

Telefonía fija y móvil

CS STI

## TEMA 1

# Fundamentos de la Telefonía Analógica

## Introducción

Aunque la telefonía analógica tiene casi 150 años de antigüedad, continúa teniendo una importante presencia en las comunicaciones de voz.

Esto se debe a que las redes telefónicas existentes tuvieron un coste de construcción muy elevado y supuso un gran esfuerzo de despliegue para los gobiernos.

Estas redes han dado servicio durante todo el siglo XX y han permitido que el servicio telefónico tenga un carácter casi universal.

## Introducción

En la actualidad, las redes de telefonía analógica han sido desplazadas por redes de tipo digital con fibra óptica, pero los teléfonos analógicos siguen teniendo una presencia importante entre los usuarios particulares y en las empresas.

Un técnico en sistemas de telefonía debe conocer los fundamentos de esta tecnología y sus aspectos técnicos más importantes.

## CONTENIDOS

- ① El circuito telefónico.
- ② Las centralitas telefónicas.
- ③ Estructura de la red telefónica.
- ④ Características básicas de la telefonía analógica.
- ⑤ Redes de acceso en los sistemas de telefonía fija.

## OBJETIVOS

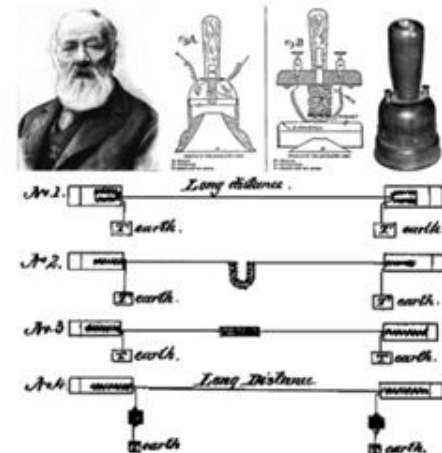
- Conocer el funcionamiento de un teléfono básico.
- Identificar las principales características de las centralitas telefónicas.
- Conocer la estructura de la red telefónica.
- Conocer las limitaciones de los pares de cobre en la transmisión de datos.
- Identificar las principales características de las nuevas redes de acceso de fibra óptica.

## Tema 1 · El circuito telefónico

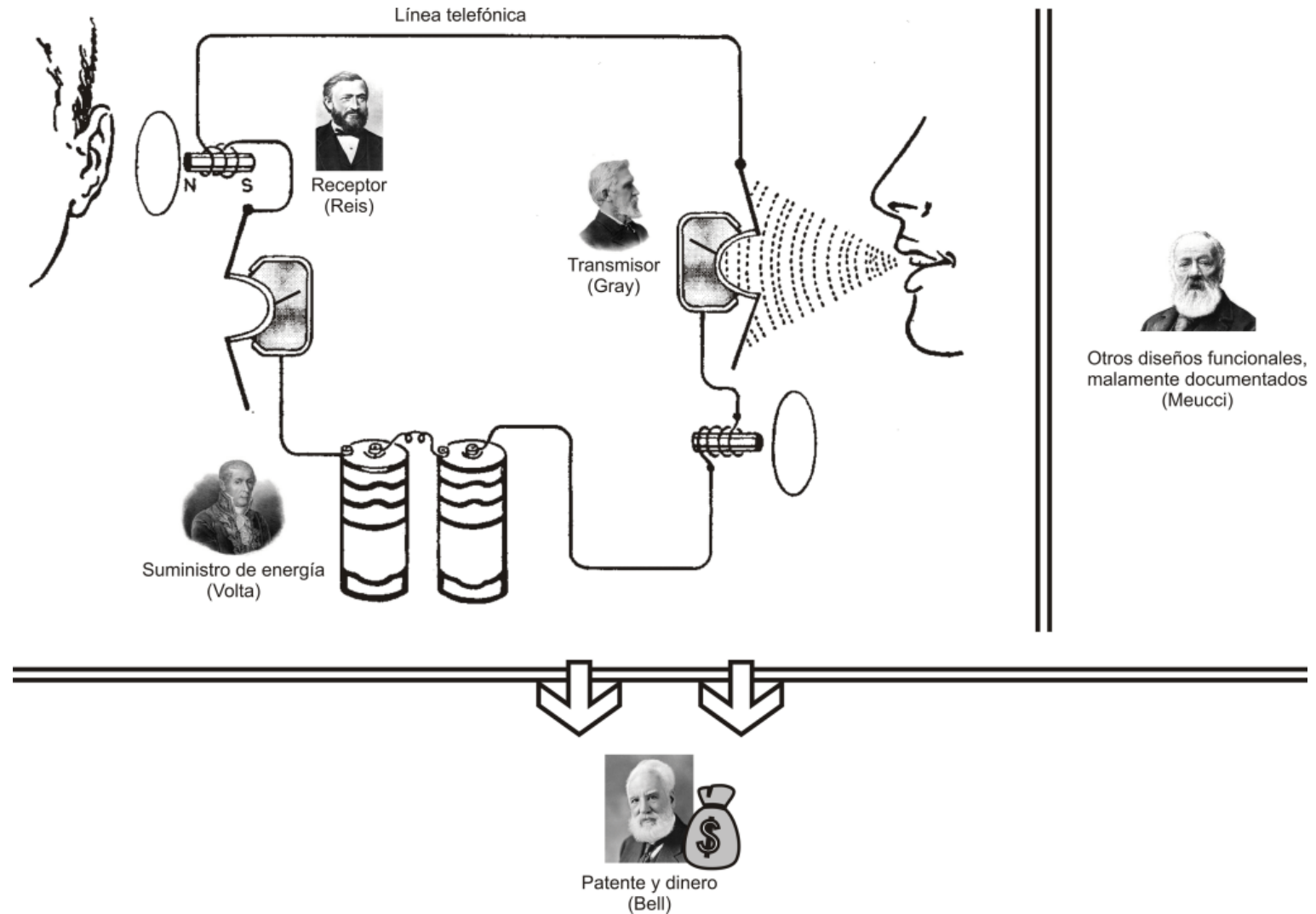
En marzo de 1876 **Alexander Graham Bell**, patentó su aparato telefónico en la ciudad de Boston (EEUU).

El congreso de EEUU reconoció en 2002, que el autor del invento había sido **Antonio Meucci** (teletrófono) que demostró públicamente su funcionamiento en Nueva York, transmitiendo la voz de una cantante a considerable distancia.

Meucci no fue capaz de patentar su invento y nunca vio reconocido su talento.

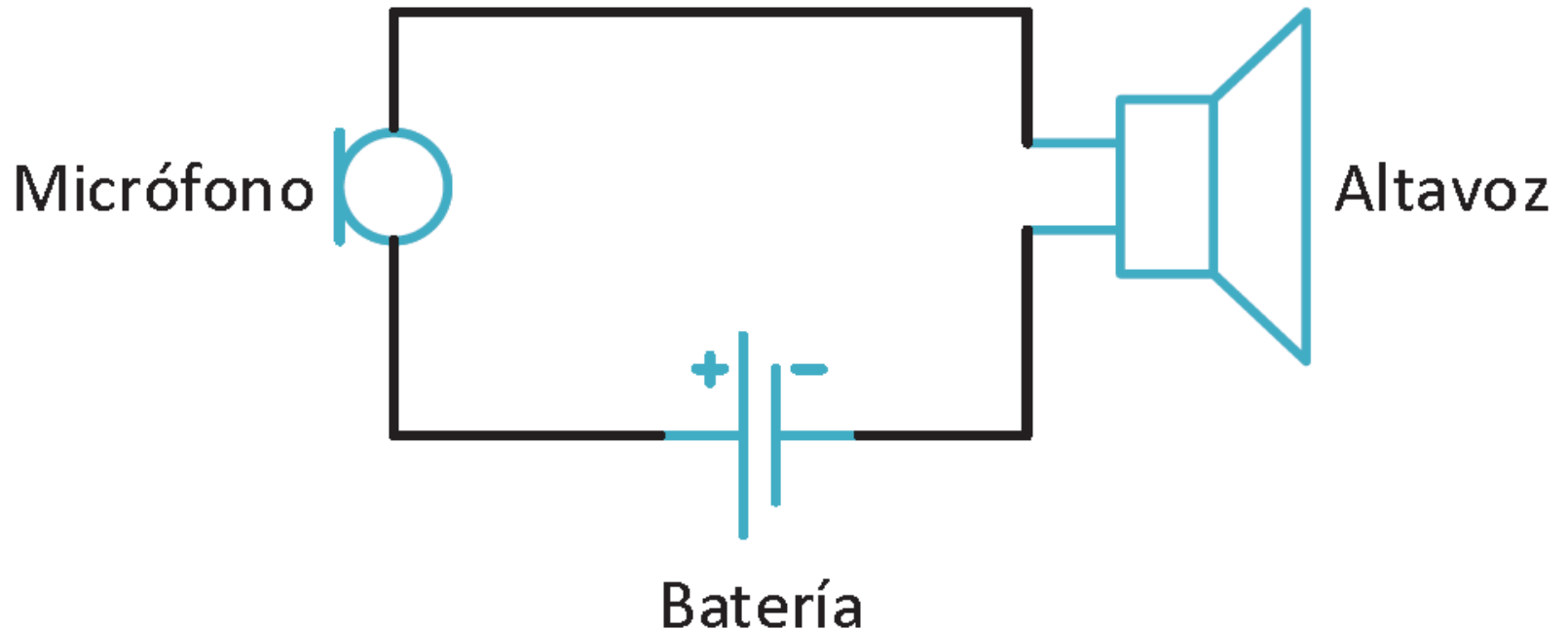


# Tema 1 · El circuito telefónico



## Tema 1 · El circuito telefónico

El primer aparato telefónico constaba solo de tres elementos: micrófono, un auricular y una batería.



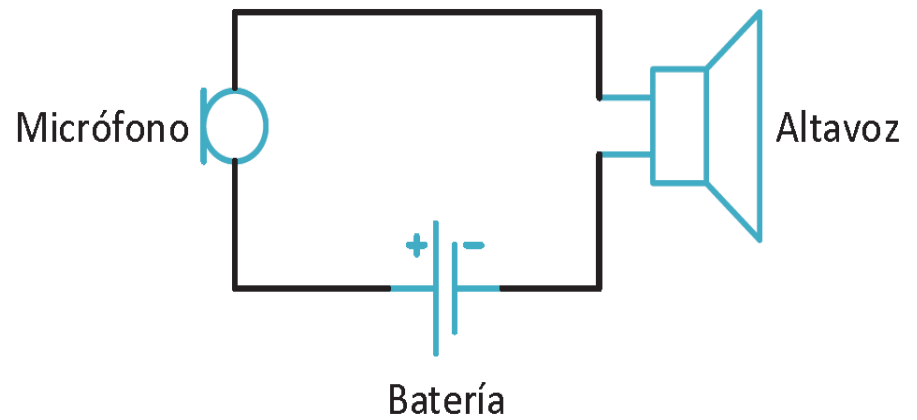


## Tema 1 · El circuito telefónico

Cuando se habla por el micrófono, este modifica su resistencia eléctrica y en el circuito varía la intensidad siguiendo los cambios de la señal de voz.

Esta intensidad variable, al pasar por un auricular o un pequeño altavoz, hace que se reproduzca la señal de voz captada por el teléfono.

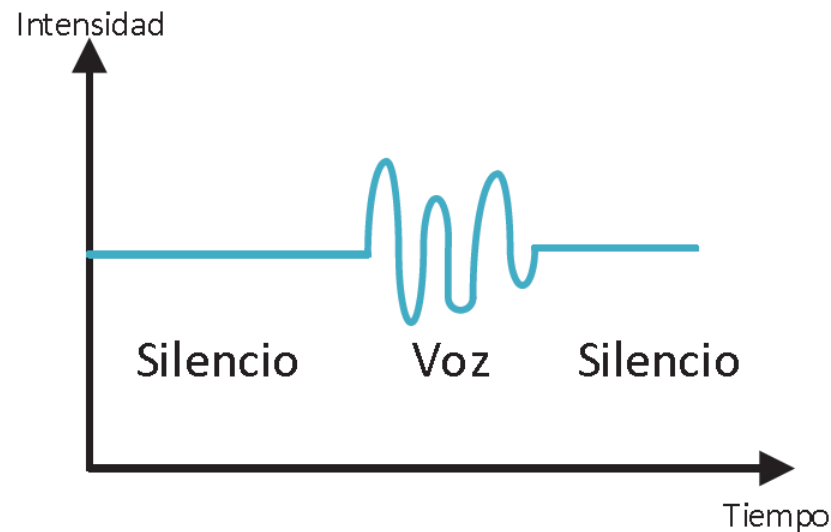
En el circuito telefónico es necesario insertar una batería para que circule una corriente continua cuando no se está hablando.



## Tema 1 · El circuito telefónico

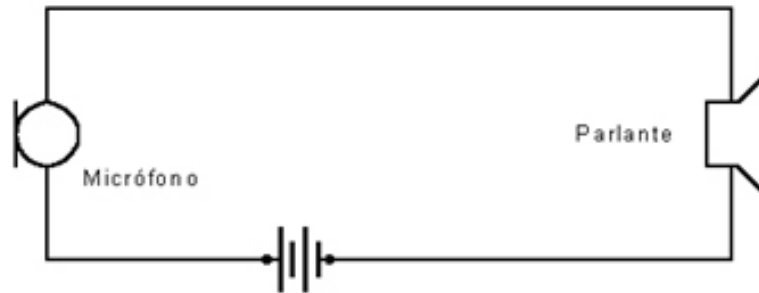
Cuando se habla en el micrófono la corriente eléctrica que circula por el circuito telefónico es continua variable.

Cuando no se habla en el micrófono la corriente eléctrica que circula por el circuito telefónico es continua constante.

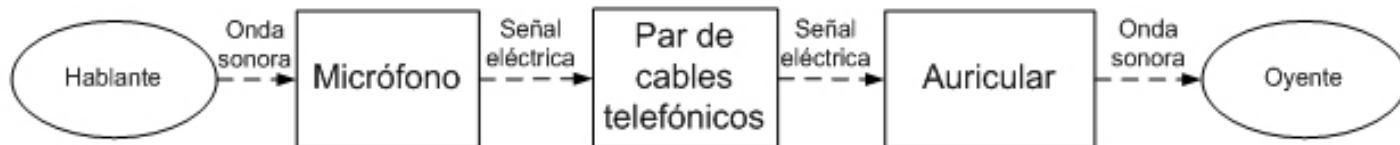


# Tema 1 · El circuito telefónico

El circuito telefónico sólo necesita un par de hilos conductores, habitualmente hilos de cobre, para unir el micrófono con el auricular a través de la batería, pero sólo permite hablar en un sentido, desde el micrófono al altavoz.



**Circuito esquemático del "teléfono Bell"**



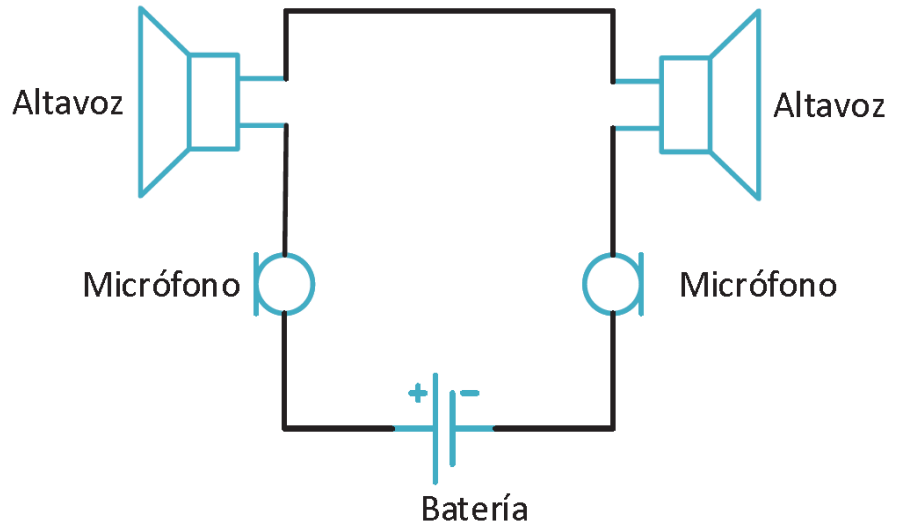
**Diagrama en bloques**

## Tema 1 · El circuito telefónico

Para conseguir un teléfono que permita hablar y escuchar a los dos participantes basta con colocar un micrófono y un auricular o pequeño altavoz en cada uno de los extremos.

El circuito telefónico tan solo necesita de dos hilos para unir el micrófono y altavoz de uno de los extremos con el micrófono y altavoz del otro extremo.

En el circuito telefónico analógico real, la batería se encuentra situada en la central telefónica del operador.



## Tema 1 · El circuito telefónico

Ambos micrófonos se comportan como resistencias variables con el sonido. Cuando solo se habla en uno de los micrófonos, la corriente variable hace que en los dos auriculares se reproduzca la señal de voz.

Cuando se habla por los dos micrófonos a la vez, se produce también una corriente continua variable que sigue las variaciones de resistencia en ambos micrófonos y que al circular por los dos auriculares hace que ambos reproduzcan una señal de voz que es suma de las señales captadas por los micrófonos.

### FENÓMENO DE AUTOESCUCHA

## Tema 1 · El circuito telefónico

En los teléfonos actuales, tanto fijos como móviles también se produce este **fenómeno de autoescucha**: escuchar además de lo que habla la otra persona, lo que nosotros mismos estamos hablando.

Permite ajustar nuestro volumen de voz, evitando hablar sobre el micrófono demasiado alto o demasiado bajo.

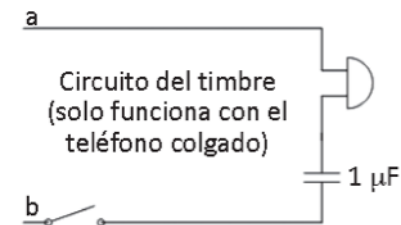
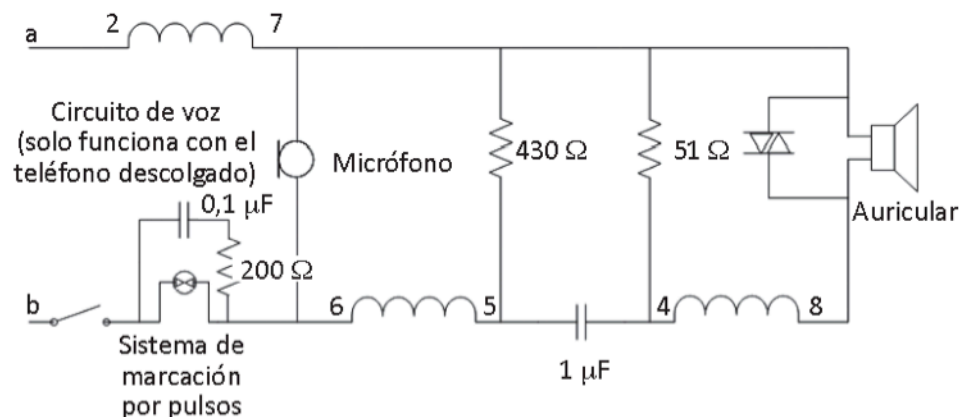
**¿Qué pasa cuando las dos personas hablan a la vez sobre sus respectivos micrófonos?** Cada uno escucha en sus auriculares la suma de las dos señales de voz, al igual que cuando se habla en persona. **Cuando hablan dos personas a la vez en el circuito telefónico, en cada instante, la intensidad eléctrica toma un solo valor, no dos valores diferentes.**

## Tema 1 · El circuito telefónico

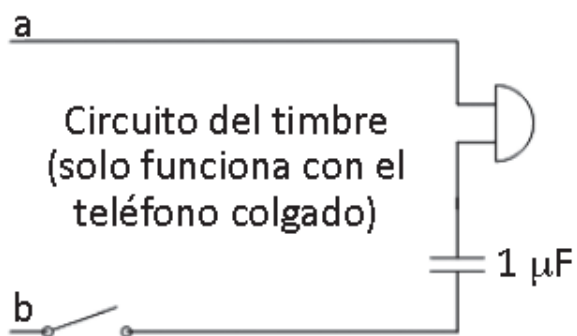
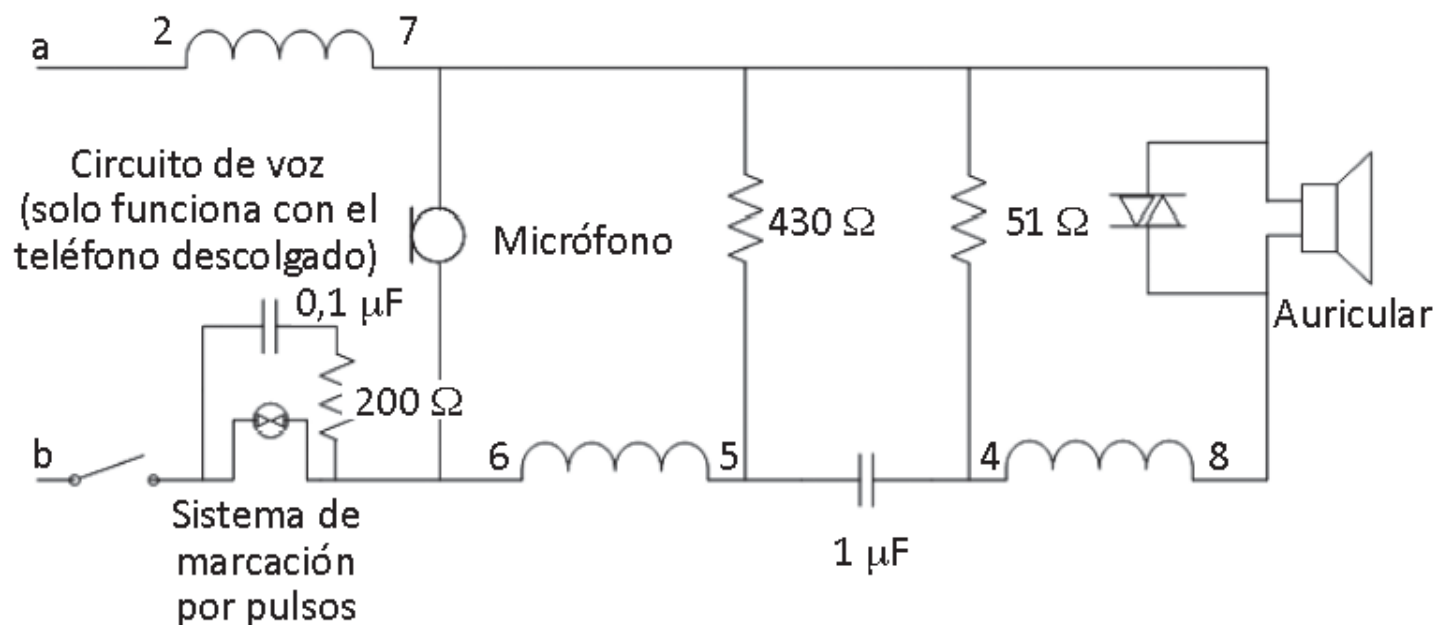
El esquema interno de un teléfono real contiene el micrófono, el auricular y unos elementos añadidos que mejoran las prestaciones del mismo.

Los teléfonos reales contienen dos circuitos independientes: el circuito de voz y el circuito del timbre.

Con el teléfono colgado solo está conectado a la línea telefónica el circuito del timbre. Con el teléfono descolgado se desconecta el circuito del timbre y se conecta el circuito de voz.



# Tema 1 · El circuito telefónico

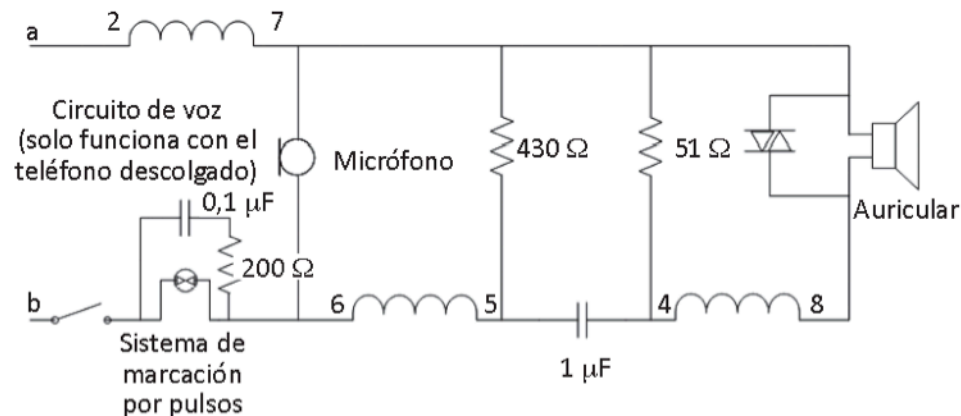




## Tema 1 · El circuito telefónico

El teléfono real contiene un sistema de marcación hacia la central telefónica, que en el caso de los teléfonos antiguos está basado en la marcación “por pulsos”.

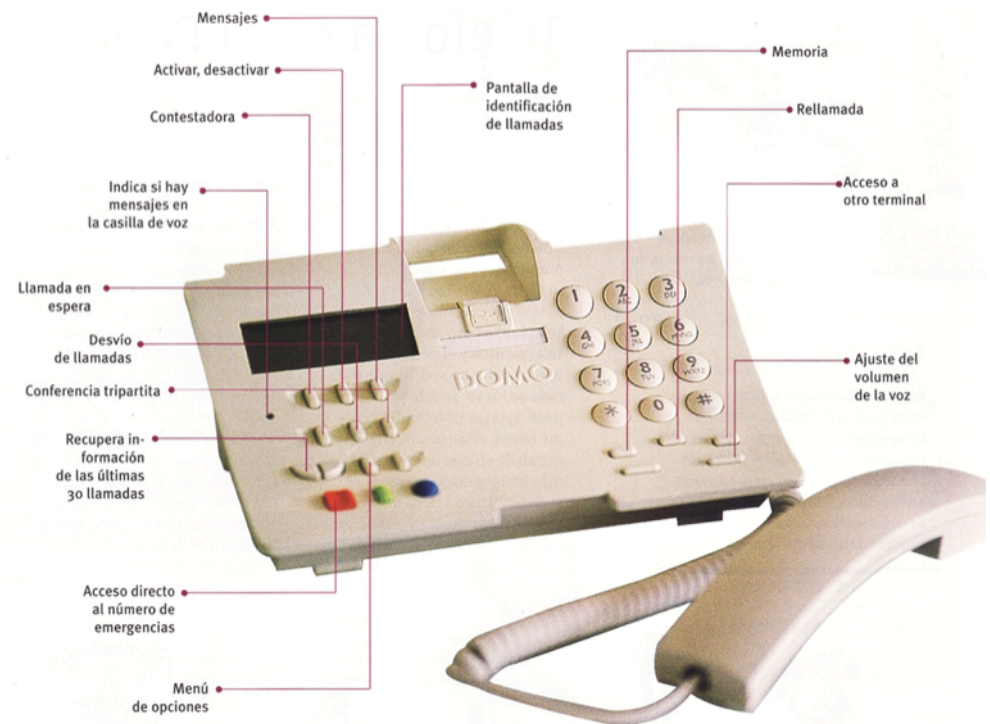
Los teléfonos reales contienen también un elemento denominado “bobina híbrida” que tiene como función ajustar el nivel óptimo de “autoescucha”.



# Tema 1 · El circuito telefónico

Los teléfonos actuales tienen unos circuitos mucho más complejos con un gran número de componentes electrónicos en su interior, que sirven para el funcionamiento de las memorias, las melodías programables o la pantalla de información.

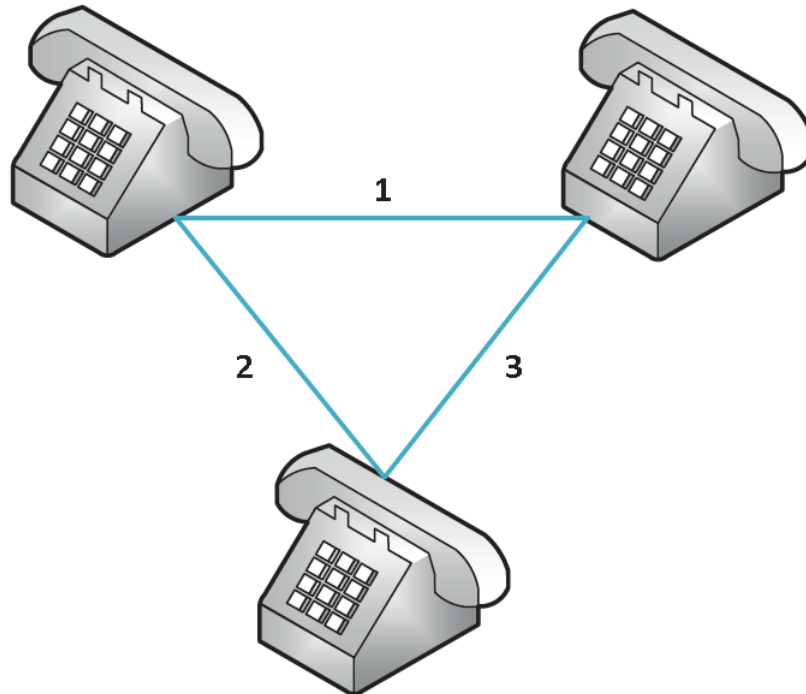
Si se produce una avería, no compensa repararlos.



## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

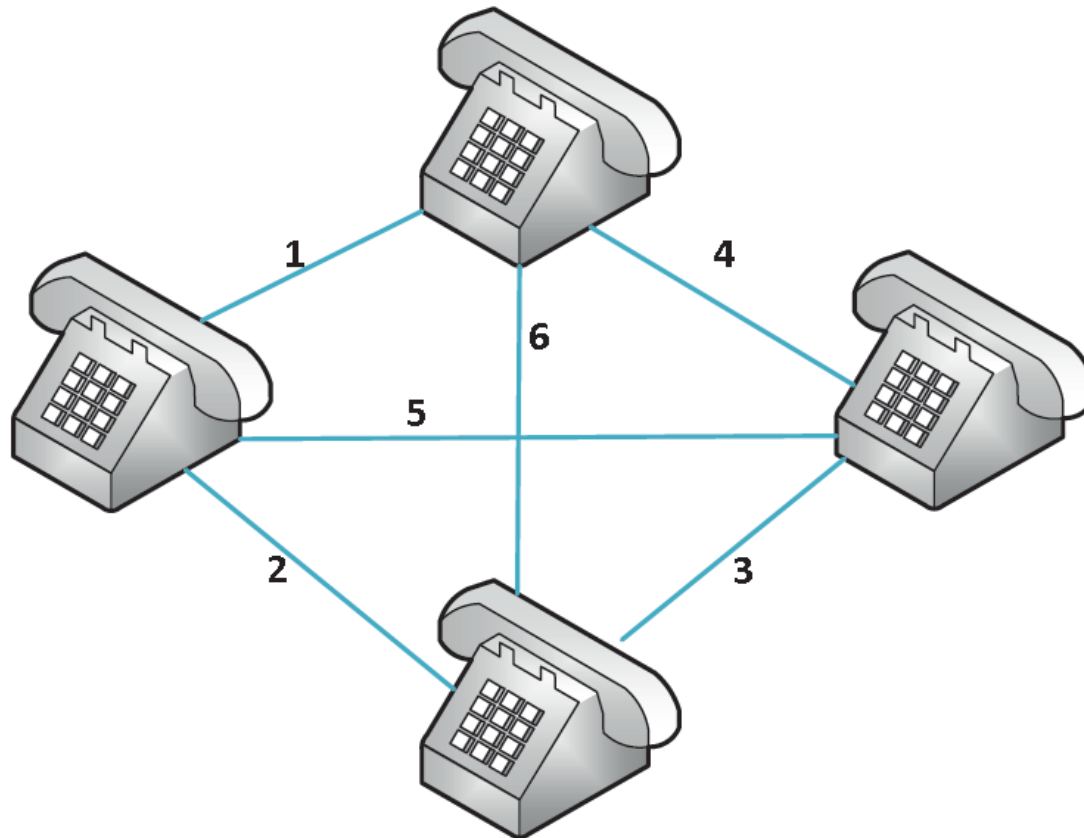
Es sencillo construir un circuito con dos teléfonos, pero el problema surge cuando hay que conectar más de dos.

La forma más fácil es unir con pares de hilos cada uno de ellos con todos los demás: Montaje en forma de **MALLA**.



## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

Al conectar un cuarto teléfono se aprecia que no es suficiente con añadir un cuarto par de hilos, si no que son necesarios tres pares mas.



## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

La conexión de los teléfonos en forma de malla (todos con todos) es un procedimiento muy sencillo pero tiene el grave inconveniente de necesitar para  $N$  teléfonos un número de hilos que depende de  $N^2$ .

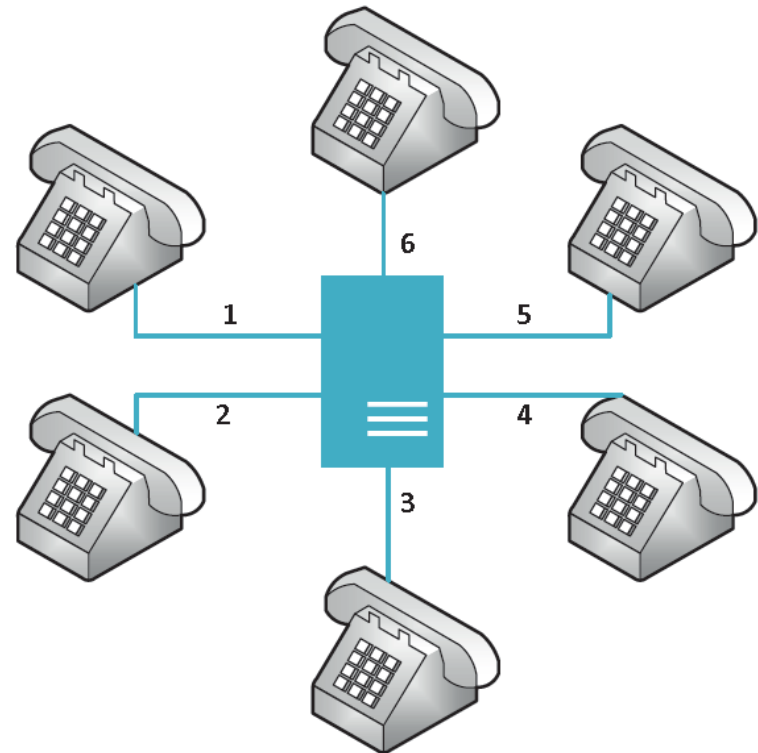
$$N^{\circ} \text{ de pares de hilos} = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{N^2 - N}{2}$$

Para unir 10 teléfonos se necesitan 45 hilos pero para unir 10000 teléfonos no basta con 45000 hilos sino que se necesitarán 49995000.

## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

La solución empleada en la práctica consiste en establecer un nodo central de conmutación al que se unen todos los teléfonos, de manera que cada nuevo teléfono conectado, sólo necesita su correspondiente par de hilos hacia el nodo central.

El nodo central de conmutación recibe el nombre de **CENTRALITA**.



## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

**La centralita permite que cada teléfono pueda conectarse con cualquier otro.**

En la centralita se encuentran también las **baterías** que alimentan a los diferentes circuitos telefónicos.

Las primeras centralitas fueron de tipo manual.

Las centralitas de tipo manual fueron sustituidas por **centralitas automáticas** con componentes **electromecánicos**.

Hoy en día todas las centralitas están constituidas por circuitos electrónicos y están controladas por *software*, que se encarga de gestionar las llamadas telefónicas.

## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

Centrales de conmutación electromecánicas (Rotary y Pentaconta):

<https://www.youtube.com/watch?v=oM6OLeGOE6M>

¿Cuál son las ventajas de los sistemas de barras cruzadas respecto a los rotatorios?

<https://www.youtube.com/watch?v=ZwOISgL--iM>

<https://www.youtube.com/watch?v=xZePwin92cl>

Telefonistas manuales:

<https://www.youtube.com/watch?v=lqlqDIhOM-o>

<https://www.youtube.com/watch?v=PbG4iWdgbdY>



# Tema 1 · Las centralitas telefónicas

Centralita manual y centralita telefónica privada actual:



## Tema 1 · Las centralitas telefónicas

Las centralitas telefónicas que se instalan en las empresas se denominan centralitas privadas de conmutación **PABX o PBX (Private Automatic Branch Exchange)**.

Tienen una serie de conectores denominados **puertos** donde se conectan los teléfonos de la empresa **(extensiones)** y también las líneas telefónicas contratadas al operador.

Las centralitas pequeñas tienen un nº de puertos reducido y no permiten ampliaciones, pero las centralitas más avanzadas disponen de ranuras de ampliación en la que se pueden insertar **tarjetas con puertos de líneas y extensiones**.

# Tema 1 · Las centralitas telefónicas

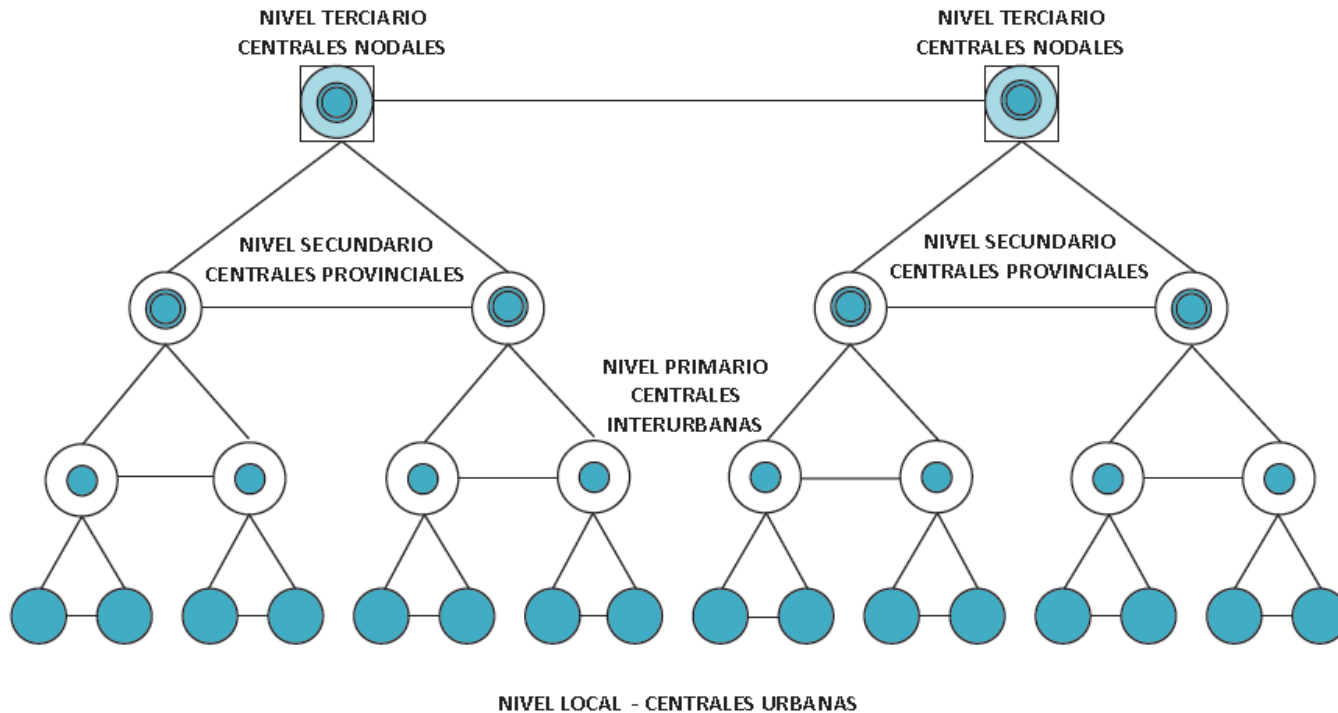


En las **centralitas IP** no son necesarios los puertos de conexión de las extensiones, ya que tanto las extensiones IP, como las líneas IP contratadas al operador se conectan a la red de área local de la empresa y la centralita se conecta también a esa red de área local a través de un latiguillo de red.

Pueden tener decenas de líneas IP y cientos de extensiones con solo una conexión a la red de área local.

# Tema 1 · Estructura de la red telefónica

Como no es posible construir una centralita gigante para conectar todos los teléfonos de un país, se emplea un **modelo jerárquico** de centrales.



## Tema 1 · Estructura de la red telefónica

**Nivel local:** Centrales terminales o urbanas distribuidas en todas las ciudades y poblaciones y de ellas salen los pares de cobres que conectan los teléfonos de los usuarios.

**Nivel primario:** Centrales interurbanas que conectan entre si a varias centrales de nivel local. No conectan usuarios.

**Nivel secundario:** Centrales provinciales que conectan entre si varias centrales interurbanas.

**Nivel terciario:** Centrales nodales que conectan entre si distintas provincias. Al ser un número menor de centrales su conexión suele ser en **mall**a y no en árbol.

**Centrales internacionales:** conectan las redes telefónicas de distintos países.

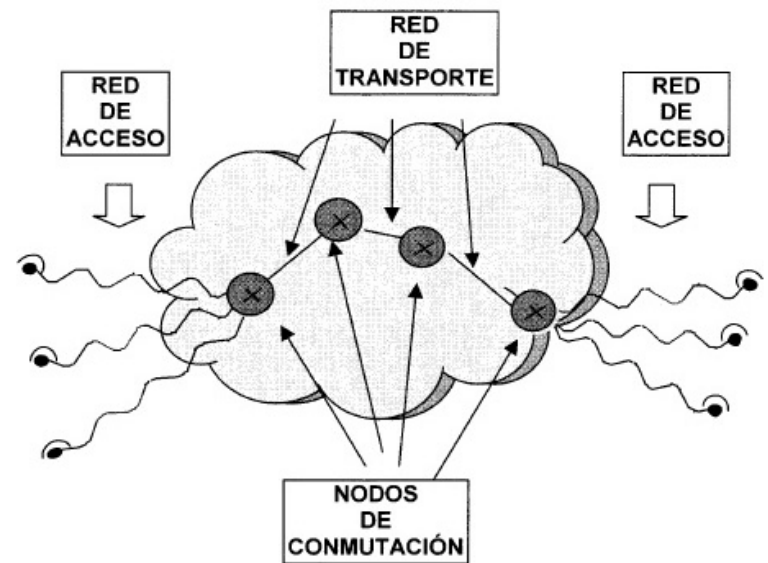


## Tema 1 · Estructura de la red telefónica

**Red de acceso:** formada por las centrales autónomas o remotas a las que se conectan los abonados.

**Red de tránsito:** formada por centrales de tipo nodal que unen entre si las diferentes centrales de la red de acceso.

Al existir varios operadores de telefonía con red propia, es necesario que existan puntos de conexión donde se unen entre si todas estas redes, para poder establecer llamadas entre abonados de distintos operadores.



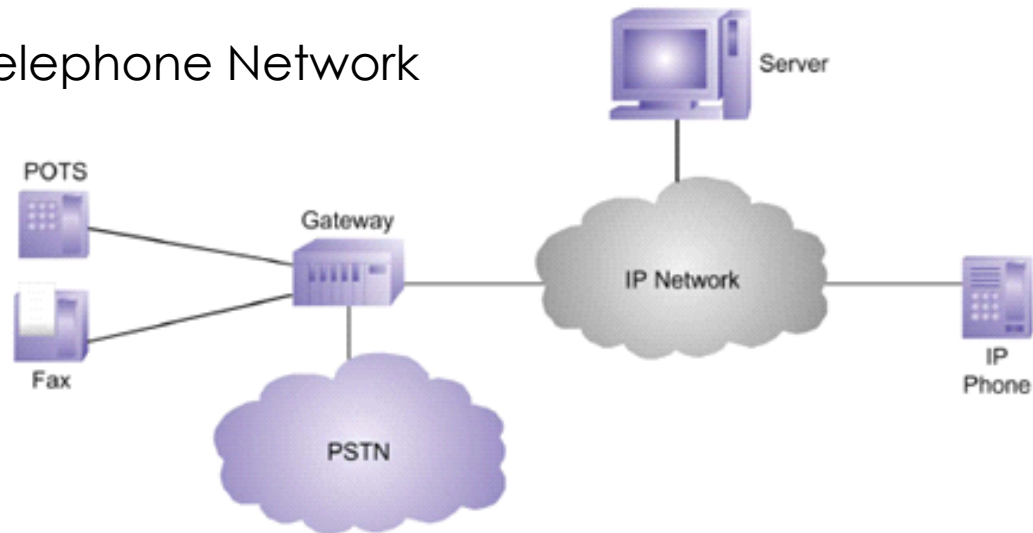


# Tema 1 · Estructura de la red telefónica

En el caso de un operador de VoIP (Voz sobre IP), no necesita tener una centraliza física en la zona donde reside el usuario. Gracias a Internet, puede dar servicio de telefonía IP a usuarios situados en cualquier parte del país o incluso en el extranjero.

POTS: Plain Old Telephone Service.

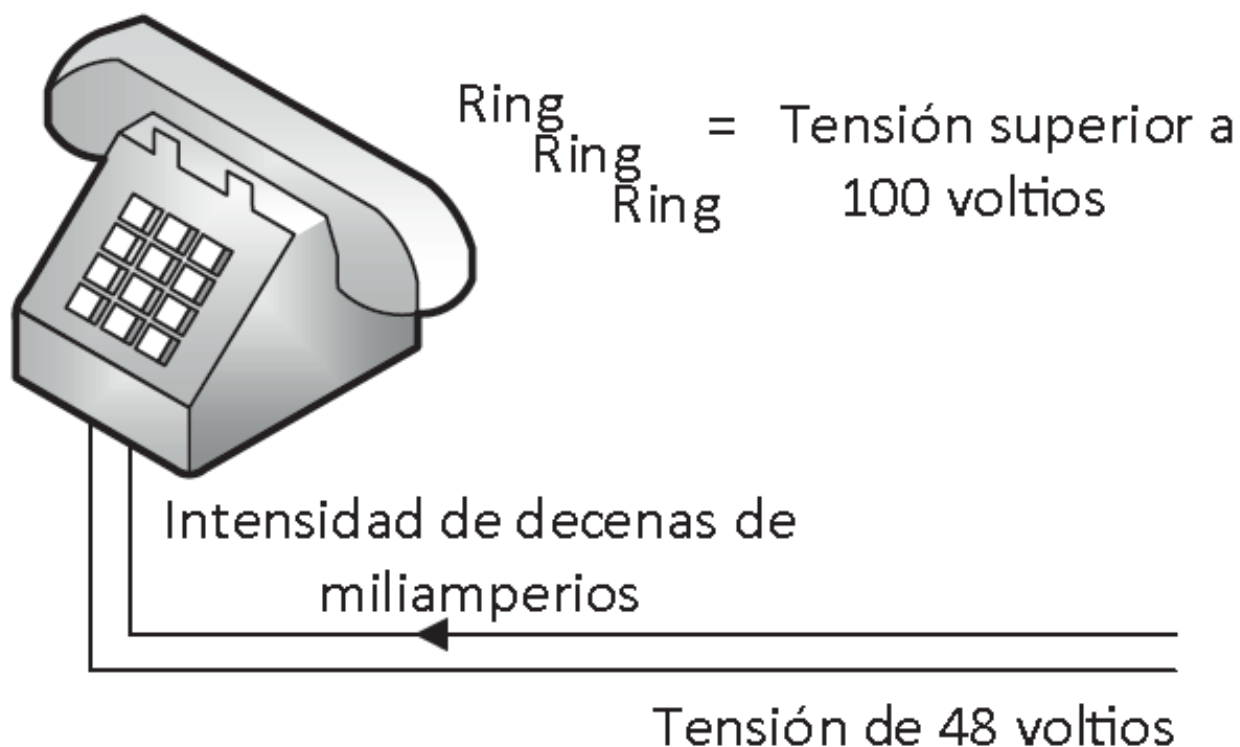
PSTN: Public Switched Telephone Network





## Tema 1 · Características telefonía analógica

Los teléfonos fijos analógicos utilizan para su funcionamiento las siguientes tensiones y corrientes:



## Tema 1 · Características telefonía analógica

La alimentación con tensiones tan altas como los 48 voltios está justificada por las **elevadas distancias que pueden existir entre una central telefónica y un teléfono de usuario.**

A veces superiores a 15 km. Con tensiones más bajas, las caídas de tensión que se producen en el par de hilos de cobre impedirían el funcionamiento del teléfono.

Actualmente la mayoría de los dispositivos electrónicos funcionan con tensiones de pocos voltios e intensidades reducidas. Pero el sistema de telefonía analógica mantiene esos valores tan altos para **asegurar el funcionamiento de cualquier teléfono** que pueda conectar el usuario, aunque sea viejo y obsoleto.

## Tema 1 · Características telefonía analógica

Esta compatibilidad hacia atrás dificulta realizar mejoras o incorporar nuevos servicios, pero la telefonía analógica tiene sus ventajas:

- **Tecnología muy fiable:** sistemas simples y fiables sin averías ni problemas, ni incompatibilidades de software, controladores o drivers. No hay que reiniciar los teléfonos ya que nunca se bloquean.
- **Manejo muy sencillo:** en un teléfono RDSI o IP hay muchas opciones y menús de configuración, en uno analógico no hay nada que configurar, sólo conectarlo a la roseta telefónica y ya está listo para funcionar.

## Tema 1 · Características telefonía analógica

- **Amplia base instalada:** existe una amplia cantidad de teléfonos analógicos instalados por todos los países del mundo tanto en viviendas como empresas. Aunque existe la tecnología IP para su plena sustitución, no es sencillo ya que los pares de cobre no soportan tráfico IP. Cambiar los teléfonos es más fácil, pero cambiar el cableado es más costoso y complicado.

Actualmente ya muchas viviendas disponen de una conexión a Internet de alta velocidad de **Fibra Óptica** mediante una red **FTTH** (Fiber to the home) o una red **HFC** (Hybrid Fiber Coper). En estos casos el teléfono puede seguir siendo analógico y se conecta a un puerto especial de telefonía analógica disponible en la trasera del router.

## Tema 1 · Características telefonía analógica

La realidad es que en las **pequeñas empresas** aún se instalan centralitas telefónicas analógicas que poco a poco van a ir sustituyéndose por centralitas IP.

En las **medianas empresas** ya se instalan centralitas IP, con algunos puertos para líneas RDSI y líneas analógicas si es necesario.

En las **grandes empresas** desde finales de 1990 se sustituyeron las centrales analógicas por RDSI y actualmente ya tienen todas instaladas centralitas IP.

¿Por qué existe esta diferencia en el tipo de instalaciones de telefonía en los distintos tipos de empresas?

## Tema 1 · Redes de acceso en la telefonía fija

El conjunto de los pares de cobre, con los que los clientes y abonados de telefonía se conectan a la central telefónica se denominan **BUCLES LOCALES DE USUARIO**.

El conjunto de estos pares de cobre constituyen la **RED DE ACCESO** y su despliegue se realizó en la 2ª mitad del siglo XX hacia el total de las viviendas y empresas. Fue un despliegue de elevados costes que en España se comenzó en 1920 y se tardó más de 30 años en instalar el primer millón de teléfonos.

Esta red de acceso es válida para el funcionamiento de la telefonía analógica, pero **no permite la transmisión de datos a velocidades elevadas** (hilos no trenzados con poca separación entre si).

## Tema 1 · Redes de acceso en la telefonía fija

Sólo en pocos casos, con abonados muy próximos a la central se puede alcanzar, mediante la **tecnología ADSL** (Línea Asimétrica Digital de Abonado – Asymmetric Digital Subscriber Line) velocidades de bajada de **20 Mbps**.

El **ADSL** ha sido la tecnología dominante en la primera década del siglo XXI, pero las nuevas redes de fibra óptica la han convertido en una tecnología obsoleta y en pocos años se prevé su desaparición.

## Tema 1 · Redes de acceso en la telefonía fija

**Transmitir muchos bits por segundo implica necesariamente transmitir una señal de una elevada frecuencia.**

Los hilos de pares de cobre utilizados en la red de acceso están muy próximos entre si. Presentan una elevada capacidad distribuida en toda su longitud, comportándose como un cortocircuito para señales altas frecuencias, lo que impide las transmisiones de alta velocidad.

Al mismo tiempo, a frecuencias elevadas, se produce una elevada interferencia entre pares de hilos adyacentes que también dificulta el envío de bits a alta velocidad.

Esta interferencia se puede reducir apantallando los pares de hilos o trenzando los pares con diferentes grados de trenzado.



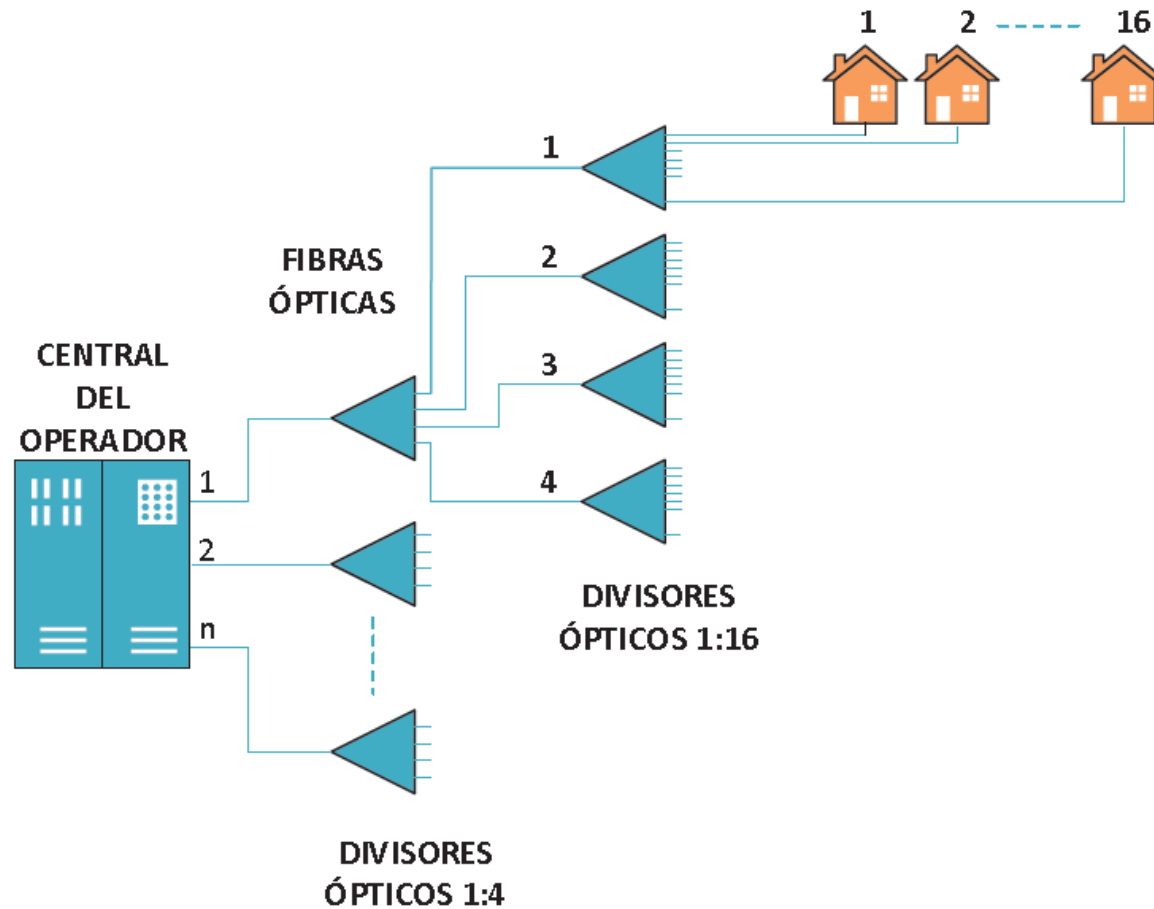
## Redes FTTH

Las redes FTTH (fibra óptica hasta el hogar) constituyen la solución más empleada por los operadores para las nuevas redes de telefonía y datos.

Las redes FTTH se están desplegando en la mayoría de los países y cuando su despliegue esté finalizado, sustituirán a las ya obsoletas redes basadas en pares de cobre y a las centrales telefónicas asociadas.

En las redes FTTH no hay elementos activos intermedios, tan solo hay fibras y divisores ópticos: **redes fiables y con bajo índice de averías.**

## Redes FTTH



## Redes FTTH

En una red FTTH una misma fibra es compartida por varios usuarios, habitualmente 64 (cada fibra se divide en cuatro y posteriormente en 16 antes de alcanzar las viviendas).

Las actuales redes FTTH están basadas en el **estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network)**, que ofrece **2.4 Gbps** en bajada y **1.2 Gbps** en subida sobre cada una de las fibras que parten de la central.

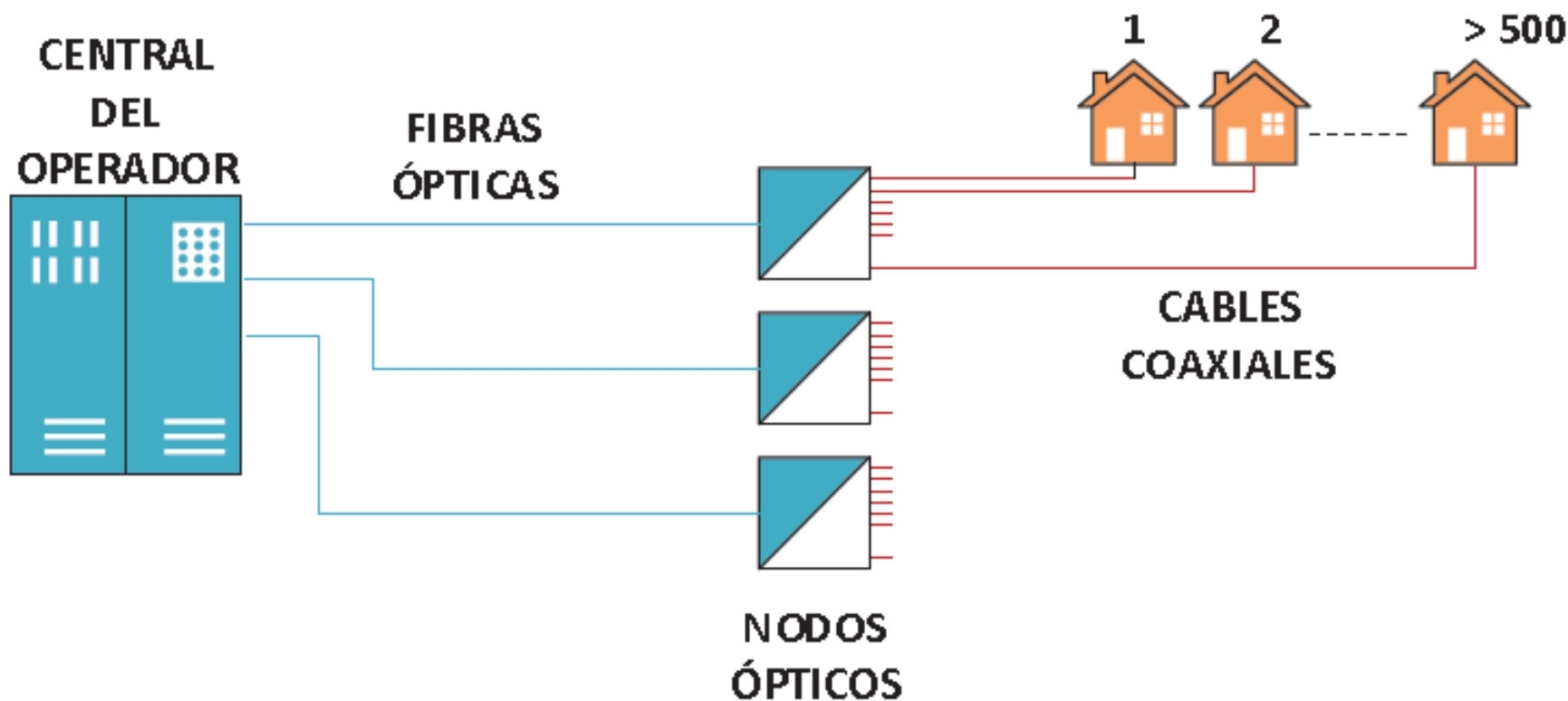
En el domicilio del usuario se coloca un ONT (terminación de red óptica) y un router. Es habitual que el router disponga de al menos un puerto de telefonía analógica donde se conecta el teléfono analógico del usuario. Así el usuario dispone simultáneamente de telefonía fija IP, conexión de datos de alta velocidad y servicio de televisión por IP: **Servicio Triple Play (Voz, datos y TV)**.

## Redes FTTH

En la vivienda de cada usuario de una red FTTH se instala un equipo denominado **ONT (Optical Network Terminal - Terminación de red óptica)** que dispone de uno o dos puertos para la conexión de teléfonos analógicos y que además genera las tensiones y corrientes necesarias para su funcionamiento.

Un teléfono conectado a uno de dichos puertos funciona exactamente con las mismas condiciones que si estuviera conectado a uno de los pares de cobre de una central pública de telefonía, pero en realidad las llamadas que se hagan a través de él circularán de forma digital a través de las fibras ópticas de la red FTTH hasta la central del operador.

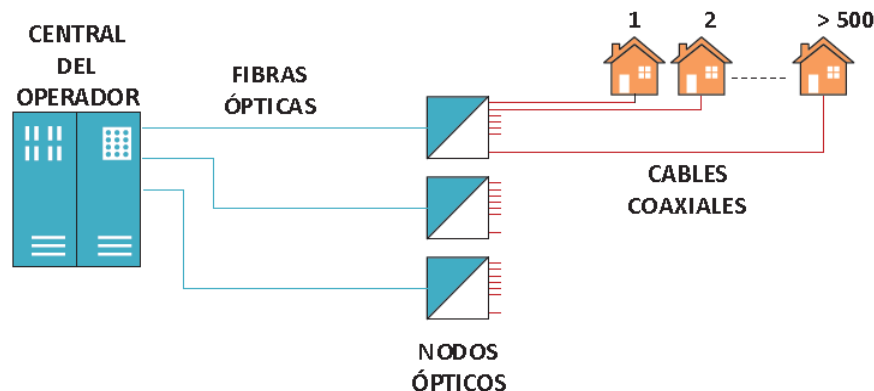
## Redes HFC



## Redes HFC

Las redes HFC tienen una parte de fibra óptica y una parte de cobre mediante cables coaxiales.

Las redes HFC fueron desplegadas antes que las redes FTTH y son redes que necesitan equipos activos intermedios para realizar la conversión entre las fibras ópticas y los cables coaxiales.



## Redes HFC

Las redes HFC están basadas en el estándar DOCSIS y, aunque hoy en día son capaces de suministrar a los usuarios velocidades de datos similares a las redes FTTH, todo parece indicar que estas ofrecerán en el futuro velocidades de datos que las redes HFC no podrán alcanzar.

En las redes HFC es habitual ofrecer el servicio de telefonía analógica mediante pares de cobre denominados “**par siamés**” y que acceden al domicilio del usuario junto con el cable coaxial.

# Tema 1 · Telefonía fija analógica

## RESUMEN · El circuito telefónico

- Consta de tan solo tres elementos, un micrófono, un auricular y una batería. La corriente que circula por un teléfono es continua variable.
- La resistencia del micrófono cambia con las variaciones de presión sonora, produciendo una corriente variable por el circuito. El altavoz reproduce el sonido al ser atravesado por esta corriente variable.
- Los teléfonos analógicos actuales tienen un circuito más complejo, pero su funcionamiento sigue siendo igual que el inventado por Graham Bell.



## RESUMEN · La conexión de los teléfonos

- La conexión de un elevado número de teléfonos solo es posible con un sistema basado en centralita. Cada teléfono se conecta a la centralita mediante un par de hilos de cobre, denominado **bucle local** de abonado o usuario.
- Las redes telefónicas convencionales son de tipo jerárquico, con centrales a nivel local, comarcal, regional, nacional e internacional.
- La red Internet permite que, en la telefonía IP, la central del operador pueda estar situada en una región distinta a aquella donde reside el usuario, e incluso en un país diferente.

# Tema 1 · Telefonía fija analógica

## RESUMEN · Redes de acceso

- La red de acceso de telefonía analógica está basada en pares de cobre y no es válida para la transmisión de datos a altas velocidades. Está siendo sustituida por redes basadas en fibras ópticas.

- La red de acceso FTTH lleva la fibra óptica hasta las viviendas. Es una red pasiva y una fibra es compartida por varios usuarios, típicamente 64 abonados. El estándar GPON permite 2,4 Gbps de bajada y 1,2 Gbps de subida.

- La red de acceso HFC usa fibra óptica hasta el nodo y cable coaxial hasta la vivienda. Es habitual que el servicio telefónico se ofrezca mediante un par siamés.