes de sistemas telefónicos:

- PBX
- Servicio de PBX virtualizado
- PBX IP
- Servicio de IP PBX virtualizado

3.2.2 Clasificación de llamadas IP.

En la telefonía sobre IP existen tres formas básicas para realizar una llamada.

Teléfono a teléfono: El origen y el destino deben conectarse con un Gateway. El Gateway de un teléfono A solicita información al Gatekeeper sobre cómo alcanzar al teléfono B, y éste responde con la dirección IP del Gateway de B.

El Gateway de A convierte la señal analógica del teléfono A en un caudal de paquetes IP que encamina hacia el Gateway de B, éste envía la señal analógica al teléfono B. Hay una comunicación telefónica convencional entre el teléfono A y el Gateway que le da servicio, lo mismo sucede con B y su Gateway, también existe una comunicación de una red IP entre ambos Gateway, es decir, dos llamadas telefónicas convencionales y una comunicación IP.

PC a teléfono o viceversa: En esta llamada sólo un extremo necesita ponerse en contacto con un Gateway, la PC debe contar con una aplicación que sea capaz de establecer y mantener una llamada telefónica, así como conectarse a Internet.

La aplicación telefónica de A (PC) solicita información al Gatekeeper, que le proporcionará la dirección IP del Gateway B, también establece una conexión de datos a través de la red IP, lo hace con el Gateway de B, que regenera la señal analógica a partir del caudal de paquetes IP que recibe con destino al teléfono B.

En este proceso hay una comunicación de datos a través de una red IP, entre el ordenador A y el Gateway de B, y una comunicación telefónica convencional entre el Gateway de B y el teléfono B.

PC a PC: Los dos ordenadores deben tener instalada la misma aplicación encargada de gestionar la llamada telefónica, y deben contar con conexión a internet.

3.3 Protocolos de Voz sobre IP.

Al igual que ocurre en cualquier red, las redes de voz sobre paquetes requieren de una serie de normas que especifiquen las funcionalidades y servicios que este tipo de redes deben proveer en todas y cada una de sus dimensiones. Estas normas son los protocolos y un aspecto muy importante es que tengan carácter abierto y que sean internacionalmente aceptados con el fin de garantizar la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes, facilitando la elección de los usuarios y disminuyendo los precios de los equipos al fabricarse éstos en mayor escala.

Los protocolos de las redes IP no fueron diseñados originalmente para el transporte en tiempo real de audio o cualquier otro tipo de flujo de audio/video, por lo que se han creado diversos protocolos para VoIP, cuyo mecanismo de conexión incluye una serie de transacciones de señalización entre terminales, que establecen flujos de audio para cada dirección de la conversación.

En las redes telefónicas convencionales, una llamada consta de tres fases: establecimiento, comunicación y desconexión, en donde los recursos se reservan, fluyen y se liberan respectivamente. Este esquema continúa siendo válido para las redes de voz sobre paquetes. En estos casos se distinguen tres grandes grupos de protocolos, que pueden ir bien sobre TCP y/o UDP, y ambos sobre IP.

3.4 Protocolos de señalización.

El objetivo es establecer un canal de comunicaciones para que a través de este fluya la información de usuario y liberar el canal cuando finalice la comunicación. Para ello, debe existir un diálogo entre los componentes de la red y los terminales de usuario. Los protocolos de señalización son el H.323, SIP y MGCP.

3.4.1 MGCP.

MGCP (Media Gateway Control Protocol) define la comunicación entre elementos de control de llamada denominados agentes de usuario. Es un protocolo tipo cliente-servidor. Actualmente este protocolo ha quedado obsoleto.

3.4.2 H.323.

H.323 es un conjunto de protocolos que definen los componentes y los medios de interacción entre los mismos que deben cumplirse para soportar comunicaciones multimedia sobre redes de paquetes sin conexión ni garantía de calidad de servicio, como es el caso de las redes IP.

El protocolo H.323 es una suite de protocolos de audio y video preparada para compartir aplicaciones. Los protocolos críticos incluyen el protocolo H.225 para empaquetar, sincronizar e iniciar las llamadas usando mensajes de señalización Q.931 en la RDSI. H.245 se usa para la negociación y el manejo de los canales lógicos. La señalización se transporta sobre TCP, es decir:

- Q.931 maneja la inicialización y el fin de las llamadas.
- H.225 maneja la señalización de control de llamada.
- H.245 negocia las capacidades y el uso de los canales.

Otro protocolo importante que permite que dos equipos H.323 se comuniquen a través del Gatekeeper es el RAS (Registration, Admission and Status).

3.4.3 SIP (Session Initiation Protocol).

SIP es un protocolo que se desarrolló para la iniciación, moderación y finalización de sesiones multimedia. Estas sesiones pueden ser video llamadas, videoconferencia, mensajería instantánea, juegos en línea y telefonía IP. Una sesión puede ser desde una simple llamada telefónica, hasta una videoconferencia entre varios usuarios.

Es un protocolo de señalización orientado a conexiones terminal a terminal (end to end). Esto quiere decir que toda la lógica se encuentra almacenada en los dispositivos terminales (salvo el enrutamiento de mensajes SIP).

Este es un protocolo de la capa de aplicaciones de la familia TCP/IP; está relacionado estrechamente con el protocolo SDP (Session Description Protocol) y coexiste junto con otros protocolos del mismo nivel y funciones, como el H.323. Está basado en una

arquitectura cliente-servidor similar a HTTP y SMTP; existe esta similitud ya que SIP fue diseñado para incorporar la telefonía como un servicio más de internet.

Los protocolos que comúnmente colaboran con SIP son: RTSP (Real-Time Streaming Protocol) para el control de flujos y sesión, SDP para describir los flujos, RTP/RTCP para el transporte de datos en tiempo real, y RSVP (Resource Reservation Protocol) junto a DiffServ (Differentiated Services) para gestionar la calidad de servicio y la reserva de recursos.

SIP al ser un protocolo basado en un modelo cliente-servidor, define las siguientes peticiones y respuestas.

Peticiones SIP:

INVITE – Mensaje inicial de invitación para inicio de sesión.

ACK – Respuesta de aceptación al inicio de sesión.

BYE – Finalización de la sesión.

CANCEL – Cancela una petición se sesión.

REGISTER – Registra al equipo con datos de nombre del equipo y dirección IP.

OPTIONS – Solicita información sobre capacidades de los terminales, por ejemplo un códec.

Respuestas SIP:

1xx – Respuesta de información, indica que una solicitud ha sido recibida y será procesada.

2xx – Respuesta de éxito.

3xx – Respuesta de redirección o desvío.

4xx – Error en la petición.

5xx – Error en el servidor SIP.

6xx – Error general o global.

Las fases de una sesión son las siguientes:

1. Registro.
2. Aceptación de petición.
3. Establecimiento de sesión.
4. Comunicación.
5. Finalización de sesión.

3.5 Protocolos de Transporte.

El objetivo principal de una comunicación es el intercambio de información entre dos extremos, un origen y un destino mediante el transporte de esta.

En el transporte de audio y video en tiempo real nos encontramos con los protocolos RTP y RTCP para el control e intercambio de la información, ambos se emplean sobre el

protocolo UDP (User Datagram Protocol), esto porque el protocolo TCP al ser poco fiable, da lugar a retardos en la transmisión.

3.5.1 Protocolo RTP/RTCP.

Estos son los protocolos más usados para el transporte de flujos de audio y video en telefonía IP. RTP (Real Time Protocol) es utilizado para el transporte de flujo en tiempo real (real-time streaming). RTP permite identificar qué tipo de información está siendo transportada, es decir la carga útil del paquete, también maneja el control de la llegada de los paquetes. RTP lleva a cabo reserva de recursos, sino que ofrece mecanismos necesarios para que el receptor pueda reconstruir bien la información obtenida.

RTCP (Real Time Control Protocol) se utiliza para el monitoreo de la calidad de servicio, al igual que transporta información sobre los participantes que forman una sesión. A diferencia de RTP, RTCP dispone de medios que permiten continuar con la reproducción del flujo de paquetes a pesar de la presencia de pérdidas, *jitter* o retardo, pero sin especificar los valores de dichos parámetros. Esto lo hace proporcionando información de estado de la comunicación, con la cual se pueden detectar situaciones que ocurran en la calidad de la transmisión, por ejemplo, reserva ancho de banda, control de la congestión, etc. Ejemplo de RTP/RTCP (ver Figura 43).

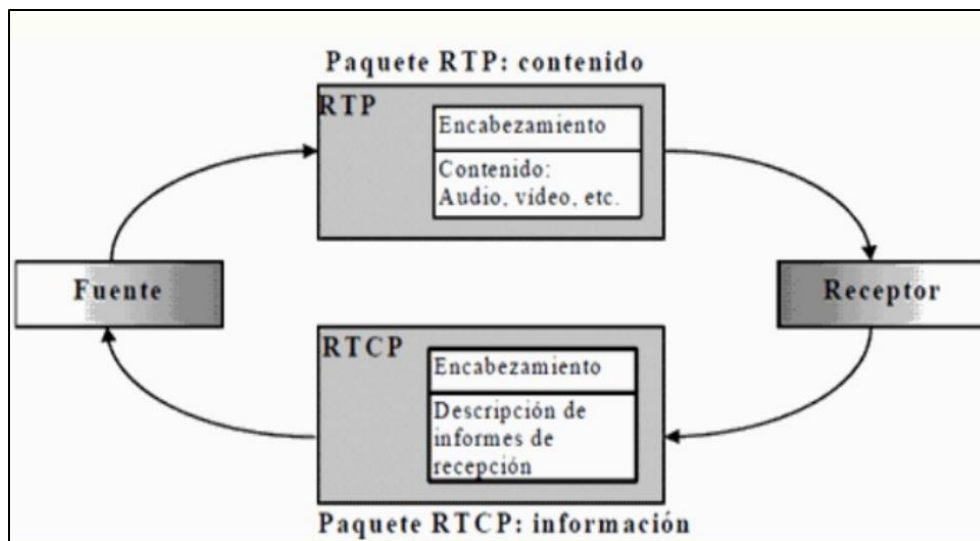


Figura 43 Protocolo RTP y RTCP.

3.6 Códecs para Telefonía IP.

3.6.1 G.711.

La recomendación G.711 UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) es la codificación de voz utilizada en la PSTN. Representa las señales de audio mediante muestras codificadas en una señal digital con tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo con un flujo de datos de 64 kbit/s (PCM). Existen dos tipos:

Ley μ : Usado en Norte América y Japón. Se basa en un algoritmo de compresión de 16 segmentos para representar cada muestra en palabras de 8 bits.

Ley A: Usado en Europa y resto del mundo. Comprime en 14 segmentos para representar cada muestra en palabras de 8 bits.

3.6.2 G.723.

G. 723 es un códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5.3 y 6.3 kbit/s, según la ITU- T.

3.6.3 G.729.

Estándar de la ITU-T usado sobre todo en aplicaciones de VoIP por los bajos requerimientos de ancho de banda. Opera con tasas de 8 kbps pero existen extensiones para tasas de 6,4 y 11,8 kbit/s para menor o mayor calidad de voz respectivamente.

3.6.4 GSM.

GSM (Global System for Mobile Communications): Es una familia de códecs utilizados en telefonía móvil. En VoIP se ha usado el GSM FR (Full Rate), que tiene una implementación libre y opera a 13 kbps. En telefonía móvil se están imponiendo versiones mejoradas como el GSM AMR (Adaptive Multi-Rate), que ofrece o tasas de operación entre 4.75 y 12.2 kbps.

3.6.5 iLBC.

iBLC (Internet Low Bit Rate Codec): Es un códec libre que implementa un algoritmo desarrollado por Global IP Sound (GIPS), el cual ofrece una Buena relación ancho de banda/calidad de voz, a cambio de una mayor carga computacional. Opera a 13.3 y 15.2 kbps.

3.7 Calidad de Servicio (QoS).

Cuando una red es capaz de transportar el tráfico que procede de una fuente determinada, contemplando las características de pérdidas, jitter, retardo, ancho de banda, etc. Se dice que tiene calidad de servicio o QoS (Quality of Service).

Calidad de servicio (QoS) es un conjunto de tecnologías que permiten que las aplicaciones soliciten y reciban niveles de servicio predecibles en términos de la capacidad de rendimiento de datos (ancho de banda), variaciones de latencia (fluctuación) y retraso.

Las funciones de QoS ofrecen un mejor servicio a través de los siguientes métodos:

- Soportar el Ancho de Banda dedicado.
- Mejora de las características de pérdida.
- Cómo evitar y administrar la congestión de la red.
- Formar el tráfico de la red.
- Configuración de prioridades de tráfico de la red.

3.8 Calidad de la voz.

En el contexto de VoIP, calidad de servicio (QoS) es una colección de conceptos y técnicas que se unen para proveer las formas de salvaguardar la óptima calidad de una llamada.

El hecho al usar una red de conmutación de paquetes, implica que la voz es codificada y fragmentada para poder crear un flujo de paquetes que siguen rutas distintas entre el origen y el destino. Por lo que los paquetes llagan generalmente desordenados y con distinto retardo a su destino, o quizá no se llaga la destino debido a las pérdidas ocasionadas.

Existen ciertos factores que influyen en la calidad durante el tráfico de VoIP generado:

- Jitter
- Pérdidas
- Retardo
- Eco
- Ancho de banda

3.8.1 Jitter.

En las redes IP o red de paquetes, no se garantiza que los paquetes sigan un mismo camino, como es en el caso de la conmutación de circuitos. Debido a esto, cada paquete llega a su destino atravesando un número de distintos nodos de la red, ocasionando que alcancen su objetivo con un retardo diferente. A la variabilidad de este retardo se le conoce como *jitter*.

3.8.2 Pérdidas.

Las pérdidas de paquetes resultan de los descartes que se producen en los nodos de la red por los que pasan los paquetes, esto debido a la congestión que existe en los nodos. El efecto que causa las pérdidas repercute en la calidad de la voz disminuyéndola, puesto que

faltan paquetes para poder reconstruir la señal vocal. La disminución de la calidad será mayor cuanto mayor sea la tasa de compresión del códec.

3.8.3 Retardo.

El retardo o latencia es el tiempo invertido por la señal de voz en su viaje desde el origen al destino. Al estudiar la influencia del retardo en las comunicaciones, se determinan dos aspectos: el retardo máximo aceptable y las fuentes de retardo.

3.8.4 Eco.

El eco es un fenómeno común en las redes telefónicas convencionales y de voz sobre paquetes. Se produce cuando el emisor escucha parte de su propia voz junto con la voz del otro interlocutor o en ausencia de ella, es decir, es consecuencia de las reflexiones de la señal transmitida. Se manera que cuando el retardo supera el umbral de los 25 ms, el transmisor percibe una señal molesta y retrasada de sus propias palabras. Si el retraso alcanza niveles muy elevados, mantener la conversación será imposible.

3.8.5 Ancho de banda.

El ancho de banda (BW, BandWidth) de una red puede definirse como la cantidad de datos que la red es capaz de transportar (por unidad de tiempo). Cuando hablamos de voz sobre IP, los requerimientos de ancho de banda para la transmisión de la señal vocal vienen determinados por el códec de voz usado en cuestión.

3.9 Terminales de telefonía IP.

Un terminal telefónico IP es un dispositivo digital programable que permite realizar comunicaciones de voz o video mediante el protocolo IP en una red de datos, por ejemplo, una red LAN o Internet.

Entre las características y ventajas de los teléfonos IP ante los teléfonos convencionales, podemos encontrar que algunos pueden tener múltiples líneas, cámara de video (videoconferencias), configuración de calidad de servicio (QoS) o una LAN Virtual (VLAN). Esto se realiza mediante un sistema de administración al que puede accederse vía web.

Los principales tipos de terminales de telefonía IP son:

Teléfonos IP: Un teléfono IP suele ser un equipo con forma de un teléfono convencional, añadiendo ciertas características según se requiera o según su modelo de fábrica, en la actualidad algunos poseen sistema operativo Android o propietario y pantallas "touch". Utiliza una conexión de red de datos en lugar de una conexión de red telefónica.

ATA (Adaptador de Teléfono Analógico): Son dispositivos que permiten conectar un teléfono analógico o RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) a una red de VoIP. Tienen

un sistema de administración y gestión similar a los teléfonos IP, por lo que poseen también dirección IP, y las mismas ventajas de cualquier terminal IP.

Teléfonos IP inalámbricos: Son similares a los teléfonos móviles (celulares) y permiten utilizar redes inalámbricas para conectarse al servidor de VoIP. Existen teléfonos móviles con soporte Wi-Fi y DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) para ser utilizados dentro de una red LAN.

Softphone: Es un programa que simula un teléfono convencional, y se instala en una computadora donde interactúa con micrófonos y auriculares/altavoces. Hace posible usar la computadora para realizar llamadas a otros softphones o a otros teléfonos convencionales, como cualquier otro teléfono IP, usando VoIP. Permite hacer parte de una red de telefonía IP, pero también conectarse a un proveedor de servicios de telefonía por Internet gratuito o de pago.

Ejemplo de terminales telefónicas (ver Figura 44).



Figura 44 Terminales de telefonía IP.

3.10 Comunicaciones Unificadas.

Las centrales telefónicas empresariales y las soluciones de comunicaciones han recorrido un largo camino en la última década, sobre todo con el cambio hacia soluciones basadas en IP que ofrecen funcionalidades de Comunicaciones Unificadas (Unified Communications - UC). La demanda de UC ha crecido, ya que una de las razones clave que impulsan la adquisición de estas soluciones de UC, es el aumento de la productividad que se puede lograr, para todos los tamaños y tipos de organizaciones.

Las comunicaciones unificadas son la integración de voz, datos y video en una única solución, permitiendo a los usuarios estar en contacto con cualquier persona, donde quiera que esté, y en tiempo real. Las funcionalidades de UC incluyen: mensajería instantánea, información de presencia, videoconferencia y mensajería unificada.

Para las empresas y algunas organizaciones, el adoptar una solución de UC significa eliminar la necesidad de múltiples sistemas, lo que se puede reflejar en la optimización de procesos de negocio y aumenta las comunicaciones por la simplificación de los procesos, haciendo que la gente o el personal pueda mantenerse en contacto. Los servicios que podemos encontrar en una solución de comunicaciones unificadas son:

- Chat
- Colaboración
- Video
- Voz
- Datos
- Email
- Presencia
- WebRTC
- Movilidad

Para fines de este proyecto solo se hará mención de la movilidad, que es la aplicación propuesta en este trabajo.

3.11 Movilidad.

Hoy en día, el hablar de movilidad se ha convertido en un tema cada vez más importante en los últimos años. Una de las razones más importantes por las que las empresas quieren adoptar una solución de UC, es la necesidad de crear una fuerza de trabajo mayor con movilidad. Ofrecer a los empleados una mayor movilidad y la posibilidad de trabajar desde casa (home office) también está relacionado a un aumento de productividad y una mayor satisfacción de trabajo.

Los empleados deben contar con la posibilidad de responder a su teléfono fijo de escritorio desde diferentes dispositivos y desde donde se encuentren trabajando. Las UC permiten una mayor movilidad de diferentes maneras, incluyendo el concepto de número único y la provisión de softphones. Los softphones pueden ser otra de las funcionalidades que permiten la movilidad. Estos pueden instalarse en Windows, Mac, Android y iOS, los empleados pueden contestar sus llamadas del teléfono fijo desde su PC, Smartphone o Tablet.

Con la rápida adopción de Smartphone y Tablets por parte de los trabajadores, las empresas pusieron como eje principal de su política de movilidad el BYOD (Bring Your Own Device) permitiendo a los usuarios utilizar sus dispositivos y ahorrar costos al no tener la necesidad de proporcionar uno. Los colaboradores pueden trabajar donde quiera, cuando quiera y a la hora que sea. Los clientes móviles de UC permiten manejar visualización de mensajes de correo electrónico y de voz, acceso al directorio corporativo, y permite facilidades de PBX corporativo como la transferencia, conferencia, entre otras.

Capítulo IV: Propuesta de Movilidad.

4.1 Descripción del proyecto.

Para esta propuesta se hará un estudio del personal de la Dirección de Telecomunicaciones de la DGTIC con la finalidad de conocer la forma de trabajo que realiza cada departamento dentro de la dirección, así como saber las necesidades y problemáticas que la solución de movilidad pudiera ayudar a cubrirlas y/o corregirlas.

De manera breve se explicará la Red Telefónica de la UNAM para conocer el funcionamiento de esta, así como la red específica de la DGTIC que es donde se sitúa la solución de movilidad que se maneja para realizar pruebas de Comunicaciones Unificadas.

Para poder comprobar el funcionamiento de la plataforma de movilidad se hará un pequeño protocolo de pruebas contemplando las facilidades y procedimientos de los equipos TDM e IP en la red telefónica de DGTIC. Esto con la finalidad de entender la compatibilidad que tiene el conmutador asignado a la DGTIC con la plataforma de movilidad llamada 3CX.

Con base en los resultados de estas pruebas se determinará una propuesta de una solución de movilidad que cubra lo mejor posible las necesidades de la Dirección de telecomunicaciones de la DGTIC.

También se mostraran los resultados de la plataforma 3CX que se encuentra en operación para posibles mejoras o una posible ampliación de servicio a los usuarios, ya que actualmente se encuentra en fase de pruebas.

4.2 Descripción de la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).

En el portal web de la DGTIC - UNAM, podemos encontrar la misión que tiene como dependencia ante la Universidad, su misión es la siguiente:

"La DGTIC contribuye al logro de los objetivos de la UNAM como punto de unión de la comunidad universitaria para aprovechar los beneficios que las tecnologías de la información y las comunicaciones pueden aportar a la docencia, la investigación, la difusión de la cultura y la administración universitaria."

Identificada anteriormente como DGSCA (Dirección General de Servicios de Cómputo Académico) y antes de ella como PUC (Programa Universitario de Cómputo), es la entidad líder en la UNAM en lo relacionado con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Es una dependencia de la administración central de la UNAM que gestiona los asuntos relacionados como cómputo de alto rendimiento, redes avanzadas, visualización científica asistida por computadora y realidad virtual, formación en uso de TIC. Entre algunas más de sus responsabilidades también están:

- Administración de la red académica de telecomunicaciones más grande de México (Red UNAM) que agrupa a más de 80 mil computadoras de la institución así como permite el acceso a Internet a miles de universitarios desde sus equipos portátiles por medio de la Red Inalámbrica Universitaria (RIU).
- Coordinación de la Red Universitaria de Aprendizaje (RUA) y de Toda la UNAM en Línea.
- Capacitación y actualización en tecnologías de información y comunicación para la comunidad universitaria y público en general.
- Formación docente en uso de tecnologías de información y comunicación para profesores de la UNAM.
- Operación del Centro de Información de la Red (NIC) de la UNAM y de los Centros de Operación de la Red (NOC) tanto de Red UNAM como de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) y de la organización Cooperación Latino Americana en Redes Avanzadas (CLARA), así como del Centro de Operación de Videoconferencia (VNOC) de la Red Nacional de Videoconferencia.
- Administración de los recursos centrales de cómputo de alto rendimiento HPC - supercómputo, cuyo principal sistema es la supercomputadora Miztli.
- Operación del Centro de Datos de la UNAM.
- Operación del Observatorio Ixtli, el más importante de América Latina para la visualización inmersiva en realidad virtual y 3D.
- Administración y aplicación de las políticas y tecnologías para la seguridad de la información a través de UNAM CERT
- Gestión de la red telefónica de la UNAM así como de la red de videoconferencia.
- Colaboración y vinculación con otras entidades y dependencias de la UNAM, así como con diversos sectores de la sociedad mexicana, por medio de proyectos especiales en TIC.

- Innovación en uso responsable y social de las TIC, por medio de políticas que incidan en la operación de tales tecnologías considerando los diversos tipos de usuarios y la protección al medio ambiente.

En la *Tabla 6* podemos ver algunos acontecimientos importantes que han sucedido en la DGTIC a través de los años.

Acontecimientos relevantes en la DGTIC.			
1958	1981	1985	2010
La primera computadora en México se instala en la UNAM	Programa Universitario de Cómputo	Dirección General de Servicios de Cómputo Académico	Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
La adquisición por parte de la UNAM en 1958 de una máquina de primera generación, con tubos de vacío como la IBM 650 para la investigación, detonó el interés por estas máquinas y no sólo en la máxima casa de estudios, sino también en otros centros educativos.	En octubre de 1981, se creó el Programa Universitario de Cómputo (PUC).	En mayo de 1985 el PUC se convirtió en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico. Así mismo, se creó la Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración, y se instaló el Consejo Asesor de Cómputo.	UNAM DIGITAL Las tecnologías de información y comunicación dejaron de ser sólo un insumo necesario para el quehacer universitario. Ahora son un recurso estratégico indispensable para el desarrollo de nuestra máxima casa de estudios.

Tabla 6 Fechas relevantes en la DGTIC.

Organigrama de la DGTIC (*Figura 45*).

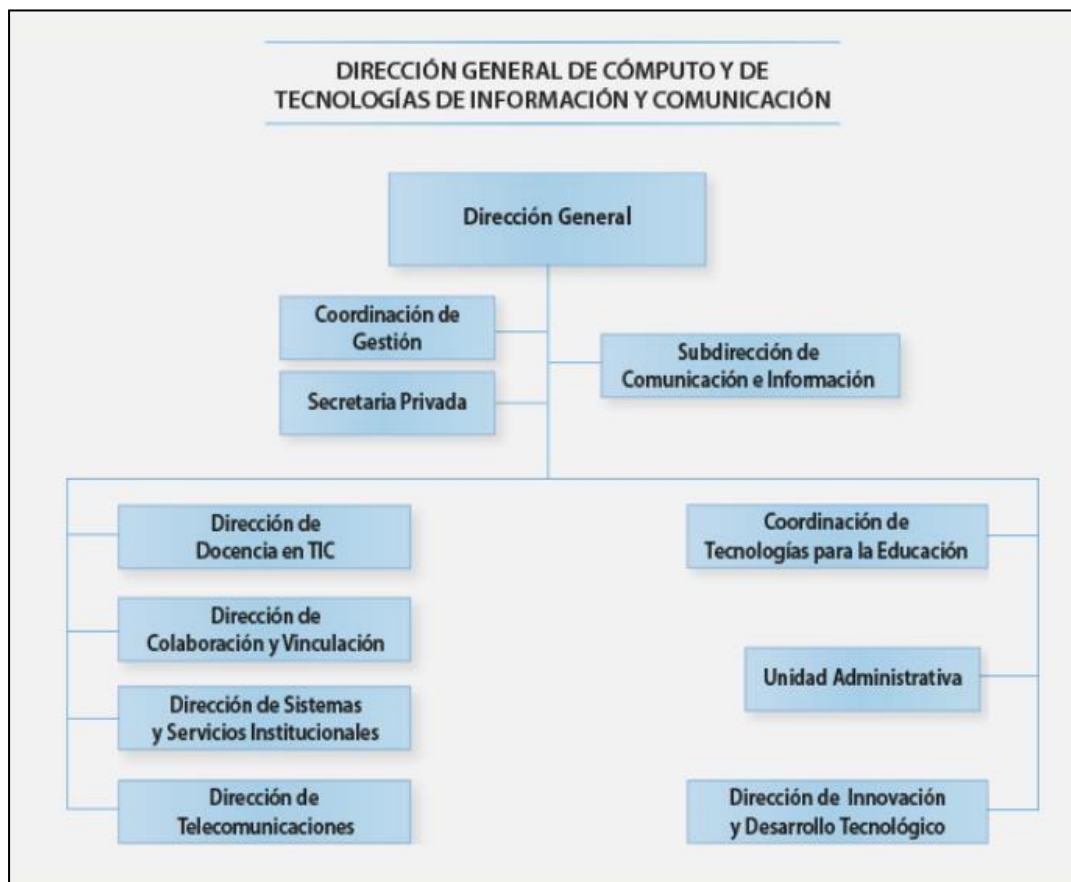


Figura 45 Organigrama DGTIC.

4.3 Infraestructura de la Red Telefónica Universitaria.

La UNAM cuenta con 41 conmutadores marca Aastra que le dan servicio a la red principal telefónica en Ciudad Universitaria y campus externos como lo son las Preparatorias, Colegios de Ciencias y Humanidades (CCH), centros de investigación, institutos, campus fuera de la Ciudad de México, entre otros. Todos ellos comunicados con tecnología IP a través de Red UNAM (LAN y WAN) y operan 21 mil extensiones entre tecnología TDM e IP (*ver Tabla 7*).

La Red Telefónica Universitaria tiene conectado un anillo secundario que está conformado por equipos de diversas marcas, entre ellas está Cisco, NEC, Panasonic y Asterisk. A estos equipos se les da servicio a través de la red principal Aastra y operan 4000 extensiones (IP propietarias, SIP, Digitales y Analógicas).

Extensiones Red Telefónica Universitaria	
17 mil	TDM
4 mil	IP

Tabla 7 Terminales de la Red Telefónica Universitaria.

Desde el año 2016 hasta este año 2019, la red telefónica ha crecido con extensiones IP, al mismo tiempo que ha crecido esta tecnología en la red se han ido agregando diversas soluciones de tecnología IP como lo son las Comunicaciones Unificadas, esto conforme se ha ido actualizando la red.

Como parte de la actualización tecnológica, el personal que opera la marca Aastra ofreció a la UNAM la plataforma de 3CX. Esta plataforma se usará para hacer pruebas que brindarán un mejor estudio para la propuesta de movilidad.

La siguiente imagen presenta un diagrama de la conexión a la red telefónica principal con el conmutador que da servicio a la DGTIC y el servidor de Comunicaciones Unificadas (*ver Figura 46*).

Diagrama de Red Telefónica de la DGTIC.

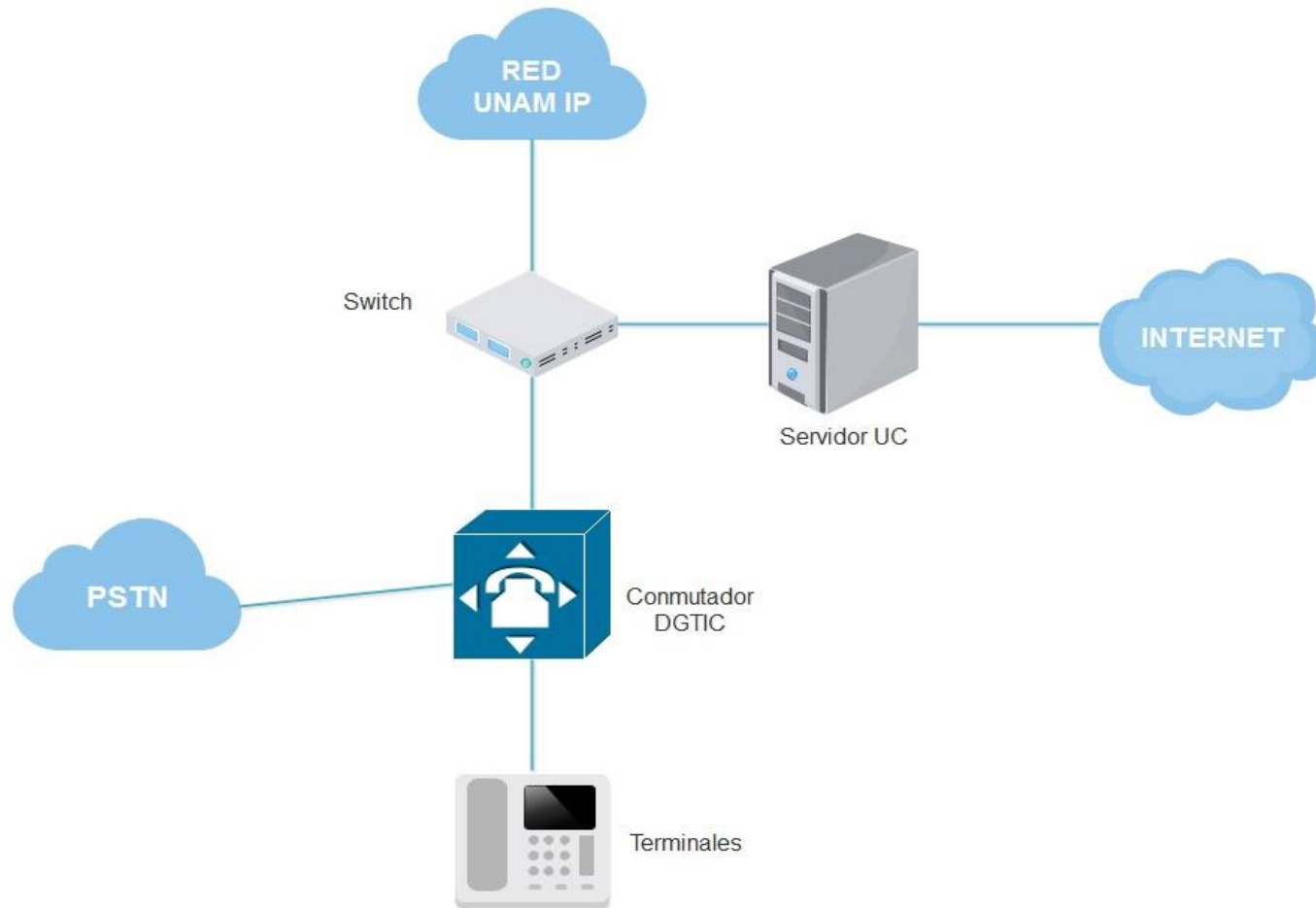


Figura 46 Red Telefónica de la DGTIC con la Red Principal Universitaria.

4.4 Personal y actividades de la Dirección de Telecomunicaciones.

La propuesta que se maneja en este proyecto, se realizará contemplando al personal de la Dirección de Telecomunicaciones. Los diferentes departamentos y el personal se muestran en la *Tabla 8*.

Dirección de Telecomunicaciones	
Departamento	Personal
Directora	1
Subdirector de Operación de la Red	1
Jefa de la Unidad de Relaciones Comerciales	2
Jefe del Departamento de Operación de la Red (TAC)	5
Coordinadora del Centro de Atención a Usuarios	8
Jefe del Departamento de Innovación y Desarrollo Tecnológico	9
Jefe del Departamento de Infraestructura Electromecánica	15
Jefe del Centro de Monitoreo de la Red (NOC - UNAM)	6
Responsable del Centro de Información de la Red (NIC)	2
Jefe del Departamento de Conmutación	23
Jefe del Departamento de Comunicaciones Audiovisuales	5
Jefe del Departamento de Tarificación	6

Tabla 8 Personal de la Dirección de Telecomunicaciones DGTIC.

Cada departamento realiza actividades diferentes, es por eso que cada uno difiere en el número de personal con que cuentan para realizar dichas actividades. Por lo que cada departamento tiene diferentes escenarios en los que se puede implementar la movilidad.

Algunos escenarios a considerar son los siguientes.

1. Salidas al campo o trabajos fuera de oficina.

A pesar de que las actividades dentro de la dirección varían por cada departamento que la conforman, el personal asignado a estos departamentos suelen tener trabajos que requieren salir de la oficina.

Para los jefes de departamento, asignarles una solución de movilidad es muy importante por el cargo que tienen, en ocasiones es indispensables comunicarse con ellos ya sea para alguna consulta o una toma de decisión.

El personal técnico asignado a esta dirección también tiene un rol muy importante, ya que suelen ser los que laboran más tiempo fuera de las instalaciones, su trabajo requiere visitar las diferentes dependencias que se encuentran en Ciudad Universitaria, institutos, planteles, y demás edificios de la UNAM. Contar con clientes de movilidad para el personal técnico optimizaría mucho las labores, por ejemplo, para reportar incidencias, consultas entre el personal o con el jefe de departamento y al mismo tiempo poder gozar de los servicios del conmutador dependiendo la clase de servicio que se les asigne.

Departamentos beneficiados:

- Conmutación
- Infraestructura Electromecánica
- Innovación y Desarrollo Tecnológico

2. Falta de infraestructura.

En algunos lugares no se cuenta con infraestructura para cada uno de los empleados como lo son los teléfonos fijos, por ejemplo, solo cuentan con una extensión fija para varias personas, por lo que asignar extensiones de movilidad permitiría comunicar a todo el personal que se encuentre en esta situación. Además de que se vería reflejado en el costo al no adquirir equipos fijos para escritorio, ya que la aplicación se puede instalar en el dispositivo del personal de la dirección, siempre y cuando cuenten con un Smartphone.

3. Home Office.

En algún caso que se requiera implementar Home Office (Oficina en casa), con la movilidad se mantendría la comunicación junto con los servicios del conmutador. Existen situaciones en los que trabajadores deben permanecer en su hogar e implementar home office como son los casos de embarazo o algún tipo de enfermedad menor que impida al trabajador trasladarse, por ejemplo, algunas lesiones menores que impiden caminar o viajar. Home Office no solo podría cubrir casos extremos como los antes mencionados, también aumentaría la calidad de vida de los trabajadores que implementan Home Office, lo que

significa que se vuelven más productivos en su trabajo y muestran un avance de proyectos en menor tiempo.

Home Office muestra un beneficio para todo el personal. Algunas áreas operativas que vale la pena mencionar debido que deben estar monitoreando los sucesos de la red son:

- NOC (Centro de Operación de la Red)
- TAC (Centro de Asistencia Técnica)
- Conmutación

4. Viajes y diferencias de horario.

Existen casos en que los directores realizan viajes fuera y dentro del país, y muchas veces necesitan estar comunicados con el personal de la DGTIC o de la Universidad en general, ya sea por medio de una llamada telefónica o una conferencia. Esto pueden hacerlo mediante la aplicación de movilidad donde sea que se encuentren y a la hora que les sea conveniente, ya que hay casos en los que se presenta una diferencia de horario entre ciudades y países, podrán acceder a los servicios de la Red Telefónica Universitaria siempre y cuando tengan acceso a una red Wi-Fi o 4G.

Si se necesita implementar esta solución a nivel Universidad, un escenario podría ser durante una estancia de investigación, en la que académicos o profesores investigadores salen del país y quieren comunicarse a un destino nacional, podrán realizarlo mediante la aplicación de movilidad.

5. Fallas

En caso de alguna contingencia, en el que no se cuente con el servicio de telefonía fija, una solución inalámbrica muestra gran relevancia a la hora de solucionar problemas de esta índole.

Un posible escenario sería que el Centro de Atención a Usuarios (CAU) quedara fuera de servicio, las extensiones fijas, podrían desviarse a los clientes de movilidad y seguir operando con normalidad.

En la *Figura 47* se muestra la gráfica del estudio realizado al personal, en la cual se observa la demanda de movilidad por cada departamento de la dirección.

Gráfica de porcentaje de demanda de movilidad por departamento.

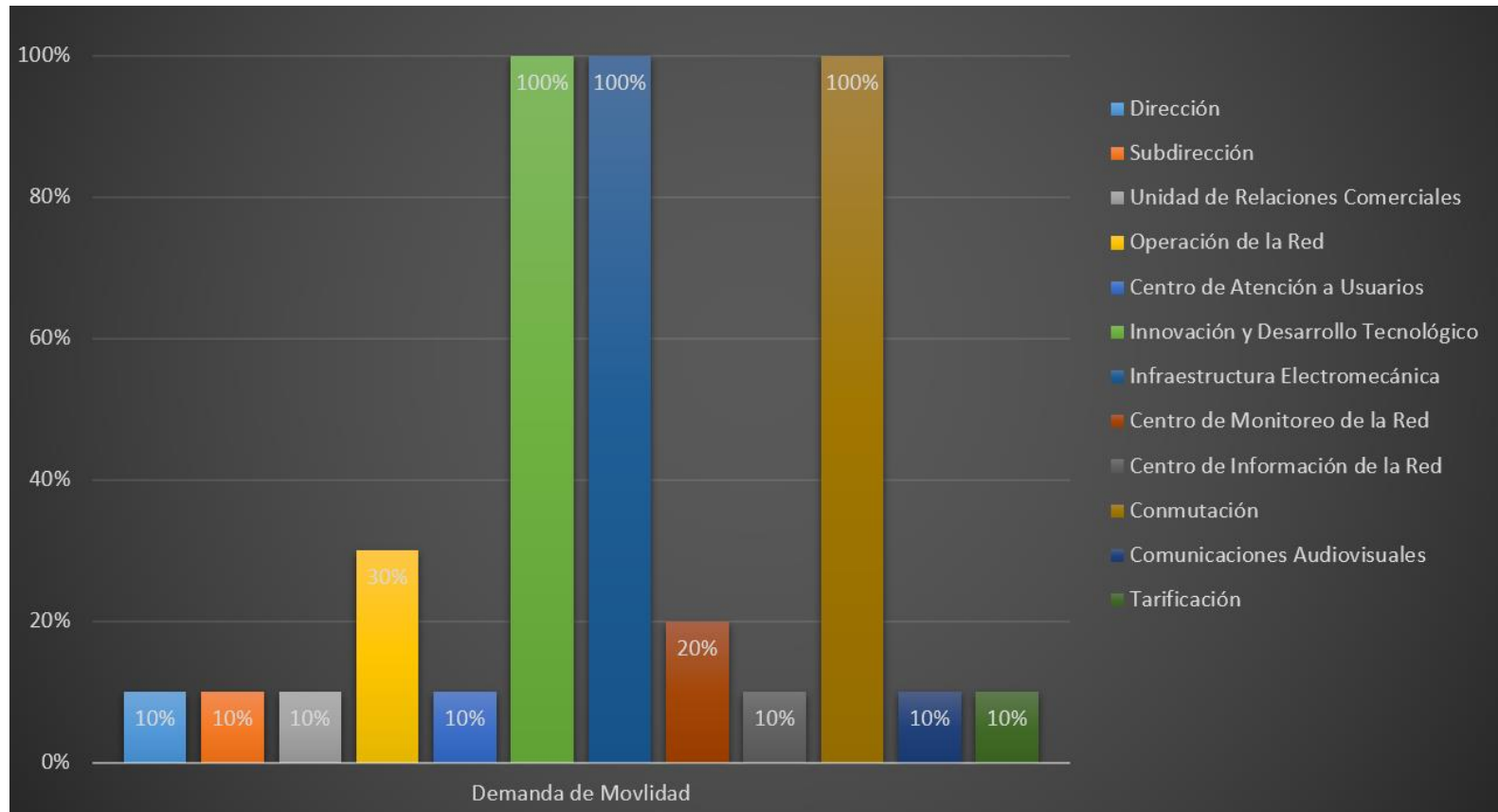


Figura 47 Gráfica de demanda de movilidad.

4.5 Plataforma 3CX

3CX es una central telefónica PBX basado en software, de estándares abiertos, que ofrece de fábrica funcionalidades completas de Comunicaciones Unificadas. La administración es bastante sencilla.

A pesar de que 3CX ofrece una amplia gama de soluciones de Comunicaciones Unificadas, solo nos enfocaremos en movilidad para propósitos de esta propuesta.

3CX incluye clientes de VoIP para sistema operativo Android y iOS lo que permite contestar llamadas del teléfono de la oficina a través del teléfono móvil, incluyendo algunas de las facilidades típicas como lo es la conferencia, transferencia, etc. También significa que se puede hacer uso de estas facilidades y tomar las llamadas en donde sea que se encuentren los usuarios.

Otras características que tiene esta aplicación es el uso de mensajería y poder ver el estatus de los demás usuario y así poder saber sobre la disponibilidad para contactarlos.

Como se muestra en la figura 47 la plataforma 3CX se instaló en un servidor que ofrece servicios de Comunicaciones Unificadas, en este caso solamente se cuenta con la edición estándar de 3CX, es decir la versión más sencilla que ofrece la marca la cual solamente ofrece servicio de movilidad de voz.

Esta plataforma se encuentra instalada en un servidor. Este servidor está conectado a uno de los conmutadores que da servicio en la DGTIC. La plataforma cuenta con licencias limitadas en su edición estándar, con una numeración destinada para realizar pruebas con la plataforma.

Los requerimientos de hardware y software que la plataforma solicita para su instalación se muestran a continuación:

3CX tiene dos maneras de tener la central telefónica, una es en la Nube y la otra es On-Premise. En este caso se instaló en On-Premise, es decir, en la instalación ya existente sobre el PBX.

Para el Sistema Operativo se pueden usar los siguientes:

- Linux Debian 9 (arquitectura amd64)
- Raspberry Pi Raspbian
- Microsoft Windows 10 Pro o enterprise (64 bits)
- Microsoft Windows Server 2019, 2016, 2012 R2

4.5.1 Requerimientos de Hardware.

Hasta 1024 llamadas simultaneas	
CPU	2 Procesadores Intel® Xeon CPU - E5405 2.00 GHz 2.00 GHz
Memoria	16 GB
Disco Duro	SATA 500 GB
Virtualización	Si
Red	1Gbit/10Gbit

Tabla 9 Hardware del servidor.

El servidor que se encuentra en funcionamiento con la plataforma 3CX instalada es un servidor Dell R230 con Windows Server y procesador Intel® Xeon (*Figura 48*).

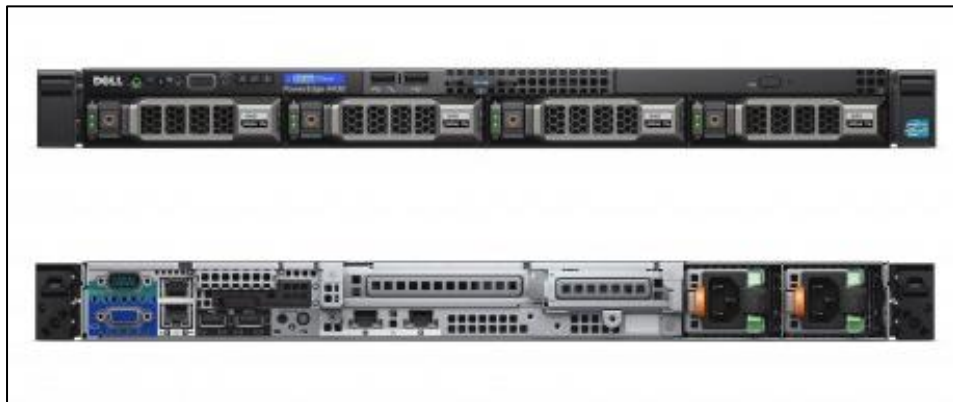


Figura 48 Servidor Dell® R230.

Para que el servidor pueda acceder a los servicios del conmutador Aastra se le asignó un enlace (*ver Figura 49*).



Figura 49 Características del enlace 3CX movilidad.

El conmutador de Astra se conecta mediante un enlace IP que le permitirá al servidor de movilidad comunicarse y ofrecer los servicios de 3CX mediante protocolo SIP. En la *Figura 50* se muestra cada elemento (PBX y servidor) en un área delimitada cada uno, ya que al ser dos servicios de marcas diferentes, el servidor no puede tener todos los servicios del conmutador, en este caso solo utiliza la parte de la numeración.

Este servidor cuenta con el servicio de Comunicaciones Unificadas, sin embargo, cuenta con características que pueden brindar diferentes servicios.



Figura 50 Enlace IP entre PBX y Servidor

Las funciones clave que tiene este servidor SIP 3CX son las siguientes:

- Soporta SIP 2.0
- Soporta el acceso a la PSTN / líneas telefónicas estándar a través de SIP Gateways como Patton y Audiocodes.
- Soporta el uso de troncales SIP de proveedores.
- Soporta los códecs principales incluyendo G. 711, GSM, IspeeX e ILBLC.

Los servidores SIP son responsables de establecer llamadas entre dispositivos SIP. Usualmente combinan varias de las funciones del servidor SIP, como el proxy SIP y el registrador SIP, en una sola pieza de software. 3CX es a la vez un proxy SIP y un registrador SIP, así como un servidor de medios con el fin de manejar también las comunicaciones de voz en tiempo real.

4.5.2 Creación de usuario.

Para dar de alta a un usuario se requiere de 2 pasos relevantes. Primero se tiene que crear una extensión desde la administración del conmutador Aastra, después desde el servidor de movilidad.

Se asigna una extensión del rango de numeración asignado en la administración del conmutador para que así esta extensión pueda acceder a los servicios de movilidad (ver *Figura 51*).

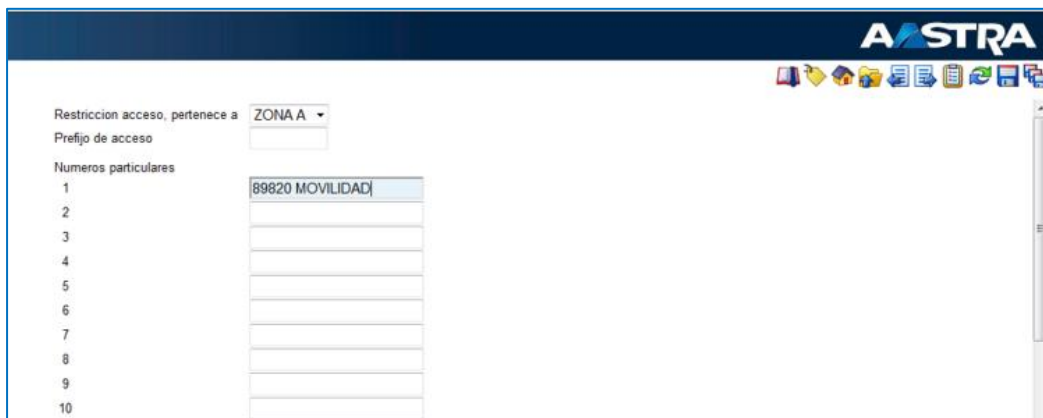
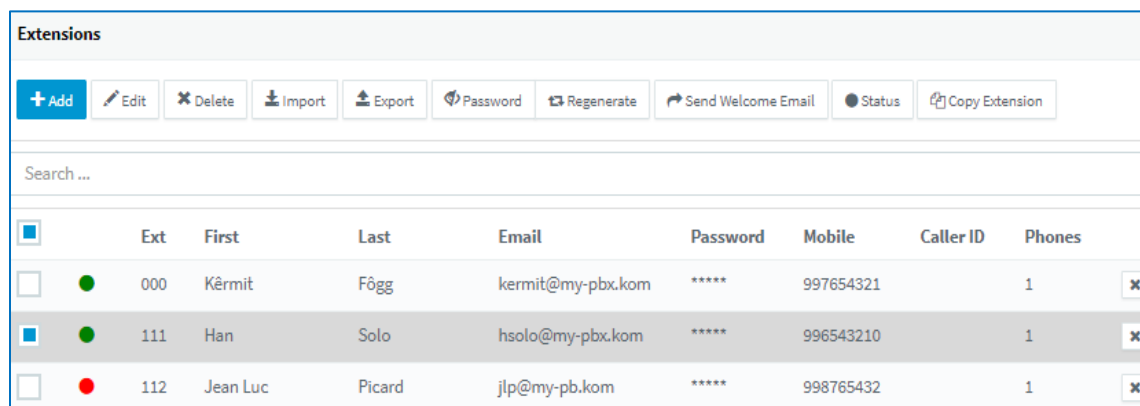


Figura 51 Acceso a 3CX movilidad-Registro de usuarios.

Desde el administrador de movilidad se da de alta la extensión que fue asignada desde el conmutador. La funcionalidad de extensiones permite crear, importar y administrar las extensiones. La *Figura 52* muestra un ejemplo sencillo de cómo se puede ver el administrador.



	Ext	First	Last	Email	Password	Mobile	Caller ID	Phones	
<input type="checkbox"/>	000	Kêrmit	Fôgg	kermit@my-pbx.kom	*****	997654321		1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	111	Han	Solo	hsolo@my-pbx.kom	*****	996543210		1	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	112	Jean Luc	Picard	jlp@my-pb.kom	*****	998765432		1	<input type="checkbox"/>

Figura 52 Imagen de administración de extensiones tomada de la página web de 3CX.

Para poder tener los servicios del conmutador y el servicio de movilidad, se debe instalar la aplicación 3CX en un Smartphone, PC o tableta, en este caso se usará un Smartphone con la finalidad de hacer las pruebas necesarias para este proyecto.

4.5.3 Aplicación 3CX.

Requisitos previos para Sistemas Operativos Móviles.

Apple iOS (iPhone, iPad, iPod):

- iOS 10 o superior
- App Store Account

Android (Celulares, Tabletas):

- Versión 4.X o superior
- 9.X (Android Pie)
- Google Play Store Account

Se debe instalar la aplicación desde Google Play Store, en este caso para dispositivos Android. La aplicación se descarga gratuitamente (ver Figura 53).

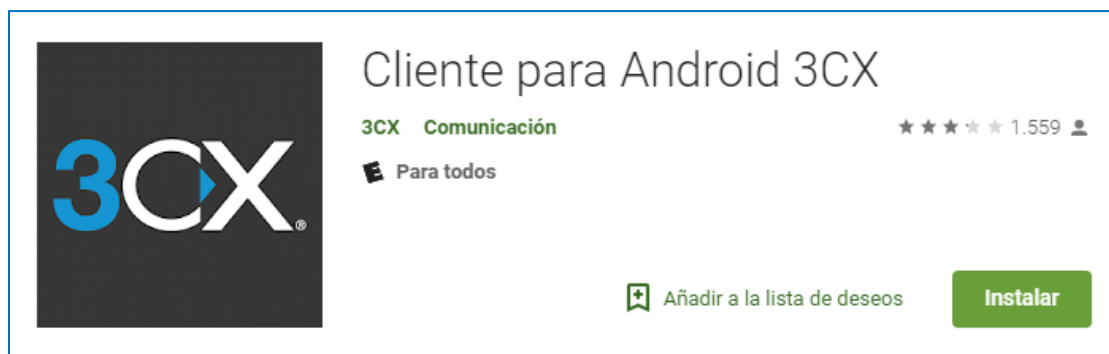


Figura 53 Aplicación de 3CX en Google Play Store.

Se genera un correo de bienvenida desde la administración de la plataforma, este correo es universal para todas las aplicaciones 3CX, siendo ideal para usuarios remotos. El administrador envía el correo de bienvenida o el sistema automático después de crear la extensión (ver Figura 54).

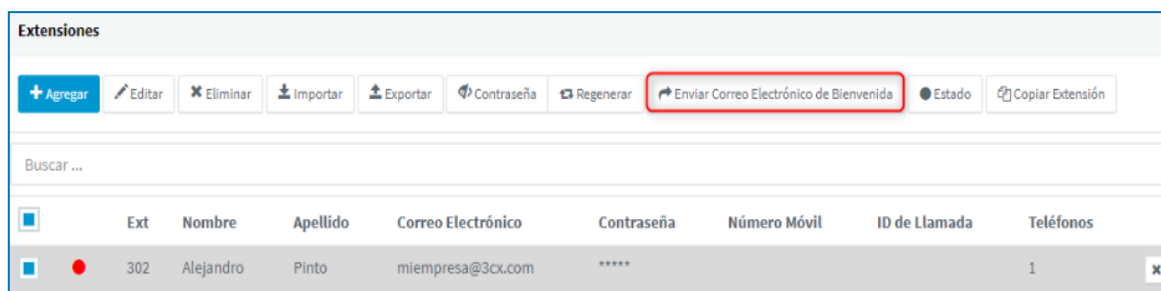


Figura 54 Envío de aprovisionamiento.

El usuario recibe el correo con un archivo adjunto (ver Figura 55). Este archivo lo debe abrir el usuario para que la aplicación importe la configuración que tendrá la extensión.

BIENVENIDOS MOVILIDAD DGTIC UNAM

Central Telefónica 3CX es una PBX basada en software que le otorga la movilidad y aumenta la productividad. Tome su extensión en cualquier lugar con los clientes móviles 3CX para iOS o Android.

Su cuenta usuario de movilidad es:

Se le ha asignado el siguiente número de extensión "89820" y su PIN de correo de voz "6305". Puede recuperar su correo de voz por teléfono "99999".

Instalación del Softphone 3CX
Con Softphone 3CX puede ver la presencia de los usuarios, desviar y transferir llamadas con un clic del ratón, ver el historial de llamadas y llamadas de configuración de conferencias. Incluye un teléfono SIP integrado que le permite hacer llamadas a través del sistema telefónico de MOVILIDAD desde cualquier lugar. Para instalarlo:
Descargar el cliente adecuado para su dispositivo:
a. Para Windows: <http://downloads.3cx.com/downloads/3CXPhoneforWindows14.msi>
b. Para Mac: <http://downloads.3cx.com/downloads/3CXPhoneforMac14.dmg>
c. Para Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tcx.sipphone14>
d. Para iPhone: <https://itunes.apple.com/us/app/3cxphone-14-for-3cx-phone/id992045982?ls=1&mt=8>

Después de la instalación, abra este mensaje de bienvenida en el dispositivo y haga doble clic en el archivo adjunto . El archivo adjunto contiene los detalles de su extensión y configurará automáticamente su cliente para su uso.

Para obtener información sobre cómo utilizar 3CX, vaya a <http://www.3cx.com/user-manual/>.

Learn how to get more out of 3CX at www.3cx.com




 3cxProv_16...0.3cxconfig  

Figura 55 Correo electrónico de aprovisionamiento.

Finalmente el cliente queda activado con su número de extensión y los servicios del conmutador a través de la aplicación de 3CX (ver Figura 56).

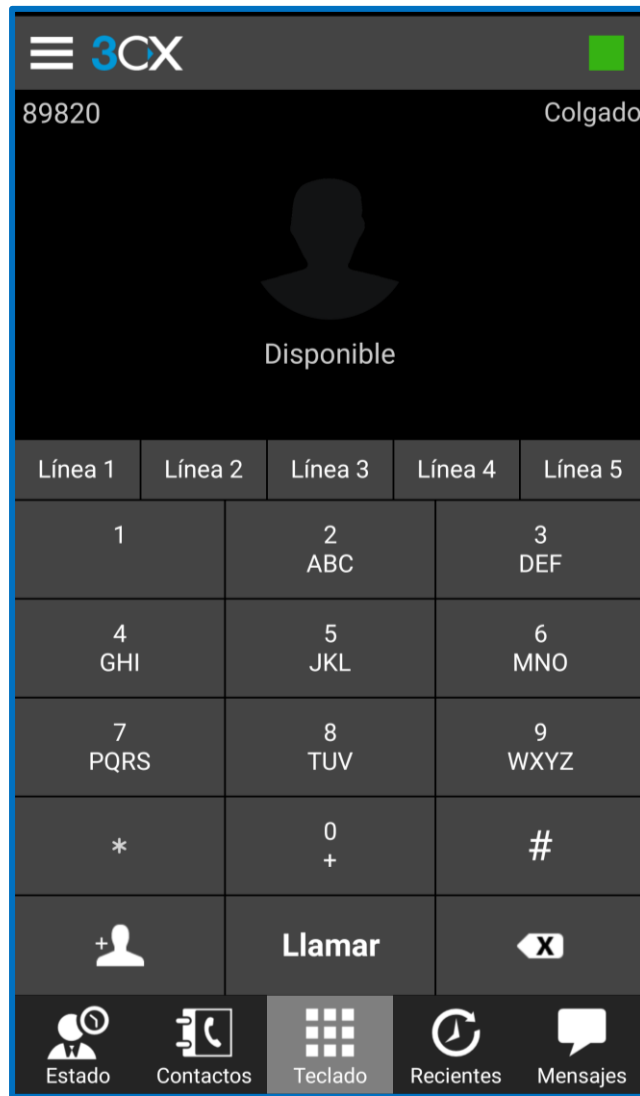


Figura 56 Extensión habilitada en 3CX.

Características de la aplicación.

- Provee funcionalidades de telefonía.
- Se ejecuta sobre un hardware existente (Dispositivo móvil).
- Es de uso interno y/o externo sin costo.
- Puede funcionar junto con un teléfono IP sobre el mismo número de extensión.

4.5 Protocolo de pruebas para movilidad con 3CX.

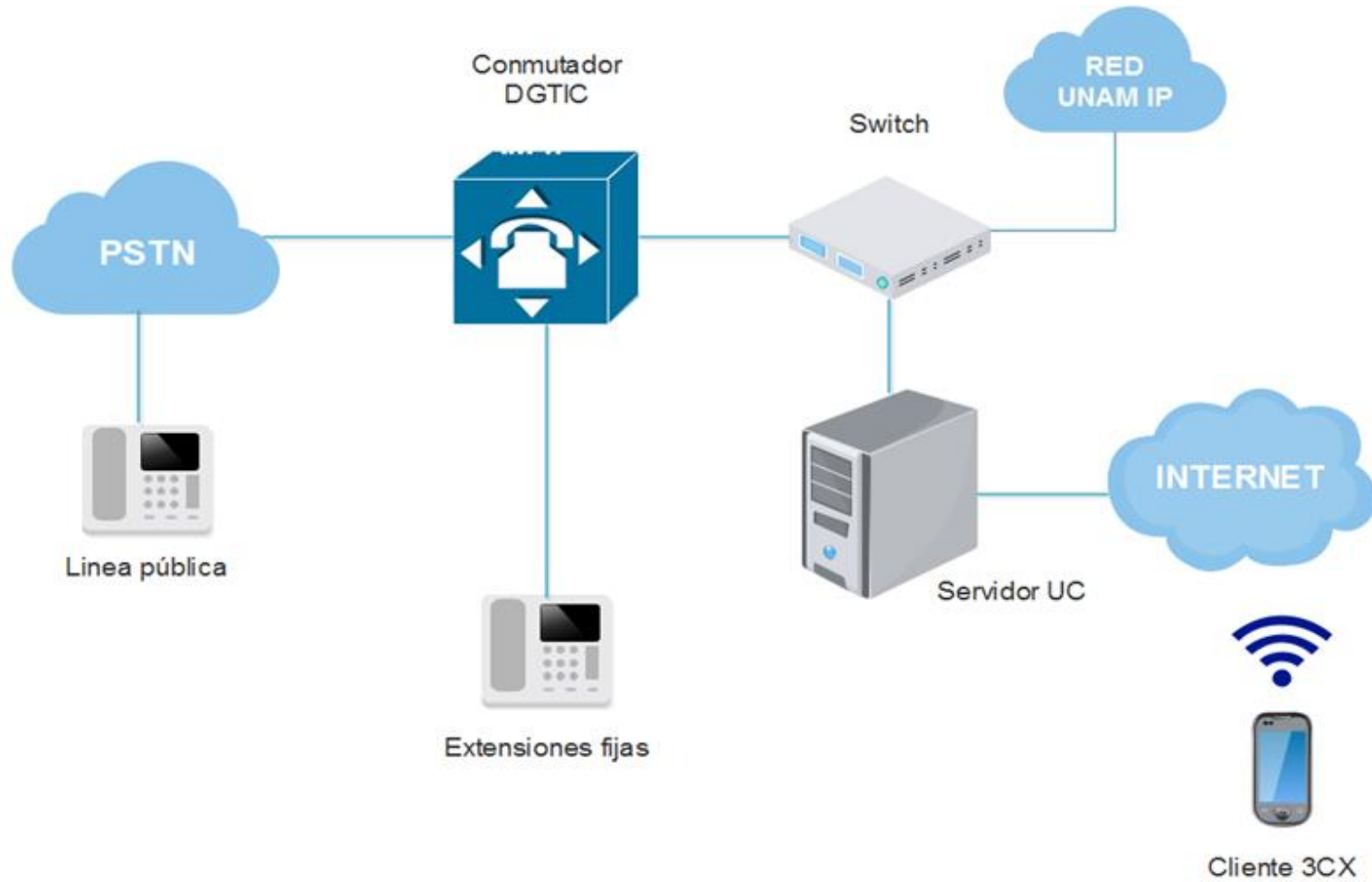


Figura 57 Diagrama para el protocolo de pruebas.

Facilidades y procedimientos de equipo TDM e IP.

La finalidad de estas pruebas es confirmar que la solución de movilidad sea compatible con la Red Telefónica Universitaria.

Se estudiará el comportamiento de la plataforma 3CX con el conmutador Aastra de la dependencia DGTIC, es decir, poder observar los servicios a los que la aplicación puede acceder mediante el cliente de movilidad. También se tomará en cuenta la calidad de las llamadas y la accesibilidad que la aplicación pueda ofrecer.

Para estas pruebas se utilizarán tres extensiones del conmutador de la DGTIC como muestra en la *Tabla 10*.

No. de extensión	Equipo	Tipo
89820	3CX - Smartphone Android	Cliente de movilidad
89803	3CX - Smartphone iOS	Cliente de movilidad
46108	NeXspan	Fijo TDM
28865	Aastra	Fijo TDM
28885	Snom D715	Fijo IP

Tabla 10 Extensiones asignadas al protocolo de prueba.

Teléfono digital multilínea registrado en el conmutador de la DGTIC. Este teléfono es propietario de Aastra (*Figura 58*).



Figura 58 Teléfono multilínea NeXspan® M760.

Teléfono digital multilínea registrado en el conmutador de la DGTIC. Este teléfono es propietario de Aastra (*Figura 59*).



Figura 59 Teléfono multilínea Aastra® 6757.

Teléfono IP registrado al conmutador de la DGTIC. Este teléfono se conecta mediante protocolo abierto SIP (*Figura 60*).



Figura 60 Teléfono IP Snom D715.

Smartphone con sistema operativo Android 7.0 con accesso a la red 4G LTE e Internet (*Figura 61*).



Figura 61 Smartphone Android

Smartphone con sistema operativo iOS con acceso a la red 4G LTE e Internet (*Figura 62*).



Figura 62 Smartphone iOS.

Prueba 1 - Call Conference (Conferencia).

El código para conferencia es R (flash) + No. + R + 3. Desde las extensiones fijas. Con la facilidad de la aplicación de 3CX basta con presionar el botón de conferencia y agregar el número que se desea agregar

Extensión	Llama a	Hace conferencia con	Cumple
28865	89820	46108	Si
46108	89820	PSTN	Si
28885	89820	89803	Si

Tabla 11 Prueba de conferencia.

Para el caso de la PSTN se debe agregar el número con el código para poder salir a la red pública. Ejemplo: 9 + número a marcar.

La conferencia es una facilidad que se utiliza mucho en el campo académico, empresarial y profesional. Con la solución de movilidad hace más fácil poder comunicarse con más de una persona en cualquier lugar y momento siempre y cuando los usuarios estén disponibles. Es por eso que se decidió agregar esta prueba en el protocolo. En este caso se realizan conferencias con las extensiones de la misma red y con usuarios de la red pública (PSTN).

Es importante mencionar que para las llamadas que se realizan hacia la red pública (PSTN), dependerán de los permisos con el que cuente cada usuario, estos permisos los otorgan los administradores de la red telefónica.

Prueba 2 - Call Forwarding All Calls.

El código para desviar se programa descolgando el auricular y marcando *12 y se cancela descolgando el auricular y marcando *72.

Extensión	Llama a	La llamada se desvía a	Cumple
28865	46108	89820	Si
89820	28885	89803	Si

Tabla 12 Prueba de reenvío de llamadas.

Con esta prueba de desvío incondicional podemos afirmar que todas las llamadas que entren a la extensión 46108, que es una extensión fija de escritorio, se desvíen al cliente de movilidad que es la extensión 89820, de esta manera el usuario puede contestar sus llamadas directamente en el Smartphone o tableta, lo mismo entre los clientes 89820 y 89803.

Prueba 3 - Call Forwarding Don't Answer/Busy Line.

En esta modalidad de desvío se consideran las llamadas que no logran concretarse por que una línea esté ocupada o porque no se conteste, una facilidad que también es muy utilizada en caso de que no se requiera un desvío incondicional.

Solamente se usa el desvío de la extensión fija al cliente de movilidad, ya que la idea es poder atender las llamadas desde el teléfono móvil.

Extensión	Llama a	La llamada se desvía a	Don't Answer	Busy Line
28865	46108	89820	Si	Si
89820	28885	89803	Si	Si

Tabla 13 Prueba de reenvío "no contesta"/"línea ocupada".

En el caso de "Busy Line", puede omitirse el desvío, ya que la aplicación de 3CX permite tomar hasta 5 líneas, si el usuario lo desea, podría atender las llamadas entrantes sin necesidad de desviarse.

Prueba 4 – Jefe – Secretaria.

Extensión	Llama a	Contestar en	Cumple
89803	28865	46108 (89820)	Si
28865	46108	28885 (89803)	Si

Tabla 14 Prueba Jefe – Secretaria.

Una de las facilidades que se usa mucho en la Universidad es la facilidad de Jefe - Secretaria. Algunos casos se pueden encontrar con los investigadores, jefes de departamento y directores de área, ya que suelen tener actividades fuera del lugar de trabajo pero aún requieren de una supervisión de su línea mediante una secretaria.

Esta facilidad solo puede realizarse por medio de un desvío programado en la extensión fija de quien tenga el rol de jefe, desvío que será asignado al cliente de movilidad perteneciente al jefe. De esta manera se cubre la facilidad de Jefe - Secretaria, siendo diferente a la solución de One Number, ya que no cuenta con una supervisión directa de la extensión destinada al Jefe, en este caso, la aplicación de 3CX.

Prueba 5 – Llamada a emergencias.

Extensión	Llama a	Cumple
89820	55	Si
89803	55	Si

Tabla 15 Prueba número de emergencia.

El motivo de hacer la prueba con el número de emergencia es garantizar que un servicio de esta relevancia también esté disponible para los clientes de movilidad. En este caso, el número de emergencia solo puede atender incidentes dentro de las instalaciones de la UNAM.

Prueba 6 – Transferencia.

Extensión	Llama a	Transfiere a	Cumple
28865	89820	28885	Si
28865	46108	89820	Si

Tabla 16 Prueba transferencia de llamadas.

Transferencia es otra facilidad muy utilizada en el ámbito académico y administrativo, además de que es una función básica que podemos encontrar en un conmutador. Esta función puede hacerse como una transferencia supervisada o sin supervisión. La transferencia puede realizarse tanto desde la extensión fija con el prefijo asignado para la función o desde la App 3CX en el panel que aparece dentro de la llamada.

En la *Figura 63* podemos ver la aplicación 3CX cuando se establece la comunicación con otra extensión de la red.

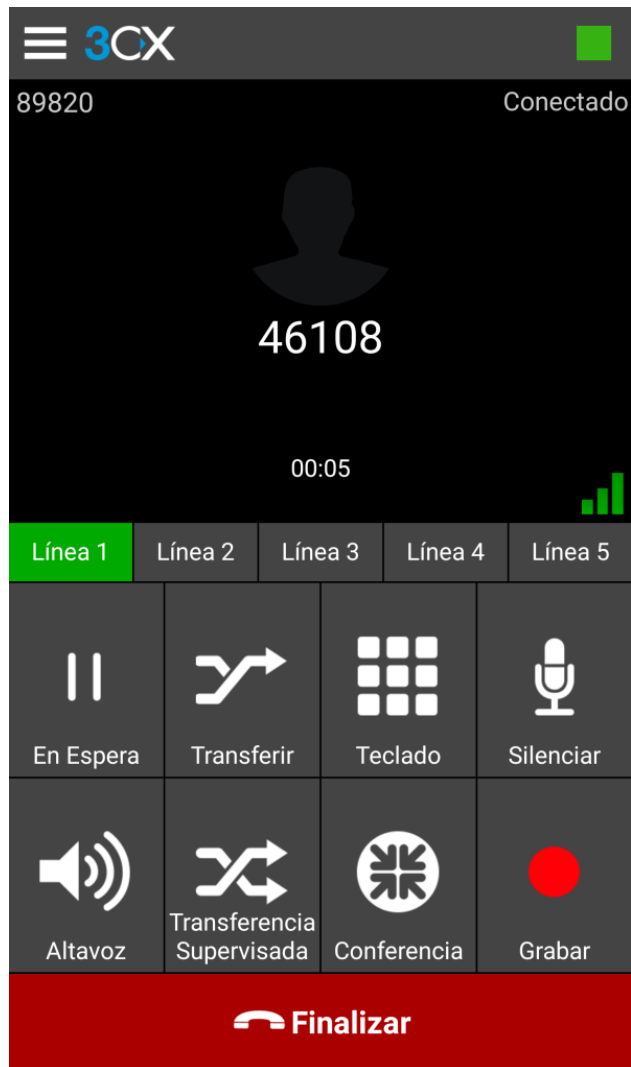


Figura 63 Panel de funciones durante una llamada en 3CX.

Conclusiones.

Se hizo un estudio del personal de la Dirección de Telecomunicaciones de la DGTIC para conocer las labores que realizan en cada departamento de la misma.

Este estudio nos permitió conocer algunos escenarios que la plataforma 3CX de Comunicaciones Unificadas puede solucionar o mejorar el desempeño según sea el caso.

El servidor se conectó al conmutador que da servicio a la DGTIC, de tal manera que estos quedaran comunicados y pudieran operar favorablemente, esto asignándole un enlace ya configurado al servidor en que se encuentra instalada la plataforma.

Se implementó un protocolo de pruebas con funciones básicas que la universidad utiliza en su día a día (capítulo 4). Para lograr esto se asignaron clientes de movilidad (extensiones) a teléfonos móviles que lograron conectarse de manera exitosa a los servicios del servidor y del conmutador, pudiendo así comunicarse con terminales que están dentro de toda la red telefónica y otros servicios adicionales. Con estas pruebas se pudo comprobar la convivencia que la plataforma tiene con la red, mostrando un resultado favorable para su uso. Las funciones realizadas en el protocolo de pruebas se establecieron mediante conexión Wi-Fi y red 4G, esto con el motivo de verificar que la aplicación móvil de 3CX pudiera conectarse en ambas redes, así mismo se probó en dos diferentes dispositivos móviles con sistemas operativos distintos, corroborando así el funcionamiento de la plataforma en ambos casos.

A pesar de que el conmutador con el que trabaja la red telefónica es de la marca Aastra y la plataforma es 3CX, al ser sistemas diferentes se lograron comunicar de manera exitosa gracias a que ambos sistemas trabajan con estándares abiertos, es decir que no se obligan a trabajar con equipos de su misma marca.

El conmutador si trabaja con una señalización propietaria llamada MOVAC pero al tener un puerto para troncales SIP, nos dice que puede trabajar con estándares abiertos en esa troncal.

Los beneficios que ofrece la plataforma 3CX a la Dirección de Telecomunicaciones son los siguientes:

- Avance tecnológico que apoyará el desarrollo de las actividades y eficiencia del personal y si se desea, en un futuro a toda la comunidad universitaria.
- El costo se reduce a solo adquirir el licenciamiento, ahorrando la necesidad de adquirir más dispositivos, ya que cada usuario tendrá su línea en su dispositivo personal su así lo desea.
- Capacitación que permitirá al usuario acercarse a nuevas tecnologías.
- Al implementar la política de BYOD (Bring Your Own Device) resulta conveniente para la administración en cuestión de infraestructura, al presentar un ahorro de cableado en caso de cambios o fallos en las extensiones fijas.
- Al ser un medio inalámbrico favorece la movilidad y comodidad del usuario, siempre y cuando cuente con conexión a internet.

Otra de las intenciones de esta tesis es introducir el conocimiento de nuevas tecnologías para la actualización de la red, tanto para el personal del departamento de telefonía que son los encargados de administrar la Red Telefónica Universitaria, como al personal que conforma toda la dirección de telecomunicaciones, esto con la finalidad de que existan clientes y usuarios satisfechos para que a su vez puedan tener un buen manejo de la red junto con los administradores, abriendo paso a nuevas generaciones y nuevas soluciones para toda la UNAM.

Las pruebas realizadas en esta propuesta se realizaron con los recursos actuales que tiene la red telefónica de la DGTIC, se aprovechó la infraestructura actual para manejar escenarios que se presentan actualmente y así proponer una solución a ello.

Trabajos futuros.

Actualmente se cuenta con 20 licencias de clientes para poder dar servicio a ese número de usuarios. El número de licencias se limita a 20 usuarios ya que la plataforma se encuentra en su fase de prueba, por esta misma razón este proyecto se trabajó utilizando dos usuarios de las 20 licencias disponibles. Estas licencias se asignarán a los jefes de departamento y a sus asistentes en caso de tenerlos.

Si se deseara implementar esta propuesta, se tendrían que ampliar las licencias de 3CX para cubrir a los usuarios restantes, como lo son los técnicos y demás personal que labore en los diferentes departamentos de la dirección.

Si se pensara en realizar la implementación de esta propuesta, la universidad hace una licitación en la cual participan diferentes proveedores que concursan presentado sus tecnologías y soluciones de acuerdo a las necesidades de toda la UNAM. En este concurso se elegirá a la marca que cumpla con los requerimientos que demanda la red y que presente el mejor costo-beneficio para la Red Telefónica Universitaria.

Con base en los resultados de esta propuesta, se busca una solución que cuente con un sistema embebido, es decir que la plataforma de Comunicaciones Unificadas esté integrada dentro de un mismo conmutador que permita gozar de las mismas facilidades sin necesidad de tener aditamentos adicionales o externos al sistema. Esto reduciría costos, hardware, espacio en el área de trabajo, y simplificaría la administración del equipo y del servicio, ya que también se prefiere un sistema de administración centralizada, pudiendo así explotar el 100% de la solución que se adquiriera, obteniendo un beneficio más completo de la aplicación.

Bibliografía.

Guardia de Viggiano, Nisla Victoria (2009): *Lenguaje y comunicación*. Países Bajos, Editorama, S.A.

Huidobro Moya, José Manuel, David, Roldán Martínez (2006): *Tecnología VoIP y telefonía IP*. México, D.F., Alfaomega.

Salazar, Jordi: *Redes Inalámbricas*. República Checa, TechPedia.

Huawei Technologies Co., LTD (2015): *HCNA-UC-IHUCA_V2.8_Training_Material*.

Macías Ríos, Maria Eugenia, Edwin, Rentería Anguiano (2009): *Apuntes de las Asignaturas de Redes de Datos I y Redes de Datos II*. FI - UNAM.

Escobar Cristiani, Manuel Josue (2012): *Telefonía y conmutación*. Estado de México, RED TERCER MILENIO S.C.

Gutiérrez Gil, Roberto: *Seguridad en VoIP*. España, Universitat De Valencia.

Meggelen, Jim, Jared, Smith, Leif, Madsen (2005): *Asterisk, The Future of Telephony*, O'Reilly.

Arnold J. Cuellar González, *Curso de Redes de Telefonía IP*, Programa de Becas de Formación en Tecnologías de Información y Comunicación, DGTIC-UNAM, Agosto 2018. <https://www.becasyss.tic.unam.mx>

Tacas Quispe, River, Germán, Suárez Gómez: *Voz sobre IP y Telefonía sobre IP*. Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://ciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/5939/vozsobreip.pdf?sequence=1>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2005): *Informe esencial sobre telefonía IP*. Ginebra, Suiza. Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones. https://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP-tel_report-es.pdf

Topologías físicas de red. Consultado Marzo (2019) en: <https://gustavo2792.wordpress.com/2012/01/06/topologias-fisicas-de-red/>

Redes de telecomunicaciones. Consultado (Marzo 2019) en: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm

Telecomunicaciones – 2. Multiplexación por división de tiempo (TDM). Consultado Abril (2019) en: <http://yuricodelaotecomunicaciones.blogspot.com/2012/03/2-multiplexacion-por-division-en-tiempo.html>

Interconexión a la PSTN. Consultado Abril (2019) en:

<http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/interconexion-a-la-pstn/>

Red VoIP. Consultado Mayo (2019) en:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>

Portal web de la Plataforma 3CX 2019. Consultado Junio (2019) en:

<https://www.3cx.es>

<https://www.3cx.es/voip-sip/comunicaciones-unificadas/>

<https://www.3cx.es/academia3cx/videos/basico/instalacion/>

Portal web de la DGTIC - UNAM. Consultado Junio (2019) en:

<https://www.tic.unam.mx/acerca.html#>

Portal web de telefonía UNAM. Consultado Mayo (2019) en:

<https://www.tic.unam.mx/acerca.html#>

Índice de figuras.

Figura 1 Esquema representativo de comunicación.	1
Figura 2 Telégrafo óptico y código.	2
Figura 3 Sistema básico de comunicaciones electrónicas.	3
Figura 4 Red ARPANET.	4
Figura 5 Topología de estrella.	5
Figura 6 Topología de Bus.	6
Figura 7 Topología de Anillo.	6
Figura 8 Topología de Árbol.	7
Figura 9 Topología de Malla.	8
Figura 10 Topología Híbrida.	8
Figura 11 Diagrama de Red.	9
Figura 12 Conexión por Bluetooth.	12
Figura 13 Red WLAN.	12
Figura 14 Red WiMAX.	13
Figura 15 Red WWLAN.	13
Figura 16 Modelo OSI y protocolos.	16
Figura 17 Modelo TCP/IP y protocolos.	18
Figura 18 Red IP.	19
Figura 19 Cable de par trenzado.	20
Figura 20 Cable Coaxial.	21
Figura 21 Cable Coaxial BNC.	21
Figura 22 Cable Coaxial tipo F.	22
Figura 23 Fibra Óptica.	23
Figura 24 Diagrama básico del teléfono.	25
Figura 25 Conexión entre dos teléfonos.	27
Figura 26 Conmutación de circuitos.	28
Figura 27 Red Telefónica Pública Conmutada.	29
Figura 28 Interfaces de un PBX.	30
Figura 29 Interfaces y troncales de un PBX.	31
Figura 30 Codificación de la voz.	31
Figura 31 Circuito analógico.	32
Figura 32 Circuito digital.	33
Figura 33 Digitalización de la voz.	34
Figura 34 Multiplexor y Demultiplexor.	35
Figura 35 Trama TDM.	36
Figura 36 Trama EI.	38
Figura 37 Señalización	39
Figura 38 Señalización por canal común.	39
Figura 39 Señalización por canal asociado.	40
Figura 40 Señalización R2.	40
Figura 41 Aplicaciones de voz sobre IP.	42
Figura 42 Tramas de voz.	43
Figura 43 Protocolo RTP y RTCP.	48
Figura 44 Terminales de telefonía IP.	52
Figura 45 Organigrama DGTIC.	57
Figura 46 Red Telefónica de la DGTIC con la Red Principal Universitaria.	59
Figura 47 Gráfica de demanda de movilidad.	63
Figura 48 Servidor Dell® R230.	65
Figura 49 Características del enlace 3CX movilidad.	65
Figura 50 Enlace IP entre PBX y Servidor	66
Figura 51 Acceso a 3CX movilidad-Registro de usuarios.	67

Figura 52 Imagen de administración de extensiones tomada de la página web de 3CX.	67
Figura 53 Aplicación de 3CX en Google Play Store.	68
Figura 54 Envío de aprovisionamiento.	68
Figura 55 Correo electrónico de aprovisionamiento.	69
Figura 56 Extensión habilitada en 3CX.	70
Figura 57 Diagrama para el protocolo de pruebas.	71
Figura 58 Teléfono multilínea NeXspan® M760.	72
Figura 59 Teléfono multilínea Aastra® 6757.	73
Figura 60 Teléfono IP Snom D715.	73
Figura 61 Smartphone Android	74
Figura 62 Smartphone iOS.	74
Figura 63 Panel de funciones durante una llamada en 3CX.	78
Figura 64. Interacción usuario con capa de aplicación.	88
Figura 65 Compresión de la voz en capa de presentación.	88
Figura 66 Proceso de sesión en una llamada IP.	89
Figura 67 Transporte de información en capa de transporte.	89
Figura 68 Direccionamiento IP.	90
Figura 69 Enlace de datos.	90
Figura 70 Medio de transmisión por cable capa física.	91
Figura 71 Medio de transmisión por aire capa física.	91

Índice de tablas.

Tabla 1 Dimensión de Redes.	10
Tabla 2 Modelo OSI.	15
Tabla 3 Modelo TCP/IP.	17
Tabla 4 Categorías de cable de par trenzado.	20
Tabla 5 Tecnologías de codificación.	34
Tabla 6 Fechas relevantes en la DGTIC.	56
Tabla 7 Terminales de la Red Telefónica Universitaria.	58
Tabla 8 Personal de la Dirección de Telecomunicaciones DGTIC.	60
Tabla 9 Hardware del servidor.	65
Tabla 10 Extensiones asignadas al protocolo de prueba.	72
Tabla 11 Prueba de conferencia.	75
Tabla 12 Prueba de reenvío de llamadas.	75
Tabla 13 Prueba de reenvío "no contesta"/"línea ocupada".	76
Tabla 14 Prueba Jefe – Secretaria.	76
Tabla 15 Prueba número de emergencia.	77
Tabla 16 Prueba transferencia de llamadas.	77

Glosario.

A

Aprovisionamiento: Para cuestiones de los servicios en Comunicaciones unificadas, aprovisionar es proveer un dispositivo de un usuario los permisos y recursos necesarios para poder utilizar un servicio.

B

Bluetooth: Es una tecnología de comunicación inalámbrica entre dispositivos de corto alcance.

C

Carrier: Se conoce como carrier a los operadores o empresas que ofrecen servicios de telecomunicaciones como telefonía e internet de altos niveles. En su significado de portadora carrier es una señal o pulso transmitido a través de una línea de telecomunicaciones.

Cliente: Se define como cliente a la aplicación que se instala en el dispositivo que se desea controlar y dar servicio. Por ejemplo, el servicio de 3CX.

E

Enlace: Puede definirse como uno de los caminos para transmitir información entre dos puntos o terminales.

Enterprise: Se utiliza la palabra "enterprise" para referirse a las soluciones de telecomunicaciones a nivel empresarial.

Estándar: Según la definición de la ISO (Organización Internacional para Estandarización) "Un estándar es un acuerdo documentado que contiene especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito".

I

IrDA: Infrared Data Association o Asociación de Datos Infra-rojos define un estándar físico para la transmisión y recepción de datos por medio de rayos infrarrojos.

M

Mac Address: La Mac Address o dirección Mac es una identificador único de 48 bits para identificar la totalidad de dispositivos de red como por ejemplo tarjetas de red Ethernet, tarjetas de red wifi o inalámbricas, Switch de red, Routers, impresoras, etc.

Modulación: Modulación engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal.

P

PCM: Pulse Code Modulation es una técnica de modulación que se utiliza para digitalizar una señal analógica, consiste en muestrear, cuantificar y codificar una señal para su transporte digital.

Protocolo: Llamamos protocolo a un conjunto de reglas que utilizan los equipos informáticos para poder comunicarse entre sí.

Proxy: Un proxy también conocido como servidor proxy es un dispositivo o programa que hace de intermediario entre las peticiones de recursos que realiza un cliente A a otro servidor B. Es decir, es un punto intermedio entre un ordenador conectado a Internet y el servidor que está accediendo.

R

Router: Es un dispositivo de red que se encarga de transportar el tráfico o información por la mejor ruta que encuentre en la red a la que pertenece, un ejemplo podría ser nuestro llamado "modem" que tenemos en el hogar.

S

Servidor: Se puede definir como servidor a un ordenador que está al "servicio" (como su nombre lo indica) de otros equipos, ofreciendo algún tipo de servicio, por ejemplo, servidor proxy, servidor de correo, servidor web, entre otros.

Sesión: En telefonía se define sesión a una llamada que se realiza entre dispositivos comunicados con tecnología IP.

Switch: Un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como unared de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3).

T

Trama: En redes, una trama es una unidad de envío de datos. Es una serie sucesiva de bits, organizados en forma cíclica, que transportan información y que permiten en la recepción extraer esta información. Viene a ser el equivalente de paquete de datos o Paquete de red, en el Nivel de red del modelo OSI.

Troncal: En lenguaje técnico de telefonía, una línea troncal es un enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia

más eficiente (generalmente digital) y poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.

U

UWB: UWB es una tecnología en el rango de las PAN (Personal area Network). El término Ultrawideband se usa para hacer referencia a cualquier tecnología de radio que usa un ancho de banda mayor de 500 MHz o del 25% de la frecuencia central, de acuerdo con la Comisión Federal de Comunicaciones o FCC (Federal Communications Commission).

Z

ZigBee: Zigbee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Anexo.

Flujo de información en el modelo OSI.

El flujo de la información en VoIP se puede entender de acuerdo a los protocolos que se utilizan cuando se realiza una llamada telefónica mediante una red IP. La base para lograr una comunicación en redes de Internet es el modelo OSI que nos permite ver el flujo de la información a través de cada una de sus capas, siempre y cuando la red esté basada en el modelo OSI o en el modelo TCP/IP.

A continuación se muestra el flujo de la información a través de las capas del modelo OSI.

Aplicación.

En esta capa se encuentra el Software de interacción con los usuarios, puede ser una aplicación de un Smartphone, un software de administración y configuración por ejemplo. En el cliente de movilidad podemos considerar el software que se utiliza para realizar las llamadas, es decir la aplicación de 3CX. El usuario accede desde su Smartphone a la aplicación para realizar su llamada o alguna otra función dentro de la aplicación.



Figura 64 Interacción usuario con capa de aplicación.

Presentación.

En esta capa se lleva a cabo la compresión de la información, en este caso la voz mediante un códec, dependiendo de la red y su configuración será la compresión de la voz, en este caso, para VoIP se utiliza el códec G.729.

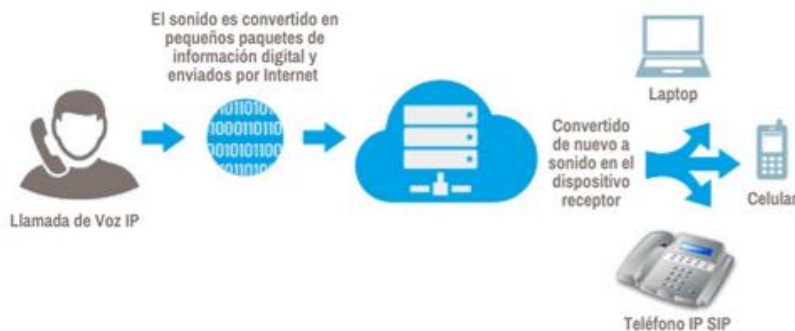


Figura 65 Compresión de la voz en capa de presentación.

Sesión.

Aquí se establecerá la comunicación o sesión con protocolo SIP, es el encargado del inicio y termino de la sesión, también verifica que esta no se termine antes de lo deseado, es decir que SIP mantiene la señalización de la sesión. Los protocolos RTP y RTCP también trabajan en esta capa.

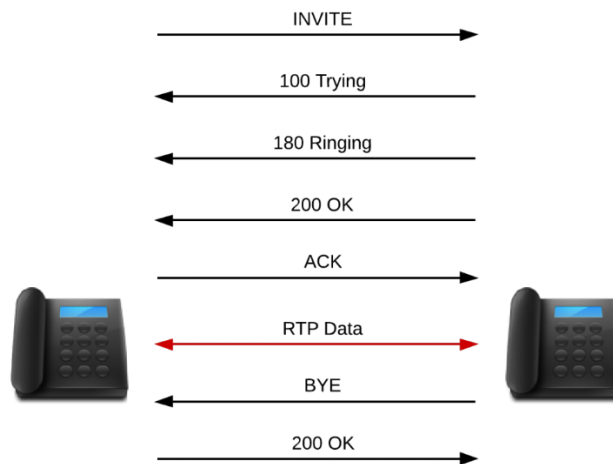


Figura 66 Proceso de sesión en una llamada IP.

Transporte

En la capa de transporte podemos encontrar los protocolos TCP y UDP. El protocolo TCP (Transport Control Protocol) se encarga de transportar los paquetes que contienen información que ayudan al protocolo SIP con la señalización en la capa de sesión, ya que es importante por sus características de confiabilidad.

El protocolo UDP (User Datagram Protocol) se encarga del transporte de la voz en tiempo real, este protocolo no es muy fiable ya que no es orientado a conexión. Para ayudar a UDP en el transporte de la voz, están los protocolos RTP (Real time Transport Protocol) y RTCP (RTP Control Protocol). Mientras que RTP transporta los flujos de audio, RTCP supervisa las estadísticas de transmisión y calidad de servicio (QoS), cabe mencionar que estos protocolos ya trabajan en la capa de sesión pero ayudan a UDP en su función.



Figura 67 Transporte de información en capa de transporte.

Red

La capa de red será encargada del direccionamiento lógico. Para lograr una comunicación entre dos dispositivos deben tener una dirección IP origen y una dirección IP destino, para saber hacia dónde será dirigida la información. Estas direcciones son únicas e irrepetibles.



Figura 68 Direccionamiento IP.

Enlace de datos.

Esta capa se encarga de la comunicación entre la capa física y las demás superiores, aquí se encuentran las direcciones físicas MAC (Media Access Control) de los dispositivos, logrando así la comunicación. La capa de enlace de datos es responsable del intercambio de tramas entre nodos a través de los medios de una red física. También se le llama capa de acceso al medio.

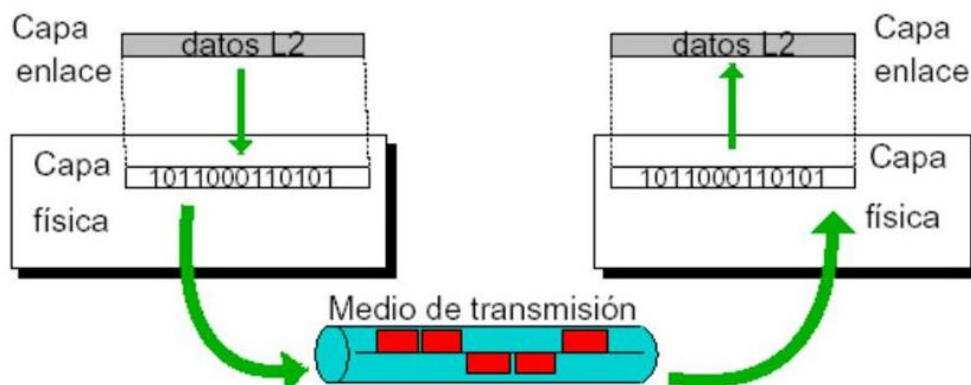


Figura 69 Enlace de datos.

Física.

En esta capa se lleva a cabo la interconexión de redes. La capa Física de OSI proporciona los medios de transporte para los bits que conforman la trama de la capa de Enlace de datos a través de los medios de red. Esta capa acepta una trama completa desde la capa de Enlace de datos y la codifica como una secuencia de señales que se transmiten en los medios locales. Un dispositivo final o un dispositivo intermediario reciben los bits codificados que componen una trama. Aquí también está el medio físico de transporte, es decir si es cable de cobre, fibra óptica, ondas electromagnéticas, etc.

En este caso se utilizan ondas electromagnéticas para el acceso a la red Wi-Fi o la red 4G, GSM o 5G, para después entrar a una red cableada hacia los terminales fijos o viceversa.



Figura 70 Medio de transmisión por cable capa física.



Figura 71 Medio de transmisión por aire capa física.