

Dado de Baja  
en la  
Biblioteca

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

FACULTAD DE CIENCIAS

DE LA

INFORMACION

MADRID



« DEL DIODO AL CHIP »

Se recuerda al lector no hacer más uso de esta obra que el que permiten las disposiciones Vigentes sobre los Derechos de Propiedad Intelectual del autor. La Biblioteca queda exenta de toda responsabilidad.

TESIS DOCTORAL

César Cañas Cagigas

- 1992 -

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA INFORMACION

REGISTRO DE LIBROS

BIBLIOTECA GENERAL

Nº Registro T.D. 232

Con toda sinceridad, quiero expresar, al Catedrático Dr.D. Javier Fernández del Moral, mi profundo reconocimiento, por la orientación que me facilitó para la realización de esta memoria.

También tengo que patentizar la admiración y el mayor cariño a mi mujer Toñita, que se colmó de paciencia y siempre permaneció muy cerca de mí, dándome su cariño y aportando su mayor sacrificio, ... ¡no hablar!.

INDICE

« DEL DIODO AL CHIP »

---

I N D I C E

0.	INTRODUCCION	p.	2
0.1	Título y contenido	p.	2
0.2	Enquadramiento	p.	2
0.3	Protagonistas	p.	2
0.4	Objetivo	p.	3
1.	CAPITULO 1		
1.1	Breve Historia de la Electricidad	p.	5
1.1.1	Antecedentes	p.	5
1.1.2	Siglo XVIII	p.	6
1.1.3	Siglo XIX	p.	7
1.1.4	Siglo XX	p.	18
	1.1.4.1 Las centrales eléctricas	p.	24
2.	CAPITULO 2		
2.1	La Electrónica	p.	28
2.2	El diodo	p.	28
2.2.1	Características	p.	28
2.2.2	Emisión termoiónica	p.	31
2.2.3	El diodo de gas	p.	32
2.2.4	Aplicaciones de los diodos	p.	32
2.2.5	Diodos rectificadores comerciales	p.	35
	2.2.5.1 Codificación de válvulas comerciales	p.	36

3.	CAPITULO 3	
3.1	El triodo	p. 44
3.1.1	Acción de la rejilla	p. 44
3.1.2	Características de los triodos	p. 47
3.1.3	Parámetros del triodo	p. 47
3.1.4	Aplicaciones	p. 48
3.1.5	Triodos de potencia	p. 51
3.1.6	Triodos comerciales	p. 51
4.	CAPITULO 4	
4.1	El tetrodo	p. 64
4.1.1	Porque el triodo tiene limitaciones	p. 64
4.1.2	Peculiaridades del tetrodo	p. 65
4.1.3	Emisión secundaria	p. 66
4.1.4	Tetrodos comerciales	p. 67
4.2	Tetrodo de haz concentrado	p. 68
4.2.1	Aplicaciones	p. 68
4.2.2	Tetrodos de haces comerciales	p. 68
5.	CAPITULO 5	
	El pentodo y válvulas especiales	p. 71
5.1	El pentodo	p. 71
5.1.1	Acción de la rejilla supresora	p. 71
5.1.2	Características del pentodo	p. 71
5.1.3	Pentodos comerciales	p. 72
5.2	Válvulas especiales	p. 77
5.2.1	Válvulas multielectrónicas	p. 77
5.2.2	Válvulas múltiples	p. 78
6.	CAPITULO 6	
	La era del transistor	

6.1	Breve historia del transistor	p. 81
6.2	Componentes semiconductores -----	p. 84
6.2.1	Elementos semiconductores	p. 85
6.2.2	Unión P/N, diodo	p. 87
6.2.3	Transistor	p. 90
	6.2.3.1 Efecto transistor	p. 91
	6.2.3.2 Diferentes montajes	p. 92
	6.2.3.3 Curvas características	p. 93
6.2.4	Otros componentes semiconductores	p. 96
	6.2.4.1 Tiristor	p. 96
	6.2.4.2 Triac	p. 97
	6.2.4.3 Diac, sus, sbs y ujt	p. 97
	6.2.4.4 Diodo led	p. 98
	6.2.4.5 Diodo Zener	p. 98
	6.2.4.6 Varicap	p. 99
6.3	Breve idea de la fabricación de semiconductores	p. 99
6.4	Codificación de semiconductores	p. 102
7.	CAPITULO 7	
7.1	Panorámica general de transistores	p. 105
	7.1.1 Transistores MOSFET (IGFET o MOS)	p. 108
8.	CAPITULO 8	
8.1	Circuitos integrados	p. 112
	8.1.1 Circuitos integrados digitales y analógicos	p. 113
	8.1.2 Escalas de integración	p. 114
	8.1.3 Familias lógicas	p. 115
	8.1.4 Funciones lógicas y puertas	p. 117
	8.1.5 Circuitos combinacionales y secuenciales	p. 119.
	8.1.5.1 Circuitos combinacionales	p. 119

8.1.5.2	Circuitos secuenciales	p. 120
8.1.6	Memorias	p. 120
8.1.6.1	Memorias de semiconductores	p. 122
8.1.6.2	Acceso a la memoria, ordenador	p. 122
8.1.7	La «CPU»	p. 123
8.1.8	Microprocesadores comerciales	p. 124
8.1.9	Evolución de los circuitos integrados	p. 125
8.1.10	Información de fabricantes	p. 127
Apéndice 1:	Metrología	p. 134
Apéndice 2:	Energía Eléctrica	p. 139
Apéndice 3:	Cine sonoro	p. 157
Apéndice 4:	Radiodifusión	p. 163
Apéndice 5:	Sonido, transmisión, grabación y reproducción	p. 177
Apéndice 6:	La industria electrónica en España	p. 207
Apéndice 7:	La industria electrónica en la CEE	p. 216
Apéndice 8:	Corriente alterna, R, X y Z	p. 221
REFLEXIONES		P. 233
CONCLUSIONES		P. 238
BIBLIOGRAFIA		P. 240

- 0. INTRODUCCION
- 0.1 Título y contenido
- 0.2 Encuadramiento
- 0.3 Protagonistas
- 0.4 Objetivo

## 0. INTRODUCCION

### 0.1 Título y contenido

El título de la presente Tesis Doctoral, es:

#### DEL DIODO AL CHIP

Es un trabajo de investigación, a partir de los primeros experimentos de los griegos, que tuvieron relación con la Electricidad. Se relatan, los hechos más significativos que han escalonado, el largo y difícil camino, hasta llegar al desarrollo del circuito integrado, conocido comúnmente, por «CHIP».

Aunque el título de la tesis, parece indicar, como punto de partida el «DIODO», no se debe ignorar que la ELECTRICIDAD, es en realidad, la ciencia base, de la ELECTRONICA.

Esto justifica el primer capítulo, Breve Historia de la Electricidad, que se finaliza, con los descubrimientos que se consideran, fueron el punto de partida de la Electrónica.

El resto de los capítulos están dedicados a la Electrónica, desde el 2 al 5 a la "era termoiónica" con válvulas y los 6 y 7, tratan los "semiconductores": transistores bipolares, unipolares y por último el capítulo ocho, estudia los circuitos integrados.

Existen ocho apéndices, el apéndice 1 y 2 conectados con con el CAPITULO 1 se refieren a los sistemas de unidades y a la producción y consumo de energía eléctrica.

El resto de los apéndices, 3, 4 y 5, tratan de algunas de las aplicaciones más populares que han tenido un importantísimo impacto económico-social: el cine sonoro, la radiodifusión y el sonido. Los apéndices 6 y 7, hacen un análisis del estado de la industria electrónica en España y en la CEE, respectivamente.

El apéndice 8, es una breve exposición, recordatoria, de temas de corrientes alternas y conceptos de: resistencia, reactivancias e impedancia.

### 0.2 Encuadramiento

Como la exposición no persigue, un carácter técnico analítico, de los experimentos ni de los aparatos desarrollados, busca una descripción sencilla, comprensible, que puede encuadrarse dentro de un periodismo especializado.

### 0.3 Protagonistas

Se ha considerado más importante, pensando en los fines de esta tesis, «la persona», que lucha y consigue una meta, su na-

cionalidad por pura anécdota, las fechas, de nacimiento y de fallecimiento, su titulación y la trascendencia de su trabajo, en el caminar de la Ciencia.

#### 0.4 Objetivo

El objetivo, es rendir un homenaje, a todos los investigadores, que lucharon con indiscutible esfuerzo, de todas clases y que seguro, el sacrificio, no excluyó a sus allegados. Así solamente unos pocos tuvieron la recompensa de alcanzar un descubrimiento más o menos importante; pero otros muchos aquí ignorados, sin conseguirlo, contribuyeron, marcando pautas o procedimientos y además, sirviendo de acicate a otros investigadores.

- 1. CAPITULO 1
- 1.1 Breve Historia de la Electricidad
  - 1.1.1 Antecedentes
  - 1.1.2 Siglo XVIII
  - 1.1.3 Siglo XIX
  - 1.1.4 Siglo XX
    - 1.1.4.1 Las centrales eléctricas

## 1. CAPITULO 1

### 1.1 Breve Historia de la Electricidad

#### 1.1.1 Antecedentes

Thales de Mileto, 600 años antes de J. C., observó, que al frotar un trozo de ámbar (resina fósil, amarilla), con un paño seco de lana, adquiría la propiedad de atraer cuerpos ligeros, tales como pelos, plumas o hilos. Este fenómeno lo interpretaron los griegos como un efecto mágico o divino, ya que no tenían conocimientos, para explicarse de otra forma, esta experiencia.

Como en griego, ámbar se traduce por «ELEKTRON», se derivó de este vocablo la palabra «ELECTRICIDAD».

Los griegos, en esa época, también conocían la atracción que ejercía sobre el hierro, un mineral encontrado en las proximidades de la ciudad de Magnesia (Grecia), al que llamaron «MAGNETITA», conocido actualmente como imán natural. Está formado por óxido ferroso férrico ( $Fe_2O_4$ ) y debido al fenómeno de atracción, se le atribuyeron, "propiedades magnéticas", que pretaban con mayor intensidad en dos regiones, situadas hacia sus extremos, por lo que recibieron el nombre de polos del imán.

También los chinos, 121 años antes de J. C. hicieron experimentos y descubrieron, la imantación por influencia; entonces, conseguían barras de hierro con propiedades magnéticas, simplemente colocándolas junto a los imanes naturales. Además, observaron, que manteniendo la barra (aguja imantada), horizontalmente, con giro libre sobre un eje vertical, tomaba una posición aproximada de la dirección norte-sur. Esto era, la primitiva y rudimentaria brújula, cuyo tosco uso, para la ayuda de la navegación, se remonta a 1.160 años, antes de J. C..

A la zona del imán, que se orienta hacia el polo norte geográfico, se le llamó «POLO NORTE» y al opuesto, «POLO SUR».

Fueron necesarios, el transcurso de más de 2.000 años, para que los experimentos, fueran repetidos, por el médico inglés William Gilbert (1.544-1.603), de quien se dice que fue el autor del nombre electricidad, para que descubriera, que estos efectos de atracción de cuerpos ligeros, también se producían, frotando otros materiales distintos al ámbar, a excepción de los cuerpos metálicos, que no adquirirían la citada propiedad.

Gilbert, repitió los experimentos; con cuerpos metálicos, y comparó con el ámbar, vidrio, porcelana y otros, experimentando, que al utilizar materiales metálicos, no se observaban los fenómenos de atracción; pero continuó sus experimentos hasta conocer la causa del comportamiento de los materiales metálicos.

Comprobó, que frotando cuerpos metálicos, se producía la electricidad; pero desaparecía, circulando a través del material metálico y de la mano y cuerpo del experimentador.

Así diferenció, dos clases distintas de materiales: los que no permiten el paso de la electricidad, «MALOS CONDUCTORES O AISLANTES», grupo del ámbar y los que permiten fácil paso de la electricidad «BUENOS CONDUCTORES» grupo de los materiales metálicos.

Continuando en la investigación, utilizó otros materiales aislantes, observando, que frotando vidrio y atrayendo trocitos de papel, éstos que por contacto ya tenían carga eléctrica, eran después repelidos por la barra de vidrio. Repetiendo las pruebas con distintos materiales aislantes, observó acciones opuestas de la electricidad, entre un grupo, semejante al vidrio y otro a la ebonita, así denominó, electricidad positiva (+) a la del vidrio y electricidad negativa(-) a la de la ebonita.

Gilbert, médico de la reina Isabel de Inglaterra, escribió en 1.600, el libro «The magnete» que dió un fuerte impulso, a la electrización por frotamiento, produciéndose importantes avances en aquella época, en este campo.

### 1.1.2 Siglo XVIII

Benjamin Franklin(1.709-1.790), científico norteamericano, mantenía la teoría de que los fenómenos de electrización, se debían a la existencia de un «FLUIDO ELECTRICO», positivo o negativo y que por acumulación en una parte de un cuerpo, se producía la electrización, según su signo. A este científico se debe el descubrimiento del pararrayos.

Pero todos estos resultados, fueron aplicados hasta finales del siglo XVIII, en exhibiciones y reuniones recreativas, con fines teatrales y espectaculares, brindando, a los asistentes a estas demostraciones, la oportunidad de «ELECTRIZARSE».

Durante el siglo XVIII, a pesar de la falta de aplicaciones de tipo práctico de la electricidad, se trabajó en el desarrollo y en la fabricación de diversas máquinas, que producían electricidad y que eran capaces de acumularla sobre una determinada zona. Estas máquinas se llamaron «GENERADORES DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA».

Aloisio Luigi Galvani (1.737-1.798), médico y físico italiano, experimentó en 1.791, con la «ELECTRICIDAD ANIMAL», utilizando, principalmente, ancas de ranas. Descubrió las propiedades eléctricas de los cuerpos, conocidas por «GALVANISMO» y la electricidad producida por el contacto de dos metales diferentes, comúnmente, cobre y cinc con un líquido interpuesto. Con sus diversas investigaciones, algunas, facilitaron más tarde, a su compatriota, el físico Volta, la invención de la pila generadora de corriente eléctrica, que tanto se aplicó en varios campos.

A Charles Augustin de Coulomb(1.736-1.806) físico francés, se debe la primera investigación cuantitativa, de la ley que define las fuerzas de atracción y repulsión entre cuerpos cargados con electricidad. En 1.784, utilizó una balanza de torsión para

medir las fuerzas, entre cargas eléctricas puntuales, que son cuerpos cargados, de dimensiones muy pequeñas, comparadas con las distancias que los separa. Obtuvo una fórmula empírica que expresa su ley, conocida como «LEY DE COULOMB».

$$F = K.Q_1.Q_2/r^2$$

( F, la fuerza de atracción  
 ( k, una constante de proporcionalidad  
 ( Q<sub>1</sub>,Q<sub>2</sub>, cargas electricas  
 ( r, distancia entre las cargas  
 ( Unidades, según el sistema utilizado

« La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa ».

« La fuerza será de repulsión cuando las cargas sean de igual signo y de atracción si son de distinto signo ».

Cuando Coulomb dió a conocer su ley no era aún conocido con precisión, lo que era cantidad de carga eléctrica (Q), ni la forma de medirla; pero sus conclusiones son válidas.

### 1.1.3 Siglo XIX

En el siglo XIX se intensificó la investigación, se profundizó en los fundamentos de la electricidad y se obtuvieron extraordinarios avances, tanto científicos como tecnológicos.

El físico italiano Alessandro Volta (1.745-1.827), uno de los precursores de la Electroquímica, (trata transformaciones de energía química en energía eléctrica y viceversa), inventor, entre otros aparatos, del condensador eléctrico (capaz de acumular carga eléctrica), inventó también en el año 1.800 la «PILA VOLTA» llamada así, en alusión a su forma y al nombre del inventor.

Volta, construyó la pila que lleva su nombre, superponiendo varios discos de zinc y cobre, aislados unos de otros con rodajas de paño empapadas en agua acidulada. Al primer disco de cinc y al último de cobre, se les llamó «POLOS», negativo y positivo, respectivamente, a los que se conectaban sendos alambres conductores, que eran los terminales exteriores de la «PILA», para su utilización.

Esta pila, la emplearon en el laboratorio, como generador de corriente eléctrica, que se la llamó «CONTINUA», ya que siempre circula en un sentido. Entonces conocieron, que la corriente circulaba haciendo un lazo cerrado; la propia pila comprende el «CIRCUITO INTERIOR» y el receptor, que utiliza la corriente, el «CIRCUITO EXTERIOR».

Consideraron, que el desplazamiento de la corriente eléctrica, era en el interior de la pila del "-" al "+" y en el receptor que recibe la corriente, del "+" al "-".

De esta forma la pila de Volta, fue pionera, de otras más perfeccionadas (Daniell, Leclanché, etc.), hasta llegar a los modernos acumuladores de corriente, que ahora se utilizan y que no han sufrido, demasiadas transformaciones, comparándolos con sus respectivos modelos originales.

El acumulador eléctrico es el fruto de los trabajos de numerosos investigadores,

La idea base - almacenamiento de corriente por medio de una transformación química- la encontró Johann Wilhelm Ritter en el año 1.802 al hacer ensayos con elementos galvánicos. Por medio de pruebas sistemáticas descubrió muchas propiedades fundamentales del acumulador. Otro investigador, el médico Dr. Sinsteden, utilizó en el año 1854, por primera vez, plomo como material de electrodos en unión de ácido sulfúrico. Seguidamente, en el año 1859, el francés Planté construyó el primer acumulador de plomo físicamente, con electrodos de chapa de plomo. Estos acumuladores adquirían una capacidad de almacenamiento suficiente sólo después de múltiples cargas y descargas (formación de placas). Siguió otros investigadores, entre ellos el francés Camille Faure, que propuso aplicar compuestos de plomo, en calidad de masa activa, sobre portadores de masa, a fin de ahorrar el largo proceso de formación según Planté. El luxemburgués Henry Tudor fue el primero que fabricó industrialmente baterías de plomo.

Junto al acumulador de plomo hizo su aparición a partir de 1901 el acumulador de acero (acumulador alcalino). Fue desarrollado al mismo tiempo por el sueco Jungner y por el conocido inventor americano Thomas Edison. Ambos emplearon compuestos de níquel como masa activa para la placa positiva y como electrolito, potasa cáustica diluida. Para la placa negativa Jungner empleó cadmio y Edison hierro.

( Erich Witte, 1967 : 1 )

El funcionamiento de los acumuladores eléctricos o «acumuladores electroquímicos», se basa, en una previa transformación de energía eléctrica en energía química, hasta quedar el acumulador «cargado». En la descarga, se produce la transformación inversa, energía química en energía eléctrica, para ceder, toda la corriente eléctrica acumulada.

Fueron importantes los trabajos de investigación que hizo el físico danés Hans Christian Oersted (1.770-1.851), que consiguió demostrar en el año 1.820, la íntima relación existente entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos. Descubrió, utilizando una aguja magnetizada, con giro libre sobre un eje vertical en su centro, que se desviaba, ante la proximidad de un hilo con-

duciendo corriente. Llegó a la conclusión de que los imanes y las corrientes producían efectos similares. Así comenzaron, los trabajos de investigación, en el campo del «ELECTROMAGNETISMO», que hasta entonces se habían limitado al estudio de los imanes.

André Marie Ampère (1.775-1.836), científico y filósofo francés, a partir de los descubrimientos de Oersted, realizó investigaciones, sobre las acciones mútuas entre corrientes y dió a conocer, la llamada «LEY DE AMPERE», para determinar, los efectos de de la corriente eléctrica, circulando por un conductor en las proximidades de una aguja imantada.

«El polo norte de la aguja se desvía hacia la izquierda de un supuesto observador tendido a lo largo de un conductor y mirando a la aguja, siempre que entre la corriente por sus pies».

Se atribuye a Ampère, la fórmula empírica, que permite el cálculo del campo magnético, a que da lugar, una carga eléctrica elemental, que se mueve en el vacío, con una velocidad conocida. Aunque fue Jean Baptiste Biot (1.774-1.862), físico, matemático y astrónomo francés, el que la dió a conocer en 1.802.

Se debe a Ampère, la primera definición de «intensidad» de una corriente eléctrica, dió el valor «UNIDAD» a:

«La que circula por dos conductores, ambos de una longitud de un centímetro, separados un centímetro y que crea entre los conductores, una fuerza de un gramo».

Michael Faraday (1.791-1.867) químico y físico inglés, después de siete años de investigación, logró descubrir en 1.831, la «INDUCCION MAGNETICA», sucedía, según sus experimentos, que:

En un circuito, se producía una corriente instantánea, cuando en otro circuito, próximo, se establecía o se interrumpía, una corriente.

También descubrió unos años después, que el mismo resultado, se obtenía, acercando o alejando, en las proximidades de un circuito, un imán.

Así quedó la «LEY DE FARADAY», expresada en la ecuación:

$$\epsilon = -d\theta/dt$$

(  $\epsilon$  , fuerza electromotriz inducida (fem)  
 (  $d\theta$ , incremento del flujo  
 (  $dt$ , incremento del tiempo

Ecuación importantísima, que demuestra, que la fem que se induce en el circuito es,

« numéricamente es, cambiada de signo, la razón entre los incrementos del flujo magnético y el tiempo, cuando éste último incremento tiende hacia cero »

Esto sucede siempre que estén presentes e influenciados por su proximidad, un conductor de corriente y un campo magnético,

con la condición: de que se desplace el conductor o estando éste inmóvil, que varíe el campo magnético.

La fem (fuerza electromotriz), cuya unidad es el «VOLTIO» en reconocimiento a Volta, es la "fuerza" capaz de crear y mantener una corriente eléctrica a través de un conductor, es el resultado de una transformación de energías. En este caso, de energía magnética en energía eléctrica.

Flujo es el número total de «LINEAS DE FUERZA MAGNETICAS» que atraviesan al circuito eléctrico.

El tiempo se expresa en segundos.

Faraday, llevaba más de 30 años experimentando con imanes, cuando en 1.852 descubrió que las limaduras de hierro esparcidas sobre un papel, apoyado sobre un imán permanente, se orientaban, de una forma muy peculiar, describiendo líneas, que van de uno de los polos al otro. Entonces formuló su teoría, según la cual, el espacio que circunda a un imán permanente, se encuentra en un estado especial, que llamó «CAMPO» y afirmó, que la distribución de este campo magnético, lo conforman «LINEAS DE FUERZA». Estas líneas de fuerza magnéticas, salen del imán por su polo norte y penetran por su polo sur.

Faraday publicó en 1.844-45, su «Experimental Researches in Electricity» y se le atribuyeron estos descubrimientos, aunque el físico americano Joseph Henry (1.797-1.878), se le adelantó, más o menos un año, en estas investigaciones.

Auguste Laurent, químico francés, amplió en 1.846, los conceptos que se tenían del átomo y de la molécula, en tal sentido, definió el átomo, como «la cantidad más pequeña del elemento que puede encontrarse en cuerpos compuestos» y a su vez, la molécula, «la cantidad más pequeña de una sustancia necesaria para que establezca un enlace». También, definió los «EQUIVALENTES», como «CANTIDADES EQUIVALENTES DE SUSTANCIAS ANALÓGAS».

Faraday, en el campo de la Electroquímica, en el año 1.834 fue el autor de importantes designaciones, para un mejor entendimiento en la comunicación, de los descubrimientos. De tal forma, definió conceptos, como los siguientes:

- «ELECTROLITO» : Sustancia molecular, fundida o en disolución, descompuesta en sus iones.
- «ELECTROLISIS» Descomposición del electrólito por medio de la corriente eléctrica
- «ELECTRODOS» Dos extremos de hilos conductores, sumergidos en el electrólito.
- «IONES» Atomos o moléculas cargados:
  - positivamente, «aniones (+)»
  - negativamente, «cationes (-)»

Los iones pueden moverse libres, en el seno del electrólito-

to y durante el paso de corriente, son portadores de carga, que se dirigen, para ceder su carga y depositarse, al electrodo de polaridad opuesta.

Así, electrólisis, es descomposición de una sustancia, en disolución o fundida, que se llama electrolito, por el paso de una corriente eléctrica, que entra por el electrodó positivo o ánodo y sale por el negativo o cátodo, sumergidos en el electrolito. Así, en realidad, la corriente eléctrica no descompone al electrolito, ni separa los átomos combinados; pues según su propia definición, los iones están separados y la corriente los dirige al electrodo de carga opuesta a su polaridad.

Jean Bernard Léon Foucault (1.819-1.868), físico francés, diseñó y construyó en 1.848, las primeras lámparas de arco que resultaron utilizables. Empleó, dos barras de carbón, cada una, conectada a un polo de la corriente continua, alineadas longitudinalmente y enfrentadas. La separación de los carbones ( electrodos ), se regula, reduciéndola hasta que el campo eléctrico creado por la corriente eléctrica aplicada, produzca el arco de alta luminosidad, llamado «ARCO VOLTAICO».

Uno de los carbones tiene una posición fija, mientras que el otro, es accionado por un sistema mecánico reglado, para desplazarse hacia el otro carbón (electrodo), compensando el desgaste que produce el arco en ambos electrodos y así, mantener la separación, que requiere el funcionamiento estable.

De este arco voltaico, se derivan, las primitivas unidades para los primeros sistemas de alumbrado público y otros usos, en laboratorios, hornos para la industria y su aplicación en soldadura eléctrica. Ha sido importantísima, su aplicación a los equipos cinematográficos, como foco de luz, para la proyección sobre la pantalla, con la ayuda de un espejo parabólico.

Foucault, descubrió las pérdidas de potencia, por corrientes parásitas inducidas en los núcleos férricos de las máquinas eléctricas rotativas y estáticas, que producen calentamiento y reducen el rendimiento. Así se las conoce por «PERDIDAS DE FOUCAULT». Este conocimiento, motivó los cambios de los núcleos de de las bobinas, haciéndolos con apilamiento de chapas aisladas, para reducir las «PERDIDAS DE FOUCAULT», resultando, un aumento del rendimiento de las máquinas eléctricas y también, una importante reducción de la temperatura de funcionamiento.

Heinrich Daniel Rühmkorff (1.803-1.877), físico alemán, realizó importantes trabajos en París, construyendo una gran variedad de aparatos e instrumentos de medición, electromagnéticos y de inducción. En 1.851, concretó un importante aparato, basado en la inducción electromagnética, capaz de generar alta tensión alimentándose con una pequeña batería de pilas. Se le llamó por su constitución e inventor, «CARRETE DE RUHMKORFF».

El carrete de Rühmkorff consiste, en un núcleo de hierro sobre el que se devanan dos arrollamientos de hilo de cobre aislado, que a su vez estan debidamente aislados entre sí y del núcleo. Uno de los devanados, que se llama «PRIMARIO», tiene pocas

vueltas y el otro, conocido como «SECUNDARIO», tiene un enorme número de vueltas. El primario se conecta a la batería a través de un interruptor de mercurio, que convierte la tensión continua de la batería en una corriente continua pulsante, lo que produce un campo magnético variable, que según la ley de Faraday es necesario (v. pag. 9), para la inducción magnética.

Este aparato se utilizó en los "emisores de chispa", en su aplicación a la Telegrafía Sin Hilos, en los tubos de Rayos X y en 1.880 sus fundamentos, fueron utilizados por técnicos americanos, para crear el «TRANSFORMADOR» para corriente alterna, que hace posible la reducción o elevación de la tensión que se aplica al devanado primario, simplemente adecuando la relación del número de vueltas entre ambos arrollamientos. Es decir, la relación de tensiones es directamente proporcional a la relación de vueltas.

Julius Plücker (1.801-1.868), matemático, físico y profesor universitario, inventó en 1.854, la lámpara de descarga en gases, que está formada por un tubo de vidrio con un electrodo en cada extremo y cerrado herméticamente para practicar el vacío en su interior e introducir un gas a reducida presión. Esta lámpara en honor a su constructor en Bonn se llamó «TUBO GEISLER».

Conectando los electrodos de este tubo a la salida de alta tensión, de un carrete Rhümker (v. pag. 11), se producen descargas eléctricas, que emiten una intensa luz de colores muy variados, según el gas contenido en el tubo.

James Clerk Maxwell (1.831-1.879), físico escocés, realizó importantes trabajos y basándose, en sus propias investigaciones y en las que había realizado Faraday, creó la teoría electromagnética de la luz en 1.866. Constató, la relación íntima entre los fenómenos eléctricos y magnéticos y asimismo, expresó la hipótesis, de que las oscilaciones luminosas y eléctricas eran de la misma naturaleza y que se propagaban en forma de ondas, gracias un fluido que llenaba todos los espacios, llamado «ETER».

Maxwell publicó en 1.873 «Greatise on Electricity and Magnetism», tratado sobre electricidad y magnetismo.

Werner von Siemens (1.816-1.892), ingeniero alemán, contribuyó, extraordinariamente al progreso y desarrollo de la tecnología eléctrica, fue uno de los fundadores de la importante firma alemana «Siemens y Halske» en 1.846, constructor de una dinamo en 1.869, promotor de la utilización de la electricidad en el alumbrado público y en los ferrocarriles. Inventó y construyó, en 1.869, un importante aparato de laboratorio, para la medición de la tensión, de la intensidad de corriente y de la resistencia eléctrica. Este aparato llamado «GALVANOMETRO UNIVERSAL» se vale, de un juego de resistencias y puentes, para extender su rango y tipo de medidas y su contribución fue muy importante.

Villoughby Smith, ingeniero inglés, descubrió en 1.873 que la variedad vítrea, conductora de la electricidad, del elemento selenio, modifica su resistencia eléctrica, siendo dependiente de la iluminación que recibe. Esta propiedad, se ha aprovechado para fabricar «CELULAS DE SELENIO» utilizadas en aparatos de man-

do y control, para diversas aplicaciones, accionados por la luz.

Los físicos franceses, Pierre y Paul Jacques Curie, descubrieron en el año 1.880, el llamado « efecto piezoeléctrico », también llamado « electricidad por presión » que se presenta en ciertos cristales, cuarzos o turmalinas, cuyo efecto es reversible. Su estudio cristalográfico destaca varios ejes, bien definidos, con características eléctricas y mecánicas, de tal manera, que aplicando presión o tirando en una dirección, aparece una carga eléctrica en otra. La forma inversa, de utilizarlo, es haciéndole oscilar (vibrar), aplicándole con dos electrodos una corriente alterna.

Las aplicaciones del efecto piezoeléctrico, ya fueron importantes desde el año 1.893, que se aplicaron en T.S.H. ( Telefonía Sin Hilos) y como se verá en la parte de Electrónica, sus aplicaciones son numerosas e importantes en la actualidad.

Heinrich Rudolph Hertz (1.857-1.894), físico alemán, fue un gran estudioso de la electricidad y profundizó en los trabajos de la teoría electromagnética desarrollada por Maxwell, corroborando todas sus teorías.

Hertz, descubrió en 1.887, las «ONDAS ELECTROMAGNETICAS», que se llamaron en su honor «ONDAS HERTZIANAS». Este gran descubrimiento, supuso el paso inicial, de la «RADIOELECTRICIDAD».

También Hertz, descubrió en el año 1.887 el «EFECTO FOTO-ELECTRICO», cuando pudo comprobar que una chispa, saltaba mejor entre dos esferas metálicas, si sus superficies se iluminaban con la luz de otra chispa. Este fenómeno, lo estudió y explicó en el año 1.905, el físico alemán Einstein.

Así las cosas entonces, se puede decir, que Oersted investigó que se podían producir efectos magnéticos por el movimiento de cargas eléctricas, y en cambio, tanto Faraday como Henry, investigaron la producción de corriente eléctrica por el movimiento de imanes o campos magnéticos, en las proximidades de un circuito eléctrico.

El físico alemán H. F. E. Lenz (1.804-1.864), que desconocía los trabajos de Faraday y Henry, realizó casi simultáneamente, los mismos descubrimientos, en el campo de las corrientes inducidas y formuló su ley, conocida como «LEY DE LENZ»

La primera parte del enunciado:

«El sentido de la corriente es tal que se opone a la causa que la produce».

Esta causa, puede ser, el movimiento del conductor, donde se produce la inducción de la corriente o la variación del campo magnético, causante de la inducción en el conductor.

La segunda parte del enunciado:

«la fem inducida (expresada en voltios) es la cienmillonésima parte, del número de líneas magnéticas, cortadas por el circuito eléctrico, en un segundo»

Es decir, numéricamente, la fem inducida en un conductor, es igual al número de líneas de fuerza magnéticas que corta en un segundo, dividido por 100.000.000 ( $10^8$ ).

De aquí se ve, la necesidad, de hacer un inducido formado por una bobina con múltiples vueltas (conductores) y que además gire a una velocidad conveniente, que determina la frecuencia y hace mayor la corriente producida al aumentar las líneas magnéticas cortadas en un segundo.

Posteriormente, la obtención de electricidad con ayuda del magnetismo, fue otro desarrollo importante, fruto de la utilización técnica de los fenómenos fundamentales. El primer generador de corriente, basado en los principios básicos experimentados, lo inventó en el año 1.866 el ingeniero alemán, Werner von Siemens (1.816-1892), máquina que permitía la obtención de electricidad de una forma sencilla y económica, transformando energía mecánica en energía eléctrica, este fue el antecesor de la «DINAMO».

Zénobe Gramme (1.826-1.901), electricista e inventor belga, investigó y estudió las primeras máquinas eléctricas, generadoras de corriente. En el año 1867, perfeccionó la generadora de corriente alterna y en 1.869, descubrió el «COLECTOR», que hizo posible, la realización en el año 1.871, de la máquina generadora de corriente continua.

Gramme, contruyó en 1.872, la primera máquina industrial generadora de corriente continua, llamada «DINAMO», que significó, el comienzo de una nueva era de la industria eléctrica.

Estas máquinas generadoras de corriente, electromagnéticas, en una descripción muy simple, constan de dos bobinados de hilo de cobre aislado, uno sobre un núcleo cilíndrico de hierro, en cuya bobina «INDUCIDO» se induce la corriente, cuando gira a velocidad uniforme, dentro del campo magnético producido por el otro bobinado «INDUCTOR», hecho sobre otro núcleo de hierro en forma de anillo, que permanece inmóvil. Por este devanado inductor circula corriente continua para producir el campo magnético.

En los generadores de corriente alterna, la conexión entre el inducido (giratorio) y el receptor de la corriente, se hace conectando los dos extremos de su bobina, a sendos anillos metálicos aislados y solidarios al eje, para que, sobre cada uno de estos anillos frote una barra de carbón «ESCOBILLA», formando ambas los terminales o bornas del generador, para su conexión al receptor de la corriente.

La polaridad cambia periódicamente y el valor instantáneo de la fem, varía de forma senoidal. Esto es debido, a que el campo magnético es fijo y la bobina que constituye el inducido va tomando posiciones distintas, repetitivas y opuestas, en cada giro de media vuelta. Esto, según la Ley de Lenz, genera una corriente inducida que cambia de sentido cada media vuelta, repitiendo los valores instantáneos de la fem, con variación senoidal y una «FRECUENCIA» que coincide con el número de vueltas por segundo, del inducido.

La variación senoidal de la tensión inducida, es debido a que el flujo magnético que atraviesa el inducido, es función del seno del ángulo de giro. En definitiva, tenemos, un generador de corriente alterna, normalmente llamado «ALTERNADOR».

El «colector» que sustituye a los dos anillos de la máquina de corriente alterna, está constituido por un anillo metálico dividido en láminas «DELGAS» aisladas eléctricamente, para que los sectores de la bobina que conforman el inducido, se conecten cada uno a dos delgas, diametralmente opuestas. Cada media vuelta del inducido, solidario al eje y al colector, cambia el sentido de la corriente inducida y se permutan sincrónicamente, las delgas sobre las que frotan sendas escobillas, que están conectadas a las bornas de salida del generador. Así se mantiene en el circuito exterior, una corriente eléctrica unidireccional, es decir, una corriente continua.

Hemos visto, en el párrafo anterior, que en el inducido de la máquina, se genera una corriente alterna, pero el colector la transforma, produciendo lo que se llama una «RECTIFICACION» de la corriente alterna para obtener corriente continua o unidireccional y así, la máquina es una «DINAMO».

El desarrollo y construcción de «ELECTROMOTORES» (transformación de energía eléctrica en mecánica) fue una consecuencia de la reversibilidad de las máquinas generadoras de corriente, de acuerdo con las bases teóricas ya establecidas.

También fue importante, la realización de la «LAMPARA INCANDESCENTE», coloquialmente «LA BOMBILLA», en 1.854 por el mecánico y óptico alemán, Heinrich Goebel (1.818-1.893), que utilizaba una especie de tubo de vidrio, cerrado, en el que practicaba el vacío e introducía una fibra de bambú carbonizada, que era el elemento, que recibía, la corriente eléctrica y se ponía incandescente, para producir la luz.

En Inglaterra y en Estados Unidos, casi paralelamente, en 1.878, se anunciaron nuevos tipos de lámparas de incandescencia; pero se adelantó unos meses, el inventor americano, Thomas Alba Edison (1.847-1.931), quien consiguió, introducir mejoras importantes en la lámpara de Goebel, lo que le permitió, emprender la fabricación en serie en 1.882

Joseph Wilson Swan (1.824-1.914), químico y electricista inglés, inventor de una batería de acumuladores y también de la fibra textil «RAYON». Presentó en 1.878, su propia lámpara de incandescencia, construida con vidrio, de forma casi tubular, sin aire y con una fibra de bambú carbonizada, en su interior, para producir la incandescencia con el paso de la corriente eléctrica.

Consiguió, unos años después, perfeccionar y obtener una patente, que aumentaba la duración del elemento que adquiría la incandescencia, hecho muy importante para su comercialización.

La lámpara de Edison, difería de la de Swan en su forma, era esférica con cuello y en el elemento interior, utilizaba fibra de algodón carbonizado; la vida útil, del mismo orden.

El desarrollo y la industrialización de la fabricación de las lámparas de incandescencia, fue una carrera de obstáculos y una encarnizada lucha, entre asociaciones financieras, tanto en Europa como en América, al olor, del enorme negocio, que debería resultar a nivel mundial, su comercialización. En Europa, Swan y en América Edison, fundaron en 1.881, sendas compañías para fabricar lámparas, disputándose, como perros, la hegemonía mundial hasta que por fin, ambos llegan a un acuerdo y crean, dos sociedades la «Edison & Swan Electric Light Company» y la «Deutsche Edison Gesellschaft», esta última, se transformó posteriormente, en A.E.G. firma alemana muy prestigiosa y conocida.

Edison, hombre práctico de gran visión comercial, extraordinario, construyó, por todo el mundo, centrales productoras de electricidad y redes de distribución de energía eléctrica, utilizando conductores aislados con papel y asfalto. Y como nó, además, hizo campañas comerciales de promoción, jugando con los precios de sus bombillas, hasta conseguir importantes cifras de ventas en un espacio de tiempo, muy corto.

La central de New York se inauguró en 1.881 y la de Berlín en 1.882.

La industria eléctrica dedicada a la fabricación de máquinas generadoras: dínamos y alternadores y al igual, electromotores, se extendió rápidamente. La demanda mundial, multiplicó la fabricación de todo tipo de generadores y electromotores de corriente alterna y continua, para industrias, talleres, ferrocarriles, tranvías, gruas, vehículos, herramientas, etc. de potencias y formas adecuados a cada uso, según las necesidades.

La electricidad, triunfó, debido a su: gran versatilidad, limpieza, fácil transporte (tendidos aéreos y subterráneos) y uso muy cómodo. Otro factor muy importante, en cuanto a su explotación es que las máquinas productoras y las redes de distribución, resultaron de fácil mantenimiento y de servicio seguro.

Durante este siglo XVIII, se celebraron varios certámenes relativos a la Metrología, sobre todo en Europa y después en Estados Unidos, creando nuevos sistemas y definiendo unidades.

Los primeros en París en 1.872 y 1.875, en Inglaterra en 1.875, en Chicago en 1.893 y otros. (v. Apéndice 1)

La primera central del mundo, productora de corriente eléctrica continua, se puso en funcionamiento en 1.881, en Godalming (condado inglés de Surrey). Suministraba energía para el alumbrado eléctrico de algunas calles de la ciudad.

Esta pequeña central de tipo hidroeléctrico, utilizaba una turbina, en el cauce del río Wey, acoplada a una dinamo.

La turbina, consta de dos ruedas concéntricas, de estructura de acero, con palas curvadas, la exterior o anillo es fija y sus palas dirigen el agua hacia las palas de la rueda interior, montada sobre un eje acoplado a su vez, al de la dinamo.

James B. Francis (1.815-1.892), ingeniero norteamericano de origen inglés, después de algunas realizaciones de otros experimentadores, la primera es de 1.824, inventó y desarrolló, la que se conoce como «Turbina Francis» en el año 1.849.

Las primeras demostraciones de alumbrado eléctrico público en España, parece que se hicieron en Madrid en 1.852, utilizando arcos voltaicos alimentados con baterías y siguieron otras, conmemorativas de inauguraciones o sucesos importantes. En 1.858, la inauguración del Canal de Isabel II y en 1.975 con motivo de la celebración de la entrada en Madrid del Rey Alfonso XII, después de la restauración de la Monarquía. Por fin se hizo una instalación de tendido eléctrico en la Puerta del Sol, con dos hermosas farolas, con tres brazos y sendos globos conteniendo un arco voltaico cada uno.

La energía eléctrica la proporcionaban máquinas Gramme accionadas por máquinas de vapor, instaladas en los sótanos de un edificio oficial próximo.

En España, se utilizó en Cataluña, en 1.881, alumbrado con lámparas eléctricas, fue Tomás Dalmau que realizó una instalación de tendido eléctrico, con quince lámparas de incandescencia en el Paseo de Gracia de Barcelona. Después de esta experiencia, se fundaron empresas fabricantes, instaladoras y distribuidoras, que extendieron, este sistema de alumbrado, por toda España.

Hermann Ludwig von Helmholtz (1.821-1.894), médico alemán, en el año 1.881, anunció la hipótesis, de que la electricidad estaba contenida en las partículas elementales, como átomos eléctricos.

Hendrik Antoon Lorentz (1.853-1.928) físico neerlandés, anunció en 1.883, su teoría electrodinámica de cuerpos móviles y que los electrones eran los portadores de la electricidad.

En el año 1.895, el físico alemán Wilhelm Konrad Röntgen (1.845-1.923), descubrió, experimentando en el laboratorio de la Universidad de Wurzburg, los rayos que llamó, por desconocer su naturaleza, «RAYOS X». Obteniendo, en la misma fecha citada, lo que sería la primera «RADIOGRAFIA» la de la mano derecha de Frau Röntgen.

En el año 1.897, el físico inglés Joseph John Thomson (1.856-1.940) culminó un descubrimiento trascendental, consiguió determinar la masa y la carga eléctrica, de los «ELECTRONES» y de los «PROTONES» y también, sus velocidades de desplazamiento.

Masa del electrón:  $9,11 \times 10^{-28}$  gramos (despreciable)  
 Masa del protón:  $1,6735 \times 10^{-24}$  gramos  
 Carga eléctrica del electrón:  $-1,601814 \times 10^{-19}$  coulomb  
 (v. pag. 21)

## 1.1.4 Siglo XX

A Hendrik Antoon Lorentz, se le ha señalado, como uno de los fundadores de la física moderna, premio Nobel (compartido con Zeeman) en 1.902, por sus trabajos acerca de los iones, inició la teoría electrodinámica de cuerpos móviles, contribuyendo al progreso de la ciencia, en los campos de la luz, del electrón, de iones y de la relatividad.

Max K. Planck (1.858-1.947), físico alemán, catedrático de la universidad de Berlín, premio Nobel de Física 1.918, fue el autor de importantes obras, entre otras:

- «Das prinzip der Erhaltung der Energie (1.887)»  
("Principio de la conservación de la energía")
- «Vorlesungen über Thermodynamik (1.897)»  
("Lecciones sobre Termodinámica")
- \* «Die Entstehung und Entwicklung der Quantentheorie»  
1.920 ("Origen y desarrollo de la teoría cuántica")

Revolucionó la Física clásica, cuando anunció en 1.900, su « TEORIA CUANTICA ». Llegó a una fórmula matemática, válida para todo el espectro de frecuencias, que coincide con las curvas experimentales, lo que no habían conseguido otros investigadores, que partían de la teoría electromagnética clásica.

« emisión o absorción de energía radiante de frecuencia  $f$ , no tiene lugar de una forma continua sino que se verifica por múltiplos enteros de una cantidad discreta, o cuanto, cuyo valor es:  $E = h.f$ , donde  $h$  es la constante universal de Planck ( $h=6,62 \cdot 10^{-27}$  erg.seg =  $6,62 \cdot 10^{-34}$  joules.seg) »  
( José García Santesmases 1.958 : 553 )

Por tanto, las radiaciones electromagnéticas están formadas por corpúsculos elementales, llamados «cuantos», correspondiendo a radiaciones discontinuas.

Sus trabajos sirvieron de base, a Einstein y Bohr para explicar y aclarar importantes descubrimientos del siglo XIX, que permanecían, como fenómenos, sin explicación científica.

En 1.902, se pone en funcionamiento en Italia, un tramo de ferrocarril eléctrico de más de 100 Km de longitud, entre las ciudades de Lecco y Sondrio. Utilizan corriente alterna de 3.000 voltios, con una frecuencia de 15 hertzios.

Al plantearse los antiguos físicos, la teoría de la relatividad del movimiento, era imprescindible disponer de uno o más puntos de referencia, que evidenciaran, los cambios de posición del cuerpo, cuyo estado de reposo o movimiento se deseaba conocer.

Como la física clásica, admitía la existencia del «ETER» como un fluido hipotético, protagonista, para explicar la teoría de las ondas electromagnéticas, dió lugar entonces, a que varios hombres de ciencia quisieran averiguar si los cuerpos del Universo y la Tierra en concreto, arrastraban al eter en su movimiento.

Armand Hippolyte Fizeau (1.819-1.896), físico francés, lo intentó, en 1.859, sin llegar a conclusiones firmes. (Este científico realizó la primera medición de la velocidad de luz en el año 1.849 y de la electricidad en 1.850).

Michelson, físico norteamericano, hizo repetidos intentos, con resultados totalmente negativos, lo que le hizo confirmar:

« Que la propagación de la luz es independiente del estado de reposo o movimiento del observador »  
( E. Calvet 1.942 : 219 )

Hendrik A. Lorentz (1.853-1.928), físico holandés, argumentó ciertos fallos, en las comprobaciones de Michelson y así suponía la existencia del éter, llenando todo espacio y con influencias sobre los cuerpos.

Albert Einstein (1.879-1.955), físico alemán, en 1.905, estableció la « TEORIA DE LA RELATIVIDAD », dió validez a la compatibilidad de los trabajos de Fizeau y Michelson y desechó definitivamente la existencia del « éter », teoría mantenida durante muchos años por los científicos de la época.

\* La relatividad de las dimensiones:

La longitud cinética l:

$$l = l_0 ( 1 - v^2/c^2 )^{1/2}$$

( l<sub>0</sub>, longitud objeto en reposo  
( v, veloc. desplazam. del objeto  
( c, velocidad de la luz

Si la velocidad v igualase a c, la longitud cinética, es decir en movimiento, sería nula; por lo que:

« la velocidad de la luz constituye un límite de la Naturaleza para todas las velocidades materiales »  
( E. Calvet 1.942 : 222 )

\* La relatividad del tiempo:

La relación de tiempos, en dos sistemas, uno en movimiento, de tiempo t y otro en reposo, de tiempo t<sub>0</sub>, es:

$$t = t_0 / ( 1 - v^2/c^2 )^{1/2} \quad ( v \text{ y } c \text{ como anteriores } )$$

\* La relatividad de la masa:

La masa de un cuerpo, es variable según esté en reposo o movimiento.

Partiendo del valor de la masa en reposo m<sub>0</sub>, al moverse

con una velocidad  $v$ , adquiere un valor  $m$ .

$$m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Con esta fórmula, que enunció Lorentz en 1.904 se llega a la conclusión, que la masa adquiriría el valor infinito, si las velocidades  $c$  y  $v$  se hacen iguales, ya que todo el radicando se hace igual a cero y la fracción infinita.

Es muy importante esta ecuación, ya que la masa despreciable del electrón (en reposo), cuando se le somete a elevadas aceleraciones va aumentando y crea limitaciones, en el funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Einstein, también explicó el «FENOMENO FOTOELECTRICO», descubierto por Hertz en 1.887, basándose en la teoría de los «CUANTOS» ya expuesta por Plank en 1.890 y enunció la fórmula:

$$E = h.f \quad \begin{array}{l} ( E, \text{energía de cada «cuanto de luz» (ergios)} \\ ( h, \text{constante de Plank } (6,62 \times 10^{-27} \text{ erg.s)} \\ ( f, \text{frecuencia de la luz en hertzios} \end{array}$$

Se observa en la fórmula, que el «CUANTO DE LUZ», también llamado «FOTON», aumenta su energía, directamente proporcional con la frecuencia de la luz.

El fenómeno fotoeléctrico, observado por Hertz, en 1.887, consistía en una emisión, de «FOTOELECTRONES», de las esferas iluminadas con luz, de frecuencia suficientemente alta, para que la energía, de cada uno de ellos, fuera capaz de liberarlos.

La energía del fotón que incide sobre las esferas metálicas (caso expuesto), se transmite íntegramente a un electrón de la superficie del metal, desapareciendo el fotón.

A su vez, es una característica, específica de la naturaleza del metal, el llamado «TRABAJO DE EXTRACCION»  $\phi$ , que es la energía necesaria, para arrancar un electrón del metal. Si un determinado electrón recibe del fotón, la energía igual o superior al trabajo de extracción, se producirá su liberación.

Los metales alcalinos, se caracterizan por tener un valor de  $\phi$  pequeño, por lo que son muy utilizados en los aparatos que funcionan basados en el efecto fotoeléctrico, principalmente las llamadas células fotoeléctricas, que posteriormente serían utilizadas en los equipos proyectores de cine sonoro, en alarmas eléctricas y en la industria, en diversas aplicaciones.

El proceso contrario al efecto fotoeléctrico, es conseguir una emisión de fotones, por el choque de electrones con un metal, fenómeno que da lugar a la producción de «RAYOS X», descubiertos en 1.895 por Röntgen.

Los Rayos X, están constituidos por fotones, siendo de la misma naturaleza que las ondas luminosas y también que cualquier tipo de onda electromagnética, ya que su única diferencia es que son de frecuencia mucho mayor.

El tubo productor de Rayos X, fabricado con vidrio, tiene forma esferoidal, con dos extensiones tubulares en línea a ambos lados, para la fijación de los electrodos y salidas de las conexiones, en su interior se practica un vacío muy elevado.

En el interior lleva, enfrentados, un filamento de tungsteno con sus dos conexiones exteriores (para aplicar la corriente al filamento), y el ánodo con su conexión exterior. Entre el ánodo y el cátodo se aplica una tensión continua muy elevada, generalmente entre 50.000 y 2.000.000 voltios, con el fin de dotar a los electrones de una elevadísima energía, que cederán al chocar con el ánodo, dando lugar a la producción de los Rayos X.

Los Rayos X tienen la propiedad de atravesar lo que llamamos cuerpos opacos, de provocar la fluorescencia en el platino-cianuro de vario, de ionizar los gases y de impresionar las placas fotográficas.

En 1.917, Einstein, plantea correcciones al modelo ondulatorio de la luz, después de realizar medidas de la energía máxima, que reciben o emiten los electrones, cuando las moléculas son interferidas con ondas electromagnéticas. Sus resultados, le indican un carácter «CORPUSCULAR» de la luz y de las ondas hertzianas. En definitiva, se decide, por un carácter corpuscular y ondulatorio, tanto para la luz como para las radiaciones electromagnéticas.

Einstein estudió en Zurich y trabajó en la oficina de patentes en Berna (Suiza), en 1.921 le concedieron el premio Nobel de Física por sus trabajos, anunciados en 1.905, sobre la teoría de la relatividad del tiempo.

Fue profesor en varias universidades alemanas; pero debido a su condición de judío, los nazis, le retiraron en 1.934 la nacionalidad alemana. Así solicitó y consiguió en 1.936 la ciudadanía norteamericana y trasladó su residencia definitiva a Estados Unidos, donde fue profesor en la Universidad de Princeton.

A Thomson (v. pag. 17) le concedieron el premio Nobel de Física en el año 1.906 y fue autor de las publicaciones:

- 1.903, «Conduction of electricity through gases»
- 1.904, «Electricity and matter»
- 1.936, «Recollections and reflections»

Hay que resaltar, la «MOVILIDAD» del electrón, en la que se basa, el funcionamiento de los componentes electrónicos y por ello el desarrollo, posterior, de la «ELECTRONICA».

La movilidad del electrón es directamente proporcional a su carga eléctrica e inversamente proporcional a su masa. Precisamente, la relación carga / masa del electrón, es altísima, ya que se aproxima a  $1,76 \times 10^{-8}$ , lo que favorece su extraordinaria movilidad.

La palabra átomo, deriva del griego «atomos», que significa indivisible, en el siglo IV antes de J.C. Demócrito y Leupi-

cio impusieron la palabra «ATOMO» a la menor parte de una sustancia simple o elemento que aún conserva sus propiedades químicas.

Ernest Rutherford of Nelson (1.871-1.937), físico inglés y sus colaboradores, haciendo investigaciones, desintegró el núcleo de nitrógeno y expuso la teoría de la divisibilidad del átomo, explicando su estructura. Según, esta teoría, los átomos tienen un núcleo, de masa relativamente grande, cargado con electricidad positiva, rodeado de electrones, que giran a su alrededor, haciendo trayectorias circulares.

A Rutherford, le concedieron, el Premio Nobel de Química en 1.908, en reconocimiento a sus investigaciones. Publicó en 1.904 «Radio-activity», en 1.912 «Radioactive Substances and Their Radiations» y finalmente en 1.937, «The Newer Alchemy».

En 1.913, Niels H. David Bohr (1.885-1.962), físico danés, dió a conocer su teoría o «Modelo atómico de Bohr», según la cual los átomos están formados por el núcleo, cargado con electricidad positiva y girando a su alrededor los electrones. A su vez, el núcleo y los electrónes, tienen un movimiento de rotación alrededor de su propio eje, llamado «SPIN». El total de los electrónes, están distribuidos en diferentes capas, y giran haciendo trayectorias circulares alrededor del núcleo.

Estas sucesivas capas concéntricas de electrones, que rodean al núcleo, se designan con letras y pueden contener un determinado número de electrones, hasta quedar saturadas. Son los niveles K, L, M, N, O, P, Q en las que puede haber como máximo: 2, 8, 18, 32, 32, 18 y 8 electrones, respectivamente. Los radios de las órbitas están en relación con el cuadrado de los números enteros, 1,2,3,4, ... según el número de capas que tenga el átomo, necesarias para alojar todos los electrones. Ahora bien, en la última órbita nunca habrá más de 8 electrones, ni en la penúltima, más de 18.

En el núcleo, simplificando, existen dos clases de partículas, llamadas subatómicas, los «NEUTRONES» que no tienen carga eléctrica y el «protón» que tiene, en valor absoluto, la misma carga eléctrica que el electrón; pero positiva. La masa del protón y del neutrón son iguales y es 1.837 veces la del electrón.

Los átomos, en estado natural, son «NEUTROS», es decir, que no tienen carga, al estar equilibradas, la positiva del núcleo, protones y la negativa de la corteza orbital, electrones.

Concretando, que el número total de electrones en la corteza orbital es igual al número de protones existentes en el núcleo.

Las dimensiones de un átomo, son extremadamente pequeñas.

- Diámetro del átomo, aprox.  $2 \text{ ó } 3 \times 10^{-8}$  centímetros
- Diámetro del núcleo, aprox.  $2 \text{ ó } 3 \times 10^{-12}$  centímetros

Así la «CORTEZA ORBITAL», ocupada por los electrones en mo-

vimiento, tiene un diámetro 10.000 veces mayor que el núcleo.

Los griegos, en el siglo V antes de J. C., circunscribían el mundo material, como la combinación de cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua y cuatro cualidades: calor, frío, humedad y sequedad.

Actualmente, se conocen 105 «ELEMENTOS SIMPLES», constituidos, cada uno, por una sola clase de átomos. Otras sustancias materiales, constan de dos o más, elementos simples distintos, son los «CUERPOS COMPUESTOS», que siempre están combinados en proporciones exactas y fijas.

Existen, casi un millón de cuerpos o sustancias compuestas conocidas, que se estudian en Química.

El elemento número 1, de la «CLASIFICACION PERIODICA DE ELEMENTOS» es el gas más ligero, el hidrógeno. Tiene en el núcleo, 1 neutrón y 1 protón (1 carga +) y en la órbita "K" 1 sólo electrón, así las cargas están neutralizadas. Otro elemento, muy conocido el número 47, es el metal plata que tiene en el núcleo, 60 neutrones y 47 protones (47 cargas +) y en sus órbitas K, L, M, N, O, respectivamente: 2, 8, 18, 18, 1 electrones.

El número de protones de un átomo, se conoce con el nombre de «número atómico» y se designa con la letra "Z".

La clasificación de los elementos simples, se intentó desde 1.817, se pretendía agrupar los elementos con características similares. Después de numerosos intentos y propuestas, en 1.913 el físico inglés Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1.887-1.915), muerto en acción de guerra, en la batalla de los Dardanelos en Gallipoli (Turquía), estudió y modificó el sistema propuesto en 1.869 por el químico ruso, Dmitri Ivanovich Mendeleev (1.841-1.907), su propuesta fue, hacer el ordenamiento de los elementos simples, basándose en el «NUMERO ATOMICO» (Z).

Actualmente, la «TABLA DEL SISTEMA PERIODICO DE ELEMENTOS», ordena los elementos de izquierda a derecha y de arriba abajo, en orden creciente de número atómico.

Es importante resaltar, que las características, físicas y químicas de un elemento simple, están relacionadas, con el número de electrones, que tiene la órbita más alejada del núcleo.

En este sentido si tiene ocho electrones, la capa está saturada y el elemento es muy estable químicamente. Si sólo tienen uno o dos electrones, generalmente son elementos buenos conductores del calor y de la electricidad.

Son, un grupo de elementos muy importante, los que tienen en la última capa, cuatro electrones. Conducen la electricidad, con cierta dificultad, no son ni buenos ni malos conductores y siendo así, se les identifica, como «SEMICONDUCTORES».

Con este grupo, se desarrolló, como se verá más adelante, una importantísima, rama de la física, muy conocida con el nom-

bre de «TECNICA DE LOS SEMICONDUCTORES», que fue como resultado de la aplicación y utilización, de estos elementos simples.

#### 1.1.4.1 Las centrales eléctricas

La electricidad producida hasta comienzos del siglo XX era corriente continua y su transporte se tenía que limitar a pequeñas distancias, al ser la tensión baja y las pérdidas en las líneas de cobre muy altas. Esto obligaba, a colocar los centros de producción próximos a los de consumo.

Con el siglo XX viene la creación de centrales generadoras de energía eléctrica de corriente alterna, utilizando grupos de alternadores y plantas de transformación. La corriente alterna se puede transportar a grandes distancias, con limitadas pérdidas, elevando su tensión. Para este fin, se intercala entre la salida de los alternadores y la entrada a la línea de transporte de alta tensión un transformador elevador de tensión.

#### La era industrial

...  
Ya en la Exposición Internacional de Francfort, se exhibe un transformador trifásico que hace posible mantener una línea de transporte de energía eléctrica entre Francfort y Lauffen. Era el primer transporte de este tipo que se realizaba en el mundo. Paralelamente, en el año 1901, tiene lugar en Zaragoza el segundo transporte a distancia llevado a cabo hasta entonces, era entre el Molino de San Carlos y la capital, sobre una distancia de tres kilómetros.

Pocos años más tarde, en 1909, se transportaba energía eléctrica a 60.000 voltios desde la central de Molinar en el río Júcar, a Madrid, con un recorrido de 250 kilómetros. Es la línea de mayor tensión y longitud de Europa en ese momento.

...  
(Cien años de luz. UNESA, 1990 : 8)

La electricidad, en los veinte años, del nuevo siglo XX "se viste de largo", es ya una realidad y sus aplicaciones se multiplican en todos los ámbitos de la vida, entra en la universidad, en la gran y pequeña industria, en los hospitales, en el comercio, en el taller, en la escuela, en el hogar, invade todo, su uso se diversifica: alumbrado, calefacción, caldeo, fuerza motriz, industria electroquímica, electrificación: ferrocarriles y tranvías, etc. va imponiéndose con la contundencia del progresivo y espectacular avance de la tecnología.

La producción industrial de electricidad, en virtud de la gran demanda mundial, irá creciendo de una forma importante, de año en año y será un índice significativo, del desarrollo industrial de los países (v. Apéndice 2).

### !!! QUE TERRIBLE ES UN DIA SIN ELECTRICIDAD !!!

1/Nueva York, una ciudad en tinieblas

Nada hacía pensar que el 9 de noviembre de 1965 fuera a convertirse en un día muy especial para la ciudad de New York. La vida se desarrollaba con toda normalidad, o, al menos, con la normalidad con que transcurre en una ciudad de más de diez millones de habitantes.

Sin embargo, a las 5,15 de la tarde, iba a suceder algo que haría que los neoyorkinos recordasen dicha fecha durante muchos años. A esta hora, y debido a una serie de causas todavía no bien conocidas, todas las centrales que suministran energía eléctrica a Nueva York experimentaron una avería simultánea que dejaba a la ciudad en tinieblas.

...  
 los ascensores, que en los rascacielos transportaban a miles de personas de unos pisos a otros, interrumpían la marcha y dejaban aprisionados en su interior a los asustados pasajeros; los semáforos que regulaban el tráfico en la ciudad dejaron de funcionar, provocando un caos circulatorio como nunca se había conocido; las calefacciones... los quirófanos quedaron a oscuras, teniendo que recurrir a sus propios equipos electrógenos... los aeropuertos de la ciudad hubieron de interrumpir el servicio... millares de personas, se hallaban desconcertadas... ya que todas las emisoras de radio y televisión habían enmudecido.

...  
 Esta situación duró hasta las diez de la mañana del día siguiente, tras una noche de miedo, frío, pánico, incomunicación y pillaje.

...  
 El caos padecido sirvió como ejemplo a la humanidad, que pudo observar en lo que se transformaba una gran ciudad cuando se veía privada de algo tan cotidiano, y a lo que se concede tan poca importancia, como es la electricidad.

...  
 ( Aula abierta Salvat 1980 : 4 )

Las unidades utilizadas en el cómputo de la producción y consumo de energía eléctrica, según la cuantía son:

KWh,	Kilo.vatio.hora = 1000.vatio.hora
MWh,	Millón.vatio.hora = mil KWh
GWh,	Giga.vatio.hora = un millón de KWh

Es la interpretación, de las horas que se está utilizando la potencia indicada. A efecto de cómputo, el producto de la unidad representativa de la potencia (KW, MW, GW) por las horas.

De la misma forma, para indicar la potencia de una instalación, productora o receptora de energía, se utilizan las unidades KW, MW y GW, que son: mil vatios, mil kW y un millón de KW, respectivamente (v. Apéndice 2).

- 2. CAPITULO 2
- 2.1 La Electrónica
- 2.2 El diodo
  - 2.2.1 Características
  - 2.2.2 Emisión termoiónica
  - 2.2.3 El didodo de gas
  - 2.2.4 Aplicaciones de los diodos
  - 2.2.5 Diodos rectificadores comerciales
    - 2.2.5.1 Codificación de válvulas comerciales

## 2. CAPITULO 2

### 2.1 La Electrónica

Tomas Alva Edison (1.847-1.931), inventor norteamericano, de extraordinaria intuición técnica y gran visión comercial, en 1.878, hizo realidad la lámpara de incandescencia (bombilla), que fabricó y comercializó en 1.882 (v. pag. 14).

Esta bombilla, en principio, tenía demasiados defectos, se ennegrecía interiormente el vidrio, reduciendo la transparencia y la luminosidad exterior y lo que era más catastrófico, el elemento luminiscente (filamento), tenía una vida, que era inferior a las cincuenta horas de funcionamiento.

Edison, trabajador incansable, buscaba el perfeccionamiento de su bombilla, lo que le obligaba a realizar nuevos diseños, sobre todo del filamento y por consiguiente, a repetir numerosas y variadas pruebas.

Se dice, que para iluminar el área de una improvisada mesa de operaciones, en una intervención quirúrgica hecha a domicilio colocó espejos detrás de las lámparas que utilizaba, reforzando de esta forma la iluminación, en la zona interesada.

Quizá fue este hecho, lo que le hizo pensar en la posibilidad de colocar en el interior de su lámpara un pequeño reflector o a lo mejor, lo que buscaba, era proteger el vidrio contra el ennegrecimiento que se producía.

La cuestión es, que colocó una pequeña pantalla metálica frente al filamento y lo importante, sorprendente y maravilloso, que se percató de que se establecía una débil corriente eléctrica entre el filamento y la pantalla, sin existir contacto directo entre ambos elementos, ¡ FANTASTICA AGUDEZA INVESTIGADORA !.

A este fenómeno, de paso de corriente eléctrica entre dos cuerpos, sin conexión eléctrica entre ambos (aislados), a través del espacio vacío, se le llamó «EFECTO EDISON» en 1.890.

Edison y tampoco sus contemporáneos, conocían en aquella época la existencia de los electrones y por tanto, ignoraban que la corriente eléctrica es: « un flujo de electrones circulando por un conductor, desde el punto de más bajo potencial (-) al punto de más alto potencial (+) » y que los electrones transportan la carga eléctrica negativa que poseen.

Cuando en 1.897 Joseph John Thomson, descubrió el electrón y determinó su carga y masa (v. pag. 16), colaboró de una forma extraordinaria para el nacimiento y el ulterior desarrollo de la Electrónica, basada en las características del electrón.

La Electrónica es una parte moderna de la física, que hace sus primeros pasos, estudiando los electrones y seguidamente sus movimientos alrededor del núcleo; pero que rápidamente se extiende y desarrolla de una forma espectacular, que no admite compara-

ción con nada conocido, no tiene barreras, lo invade todo, se supera a sí misma, se liberaliza, su impacto industrial, comercial y social es de tal relieve, que influirá significativamente en la marcha de los tiempos, en las costumbres de la Sociedad, introduciéndose en sus hogares y en sus vidas.

## 2.2 El diodo

John Ambrose Fleming (1.848-1.945), ingeniero inglés, profesor de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Londres y colaborador de Tomas A. Edison, continuó los trabajos que este anunció en 1.890, bautizados como «EFECTO EDISON» y consiguió la realización u optimización del «DIODO».

El «DIODO» es una válvula o tubo termoiónico electrónico, de dos electrodos, es el primero de la familia de las válvulas.

Está constituido por una ampolla de cristal, en cuyo interior se fijan dos electrodos, con las salidas de sus conexiones eléctricas selladas, tres en total. Finalmente se hace el vacío, a través de un pequeño tubo de cristal, que también se sella para conseguir el cierre hermético, de la ampolla.

Los electrodos interiores, son un filamento de wolframio, que precisa dos conexiones exteriores, para conectar la corriente de filamento y una placa metálica, que sólo precisa una conexión, esto hace las tres, que hemos citado anteriormente.

El nombre de diodo es por tener dos electrodos, el de válvula, al hecho de que solo dejar pasar la corriente en un sentido, como se explicará y la de tubo (nombre americano), a que la ampolla de cristal tiene forma tubular. Asimismo, el catalogamiento, de termoiónico, se debe a que el filamento hay que calentarlo, para que exista un desprendimiento (emisión) de electrones, necesario para el funcionamiento de la válvula.

Los metales se caracterizan por ser buenos conductores de la electricidad, lo que se debe a su enorme contenido de electrones libres. Al elevar la temperatura del metal que conforma el filamento, aumenta la energía cinética de sus electrones y los que alcanzan la de «TRABAJO DE EXTRACCION» (v. pag. 19) son capaces de abandonar la masa metálica, produciendo a su alrededor una "nube electrónica", efecto de la «EMISION TERMOIONICA».

### 2.2.1 Características

Si estando el filamento encendido aplicamos a la placa una tensión positiva respecto del filamento, los electrones serán atraídos y absorbidos por la placa, estableciéndose una corriente entre el filamento y la placa, que normalmente se llama corriente de placa.

Por el contrario, si en las mismas condiciones, invertimos la polaridad aplicada, a la placa la conectamos el polo negativo y al filamento el polo positivo, los electrones negativos, serán

rechazados por la placa de polaridad también negativa y no existirá corriente de placa.

La propiedad del diodo, de la «CONDUCCION UNIDIRECCIONAL» de la corriente eléctrica (en un solo sentido), es precisamente la que le dota, para la rectificación de corrientes alternas, de gran aplicación industrial y en aparatos de gran consumo.

Para la realización práctica de los circuitos electrónicos es obligado un diseño, que comprende: 1) una previa selección de los componentes o aparatos necesarios, 2) los cálculos que fijarán las condiciones de funcionamiento, 3) una forma de interconectar todos los componentes, que se concreta en un dibujo, llamado «ESQUEMATICO» o «ESQUEMA», 4) la ejecución física del montaje y 5) prueba, que supone: mediciones, cambios y cumplimiento de las prestaciones requeridas al diseñador.

Cada componente se dibuja en el esquemático, con un símbolo, normalizado internacionalmente y los conductores que los interconectan se representan con líneas, que pueden cruzarse; la intersección remarcada con un punto, indica un conductor común y sin el punto, conductores independientes, aislados.

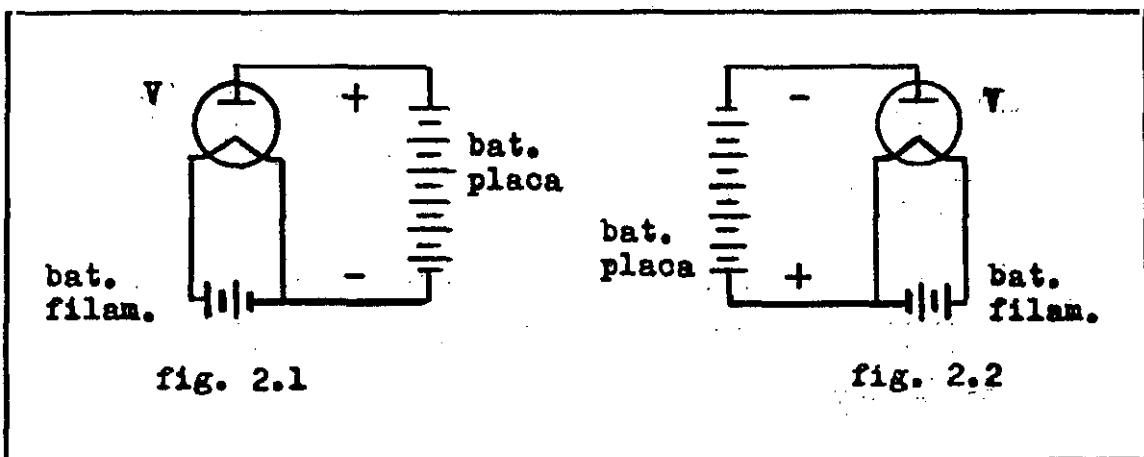
Un conductor que une eléctricamente dos puntos del mismo o diferente aparato, se llama conexión y así, a las líneas de los esquemas, se las identifica como conexiones.

Siguiendo estas sencillas normas, se ha dibujado el esquema de la fig. 2.1, formado por un diodo (V) con "polarización directa", tiene dos baterías, una de filamento (bat. filam.) de 6 voltios y otra de placa (bat. placa) de 120 voltios, ésta con el polo negativo conectado al filamento y el positivo a la placa.

La fig. 2.2 es en todo semejante, excepto que la polaridad de la batería de placa (bat. placa) está invertida, corresponde a un diodo (V) con "polarización inversa".

En el montaje de la fig. 2.1 la placa es positiva respecto al filamento y atraerá los electrones. El diodo está «ACTIVO», es decir, "conduce corriente", es el estado de «CONDUCCION».

En el montaje de la fig. 2.2 la placa es negativa respecto al filamento y rechaza los electrones. El diodo está «INACTIVO», es decir, "no conduce corriente", es el estado de «CORTE».



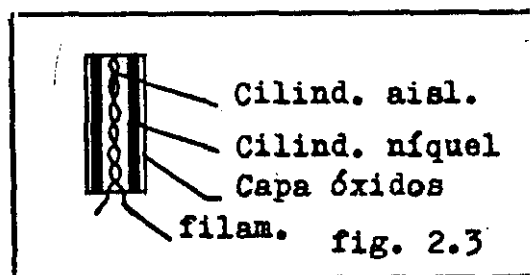
Este diodo es del tipo de «ALTO VACIO» y «CALDEO DIRECTO»; pues en la ampolla se ha hecho el vacío y el filamento, es a su vez, calefactor y emisor de electrones. Este tipo de filamento, diferencia la válvula de caldeo directo y con el fin de aumentar su rendimiento, lleva un revestimiento especial, de óxidos de metales alcalinos, de bajo valor de «TRABAJO DE EXTRACCION», que aumentan considerablemente la emisión electrónica. Al filamento se le llama «CATODO» y a la placa «ANODO».

Los filamentos de caldeo directo de wolframio o tungsteno, tienen un trabajo de extracción elevado, por cuya razón requieren una temperatura de funcionamiento alta, que es del orden de 2.027°C y una mejora importante consistió en revestirlos de una pequeña cantidad de thorio, que aumenta la emisión electrónica y hace posible, el funcionamiento a unos 1057°C.

Los diodos en general y principalmente de vacío fueron objeto de importantes avances técnicos, en la reducción de tamaño y en el diseño del filamento, para su aplicación en los equipos electrónicos, incluso como después se verá, se equiparon en válvulas (múltiples) conjuntamente con otros tipos.

Los filamentos de caldeo directo, forzosamente tenían que alimentarse con corriente continua, ya que si se alimentaban con corriente alterna, su reducida inercia térmica, seguía las variaciones de la tensión alterna y afectaba a la emisión termoiónica a la que imprimía una "fluctuación" perturbadora, de acuerdo con la frecuencia de 50 hertzios. Es decir, que siempre se utilizaba una batería para la alimentación (encendido) de los filamentos.

Un avance muy importante, fue aplicado a los diodos y en general a todos los tubos o válvulas electrónicas, la utilización del filamento, sólo como calefactor (v. fig. 2.3).



Se introduce un nuevo elemento, que va ser el verdadero cátodo emisor, constituido por un tubo metálico de níquel o tantalito revestido de óxidos de metales alcalinos, como bario, que necesitan una temperatura de trabajo de unos 800°C, para producir la emisión electrónica. La función del filamento, es exclusivamente la de calefactor, situado en el interior del "cátodo" eleva su temperatura a la especificada de trabajo.

A este conjunto se le llama «CATODO DE CALDEO INDIRECTO» y tiene las ventajas de que su filamento se puede alimentar con corriente alterna, sin que se produzca, perturbación alguna, en su funcionamiento ya que la emisión del cátodo es uniforme, por tener una mayor inercia térmica, también, la potencia requerida

en el filamento es menor, ya que el cátodo es más eficiente y necesita una temperatura de trabajo más reducida, alrededor de unos 800°C para válvulas tipo recepción. Otra ventaja muy importante es que se consigue un aislamiento total del circuito cátodo - placa, respecto del filamento.

### 2.2.2 Emisión termoiónica

La clase de metal utilizado en el cátodo, como emisor de electrones, sus dimensiones y la temperatura de trabajo, determinan el número de electrones emitidos y por lo tanto la intensidad de la corriente máxima, que se obtendrá entre el cátodo y la placa, que se llama «CORRIENTE DE SATURACION».

Esta corriente de saturación, es el valor máximo de la corriente de placa para una determinada temperatura del cátodo y no se puede superar, ni siquiera aumentando la tensión de placa.

Sir Owen Willians Richardson (1.879-1.959) físico inglés, profesor de la Universidad de Princeton y del King's College de Londres, fue galardonado con el premio Nobel de Física en 1.928 por sus investigaciones sobre la emisión electrónica de los metales, anunció la ley conocida como «LEY DE RICHARDSON» reflejada en una fórmula, que modificó Dushman y que es básica para el diseño de cátodos, de caldeo directo o indirecto:

$$I = a \cdot (T^2) \cdot e^{-\left(\frac{\phi}{k.T}\right)}$$

a, constante que depende de la superficie emisora

T, temperatura absoluta de trabajo

e, número e, 2,7182818

φ, energía de extracción del material emisor

K, constante de Boltzmann,  $1,38062 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$

I, amperios / m<sup>2</sup>.

Richardson editó las obras:

«The Electron Theory of Matter»

("El electrón y su teoría")

«The Emission of Electricity Hot bodies»

("La emisión de electricidad de cuerpos calientes")

Irving Langmuir (1.881-1.957), físico y químico norteamericano, premio Nobel de Química en 1.932 y autor de la obra,

«Phenomena, Atoms and Molecules» en 1.950»

("Fenómenos, átomos y moléculas")

investigó y determinó, la relación entre la corriente de placa y su tensión de alimentación, con la fórmula:

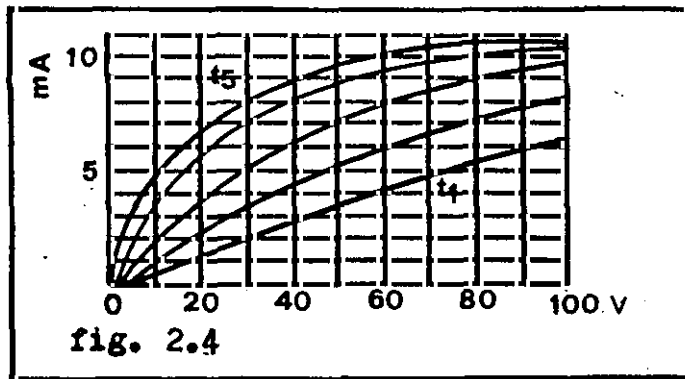
$$I_p = K \cdot V_p^{3/2}$$

( I<sub>p</sub> corriente de placa en amperios  
 ( K coeficiente\*  
 ( V<sub>p</sub> tensión de placa en voltios

\* s/ la long. del cátodo y de su distancia a la placa

La nube electrónica, alrededor del cátodo, la forman electrones, creando una «CARGA ESPACIAL» negativa, que rechaza los nuevos electrones emitidos por el cátodo. Así, al aplicar la tensión de placa, ésta tiene que ejercer una fuerza de atracción sobre los electrones y además, neutralizar la fuerza de rechazo que representa la carga espacial.

En la figura fig. 2.4, se ven las curvas que representan la corriente de placa de un diodo, en función de la tensión de placa, para diferentes temperaturas del cátodo.



### 2.2.3 El diodo de gas

También en 1.904, Arthur Rudolf Wehnelt (1.871-1.944), físico alemán, trabajando con «TUBOS GEISSLER» (v. pag. 12) de descarga de gases, les incorporó un cátodo revestido de óxidos de metales alcalinos, realizando, el primer «DIODO DE GAS» rectificador, predecesor del tubo de «VAPOR DE MERCURIO».

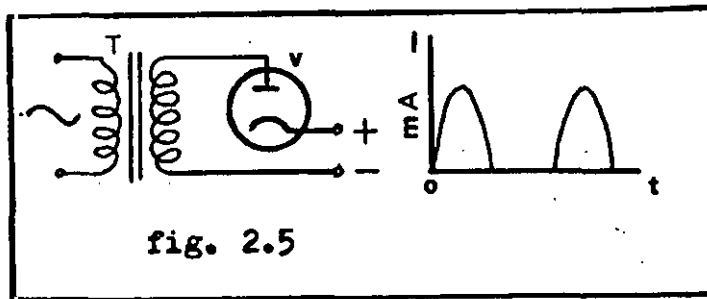
El tubo o válvula, de vapor de mercurio, se diferencia del de alto vacío, en que se le introduce, después de extraer el aire, vapor de mercurio a baja presión. El mercurio se ioniza, durante el funcionamiento, al impactar los electrones en las moléculas de mercurio, manteniéndose una caída de tensión, de aproximadamente 15 voltios, entre el cátodo y la placa, independientemente de la intensidad de corriente de placa.

### 2.2.4 Aplicaciones de los diodos

Los diodos de alto vacío, tuvieron rápida aplicación como tubos rectificadores de corriente alterna, generalmente con dos placas y un cátodo emisor común de caldeo indirecto. Su uso era general en aparatos de laboratorio, para mediciones y calibrado de los receptores de radio, equipos de sonido y en otros utilizados en la industria en general, para mando y control en fabricación, inspección y embalaje. Estos tubos alimentados de la red de corriente alterna de 127 o 220 v. 50 hertzios, suministraban una corriente rectificada de hasta unos 0,25 amperios (250 mA), que

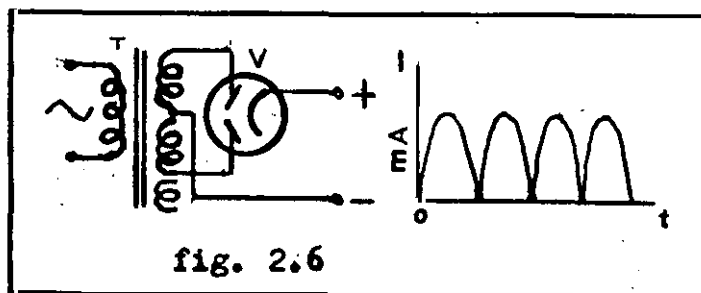
es adecuada para receptores de radio, equipos de sonido y pequeños aparatos electrónicos de laboratorio y control industrial.

El esquema de la fig. 2.5 corresponde a un rectificador de « MEDIA ONDA » la corriente alterna se aplica al primario del transformador (T) y el diodo (V) en serie con carga, solo conduce corriente, durante los semiperiodos en que la placa es positiva respecto del cátodo.



El esquema de la fig. 2.6 corresponde a un rectificador de « ONDA COMPLETA », en este caso el transformador tiene un secundario de tensión doble con toma central y la válvula rectificadora (V) tiene dos placas y un cátodo común (biplaca), de esta forma la válvula (V) conducirá en los dos semiperiodos y la corriente en la carga, siempre tiene el mismo sentido.

En ambos rectificadores se utilizan válvulas de caldeo indirecto, por lo que el filamento, ni siquiera se dibuja para más simplicidad.



La salida de los rectificadores de corriente, tienen una fuerte componente residual de corriente alterna, que es necesario atenuar hasta valores permisibles, según el circuito que se alimenta, utilizando filtros constituidos por condensadores de elevada capacidad (8 a 32  $\mu\text{F}$ ) generalmente electrolíticos, conectados en paralelo e inductancias con núcleo magnético (8 a 12 H) insertadas en serie. Con estos filtros a la salida de los rectificadores, se puede conseguir en la medida de lo necesario, reducir la componente alterna residual «ZUMBIDO» a valores prácticamente despreciables, tales como 0,025, 0,01 o 0,005 %, que son usuales, cuando se alimentan equipos de baja frecuencia.

Para alimentar cargas de consumo muy variable, se utilizan filtros con entrada por inductancia (L/C), que puede duplicarse (L/C-L/C) para filtrajes muy severos, en otros casos, se emplean células " $\pi$ ", con entrada por capacidad (C/L/C), que requieren un menor número de componentes y ocupa menos espacio.

Otra aplicación importantísima de los diodos, en su tamaño más reducido, ha sido en la función de «DETECCION» en los receptores de radiodifusión, radiotelegráficos y de televisión. Ya sea como pequeñas unidades biplaca, independientes o también generalmente, incorporados en tubos «MULTIPLES», que realizaban en una sola etapa, la función de «DETECTOR AMPLIFICADOR».

La «DETECCION» o «DEMODULACION» es el proceso, que sigue a la amplificación de la débil señal de radiofrecuencia que se recibe en la antena, para obtener la señal moduladora, que es el mensaje: de baja frecuencia (sonido), código telegráfico (Morse) o videofrecuencia (sonido e imagen) (v. Apéndice 4).

Los diodos de vapor de mercurio, llamados diodos de gas, fueron de vasta aplicación en rectificadores industriales, con gran variedad de tipos, capaces de suministrar corrientes, desde pocos amperios hasta cientos de amperios. Se utilizan en instalaciones para carga de baterías de todo tipo, para la alimentación de baños electrolíticos para acabados de piezas metálicas, tales como: niquelado, cobreado, cromado, zincado, cadmiado, plateado y dorado, también, en baños para purificación de metales. Su uso ha sido imprescindible para la alimentación de los arcos voltaicos utilizados en los proyectores cinematográficos.

Se desarrollaron grandes tubos "tipo cubeta de mercurio", que constituye el cátodo, para grandes intensidades de corriente y aplicaciones muy específicas, tales como ferrocarriles, así el «EXCITRON», con un grupo de seis unidades, suministra una salida rectificada de 3.000 KW a 600 voltios.

Otro tipo industrial es el «IGNITRON», también "tipo cubeta de mercurio", rectificador para intensidades de corriente de más de 25 amperios con mando de interrupción y conexión, de bastante aplicación en equipos de soldadura.

Estos tubos especiales, de cubeta de mercurio, no son del tipo termoiónico, la emisión electrónica, se consigue mediante la formación de un arco entre el mercurio y un electrodo auxiliar, de carburo de boro. El arco se propaga al ánodo de grafito, cuando es positivo y se produce la conducción de corriente. El mercurio actúa como cátodo emisor de electrones y también, proporciona el vapor de mercurio en el interior del tubo.

### 2.2.5 Diodos rectificadores comerciales

Se han fabricado, cientos de tipos de válvulas rectificadoras diodos, identificados con su correspondiente código, para cumplir toda la gama de características técnicas, de la variada

y muy importante demanda mundial, totalizando cientos de millones de unidades, que se utilizaron en muchos equipos.

Los diferentes tipos de válvulas se catalogaron en tres grupos: «RECEPCION», «INDUSTRIAL» y «TRANSMISION».

También se fabricó, para uso de los ejércitos, una clase especial, distinguiendo los mismos tipos, con diferente codificación y modificados para admitir mayores márgenes, en las temperaturas límites de funcionamiento, a este grupo especial se le llamó «MILITAR».

En la fig. 2.7.1 - 2 se muestran las características que se facilitan en el Manual RCA del año 1.945 de la válvula rectificadora de alto vacío biplaca de caldeo indirecto tipo 25Z5 del grupo recepción, que fue utilizada en cientos de millones de radio-receptores populares de cinco válvulas, en todo el mundo.

Estos receptores con la válvula 25Z5, como rectificadora, se podían conectar, indistintamente con redes de corriente continua o de corriente alterna y además, si lo hacían con corriente alterna podían funcionar como dobladores de tensión. Las curvas, que se muestran en las características, dan las tensiones de salida del diodo (entrada al filtro), para los montajes como rectificador de media onda y doblador, con diferentes valores de los condensadores (C) del filtro.

En los esquemas que se muestran, para ambos montajes, la resistencia serie (R) de filamentos, es usual, que sirva para alimentar en serie, a todos los filamentos, de las válvulas que se utilizan en el receptor.

Esta válvula de recepción tipo 25Z5, fue muy popular entre los años 1.936 y 1.946, en nuestro País y su código era conocido por los propietarios de "radios", pues fue una válvula muy difícil de reponer y tomó un precio que se multiplicó por 20, en comparación con el resto. Cuando los propietarios, llevaban sus radios al taller de reparaciones, solían decir con cierto miedo mal disimulado: " yo creo que la 25Z5 enciende y está bien ".

En la fig. 2.8.1 a 4, pueden verse las características facilitadas, en 1.950, por el fabricante de válvulas europeo, STC de un diodo de vapor de mercurio de caldeo directo, tipo 4049D, del grupo de transmisión, que fue muy utilizado en los rectificadores de alta tensión, de las emisoras de radio, para los servicios de radiodifusión y radiocomunicaciones.

En estas válvulas de potencia, de vapor de mercurio, es necesario conectar el filamento con un adelanto de 15 a 30 minutos, según la temperatura ambiente, respecto del momento de la aplicación de la alta tensión (alterna) a la placa, ya que parte del mercurio, licuado, tiene que evaporarse para que la válvula pueda funcionar correctamente.

En la comparación, o mejor, consulta de las características de estos dos tipos de válvulas, ya que "no admiten" compara-

ción, se destacan principalmente: a) las potencias disipadas en calor en cada uno de los filamentos, b) la tensión alterna máxima por placa, que permite cada válvula y c) sus dimensiones.

Potenc. filamento	Tensión alterna max.	Dimens.máx.
25Z5 -> 5V X 0,3A - 7,5 W	250 voltios	40 x 106 mm.
4049D-> 4V X 11A - 44 W	14.185 voltios*	63 x 270 mm.

(\* Maximun peak Inverse voltage / 1.41)

#### 2.2.5.1 Codificación de válvulas comerciales

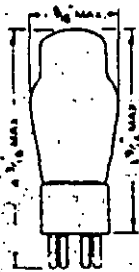
Los fabricantes de válvulas identifican con un código, las unidades que reúnen un conjunto de características iguales, dentro de un estrecho margen. El código lo forman con letras y números y es muy importante para la sustitución de válvulas defectuosas en los equipos, ya sea por agotamiento o por fallos, sin que ello requiera efectuar otros reajustes posteriores.

Los fabricantes americanos, utilizan códigos formados por números y letras, p. e. 25Z5, indica que la tensión de filamento es de 25 voltios, la Z que se trata de una válvula rectificadora y el último número se refiere a claves de fabricación.

Los fabricantes europeos continentales, hacen el código empezando con las letras, p. e. EY51, la E indica que la tensión del filamento es de 6,3 voltios, la Y que se trata de una rectificadora y el 51 se refiere a claves de fabricación.

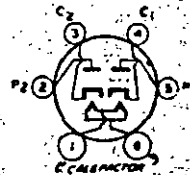
En los manuales, que editan los fabricantes, se especifican las dimensiones, conexiones y características de cada uno de los tipos que lanzan al mercado, así como sus recomendaciones de uso para determinadas funciones, con esquemas y condiciones típicas de trabajo, datos para diseño, tensiones, corrientes y también las prestaciones.

También se editan, manuales de equivalencias de válvulas, entre diferentes fabricantes y sus correspondientes códigos, útiles para la reposición de válvulas en los servicios técnicos de reparaciones.



## RCA - 25Z5

### RECTIFICADORA DOBLADORA



La 25Z5 es una válvula rectificadora de onda completa a alto vacío del tipo con cátodo-calefactor, adecuada para emplearse en circuitos diseñados para suministrar c. c. de

líneas de canalización de c. a. Esta válvula resulta muy recomendable para receptores de alimentación universal o de c. a. En los primeros, la 25Z5 puede emplearse como rectificadora de media onda, mientras que en los tipos de c. a., podrá utilizarse como dobladora de tensión obteniéndose aproximadamente el doble de tensión de salida rectificada que con la disposición de media onda.

Esta doble aplicación resulta posible debido a la existencia de patitas independientes sobre la base, correspondientes a cada uno de los cátodos. Las consideraciones generales sobre dobladores de tensión se encuentran detalladas en la página 28.

### CARACTERÍSTICAS

TENSIÓN DE CALEFACTOR (c. c. o c. a.).....	25	volts
CORRIENTE DE CALEFACTOR.....	0.3	ampere
AMPOLLA.....		ST-12
BASE.....		6 patitas, pequeña

#### Como dobladora de tensión

TENSIÓN ALTERNA POR PLACA (eficaz).....	125 máx.	volts
CORRIENTE DE PLACA (CRESTA).....	500 máx.	miliamperes
CORRIENTE CONTINUA DE SALIDA.....	100 máx.	miliamperes

#### Como rectificadora de media onda

TENSIÓN ALTERNA POR PLACA (eficaz).....	125 máx.	250* máx.	volts
CORRIENTE DE CRESTA (por placa).....	500 máx.	500 máx.	miliamperes
CORRIENTE CONTINUA DE SALIDA (por placa).....	85	85 máx.	miliamperes

\* Con tensiones alternas de más de 125 volts, es necesario conectar una resistencia de 100 ohm. en serie con cada conexión de placa, o una resistencia común a ambas placas, de 100 ohms (con la que se obtendrá una constancia de tensión ligeramente inferior).

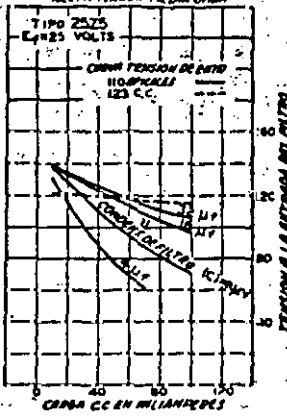
### INSTALACIÓN Y APLICACIÓN

Las patitas de la base de la 25Z5, enchufan en el zócalo común de seis contactos, el cual puede instalarse para mantener la válvula en cualquier posición. La ampolla de esta válvula adquiere una temperatura muy elevada bajo ciertas condiciones de funcionamiento. Deberá proveerse libre circulación de aire alrededor de la misma para evitar recalentamientos. Para el funcionamiento del calefactor y consideraciones relativas al filtro, consúltese lo expuesto en las aplicaciones del tipo 25Z6.

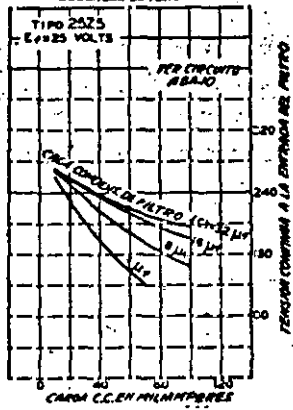
Las curvas de funcionamiento y diversos circuitos se encontrarán en la página siguiente.

VALVULAS DE RECEPCION RCA

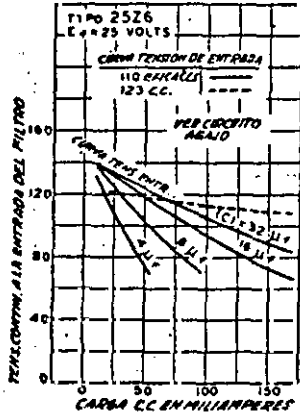
CARACTERISTICAS DE TRABAJO  
RECTIFICADOR MEDIA ONDA



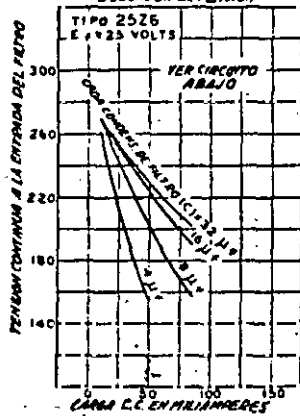
CARACTERISTICAS DE TRABAJO  
DOBLADOR DE TENSION



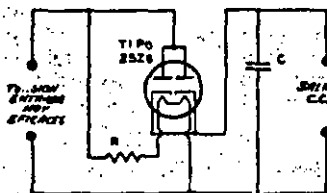
CARACTERISTICAS DE TRABAJO  
RECTIFICADOR MEDIA ONDA



CARACTERISTICAS DE TRABAJO  
DOBLADOR DE TENSION

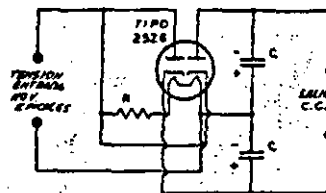


CIRCUITO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA



R = RESISTENCIA REDUCE DE FILAMENTO  
C = CONDENSADOR DE FILTRO

CIRCUITO DOBLADOR DE TENSION



R = RESISTENCIA REDUCE DE FILAMENTO  
C = CONDENSADOR DE FILTRO

fig. 2.7.2

(Manual de válvulas de recepción RCA, 1945 : 165)



## Half-Wave Mercury- Vapour Rectifier

Ref. : 2V/500C

Code : 4049D

**CATHODE.**

Oxide-coated shielded filament		
Voltage	4	V
Nominal current	11	A

**DIMENSIONS.**

Maximum overall length	270	mm
Maximum bulb diameter	63	mm
Base	Giant Edison Screw	
Socket	4009C & 4039A	
Net weight	220	g

**MAXIMUM RATINGS.**

Maximum peak inverse voltage	20	kV
Maximum peak anode current	5	A
Maximum average anode current	1.25	A
Condensed mercury temperature range with forced ventilation	20-65	°C

The above ratings apply to operation with a choke-input filter and a supply frequency of 50 c/s.

**MAXIMUM P.I.V. VOLTAGE RATINGS AND  
CONDENSED MERCURY TEMPERATURES.**

Natural Ventilation	20°C-55°C	20°C-40°C
Forced Ventilation	20°C-65°C	20°C-55°C
Peak Inverse Voltage	Less than 10 kV	10 kV to 20 kV

May 1950

2V/500C-1

fig. 2.8.1

(Standard Valves, 1950 : 2V/500C-1)

Ref. : 2V/500C

## Half-Wave Mercury- Vapour Rectifier



Code : 4049D

### TYPICAL OPERATION.

Circuit No.	No. of Valves	Maximum D.C. Output Volts.	Maximum D.C. Output Amp
2	2	6,400 V	2.5 A
3	4	13,000 V	2.5 A
4	3	9,500 V	3.75 A
5	6	9,500 V	7.5 A
6	6	18,500 V	3.75 A

This rectifier being directly heated, it is recommended that the output circuit be returned to the mid-point of the filament transformer secondary.

### CATHODE HEATING TIME.

Ambient Temperature	10° to 15°C	15° to 30°C	above 30°C
Min. pre-heating period	30 min	15 min	5 min

After shipment or transit the valve must be pre-heated not less than 30 minutes before any anode voltage is applied so that the mercury may be distributed correctly. Temperature limits given under "Natural Ventilation" are only valid for unrestricted natural ventilation, forced air blast being required for operation up to the maximum condensed mercury temperature limit.

Note.—Before putting a valve of this type into service it is recommended that reference be made to the General Information Sheet K.

May 1950

2V/500C—2

fig. 2.8.2

(Standard Valves, 1950 : 2V/500C-2)

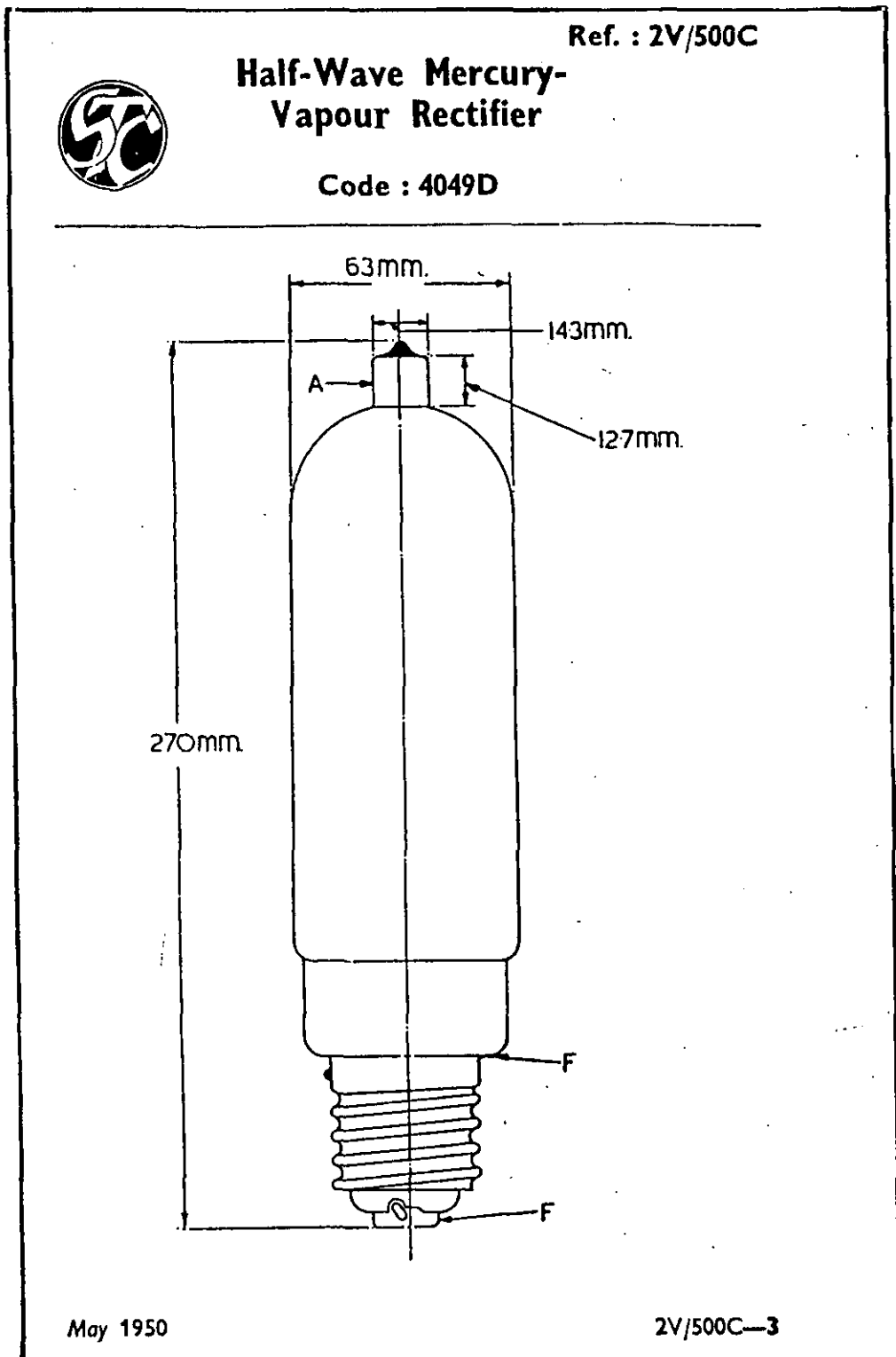


fig. 2.8.3

(Standard Valves, 1950 : 2V/500C-3)

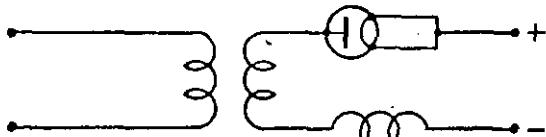
Ref. : 2V/500C

# Half-Wave Mercury- Vapour Rectifier

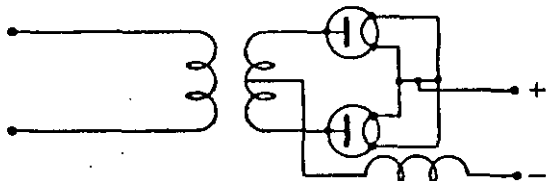
Code : 4049D

Circuit  
No.

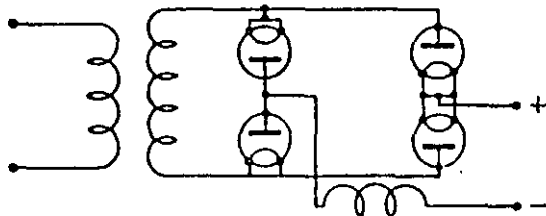
1



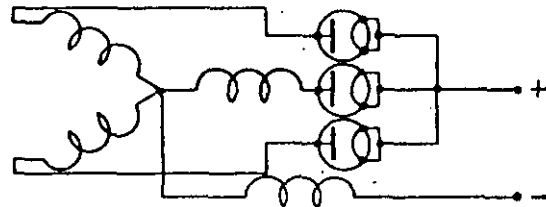
2



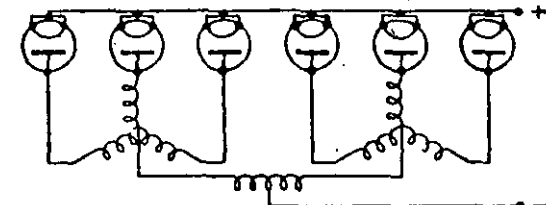
3



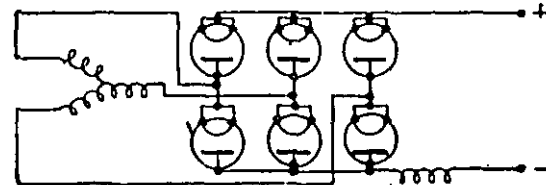
4



5



6



May 1950

2V/500C-4

fig. 2.8.4

(Standard Valves, 1950 : 2V/500C-4)

- 3. Triodo
- 3.1 Acción de la rejilla
  - 3.1.1 Acción de la rejilla
  - 3.1.2 Características de los triodos
  - 3.1.3 Parámetros del triodo
  - 3.1.4 Aplicaciones
  - 3.1.5 Triodos de potencia
  - 3.1.6 Triodos comerciales

### 3. CAPITULO 3

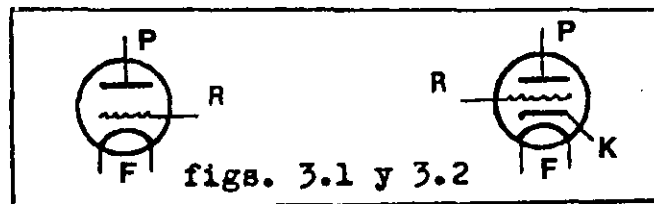
#### 3.1 Triodo

Lee de Forest (1.873-1.961), doctorado en física por la Universidad de Yale en 1.899, hizo importantes trabajos e investigaciones en el campo de la radiotelegrafía. Utilizó los diodos en los radioreceptores y dió un paso de gigante, al introducir en el diodo un tercer electrodo, en forma de una pequeña rejilla de hilo metálico, situado entre el filamento y la placa.

Con esta modificación, en 1.906 transformó Forest el diodo de Fleming en un nuevo tubo electrónico de "tres electrodos", el filamento, la rejilla y la placa, que llamó «AUDION».

Este tubo conocido como «TRIODO», lo aplicó después Forest para desarrollar el cine sonoro (v. apéndice 3) y ha sido el indiscutible y verdadero "motor propulsor" de la Electrónica.

Las figuras 3.1 y 3.2 representan los símbolos del triodo de caldeo directo y de caldeo indirecto (v. pag. 30).



##### 3.1.1 Acción de la rejilla

La rejilla está formada por un alambre fino, generalmente de níquel, en forma de "hélice", que rodea el cátodo y que puede ser más o menos tupida, es decir, de diferente paso.

Como la rejilla está más próxima del cátodo que de la placa es notable el control que ejerce sobre todos los electrones que tienen que atravesarla para llegar a la placa.

Debido al fuerte control, que ejerce la tensión de rejilla respecto del cátodo, ésta puede tomar un valor negativo que cierre el paso de electrones y anule la corriente de placa. A este "valor negativo de tensión", se denomina «TENSION DE CORTE».

La propiedad, utilísima, del triodo es la «AMPLIFICACION» de las tensiones (señales) que se aplican a la rejilla; como resultado del control de la rejilla sobre la corriente de placa.

Estas señales pueden ser de tensión continua, pulsante o de corriente alterna y en la mayoría de las aplicaciones, la rejilla toma valores de tensión respecto del cátodo, entre cero y el valor negativo correspondiente a la tensión de corte.

Como la rejilla, no toma valores positivos de tensión respecto del cátodo, no capta electrones o lo hace en pequeñísima can-

tividad y así su corriente será cero o despreciable.

Si la rejilla controla la corriente de placa, sin absorber corriente, sucede, que la potencia de excitación de la válvula es cero. Esta circunstancia, es ideal para amplificar señales muy débiles y obtener en placa la señal amplificada.

Como las tensiones de rejilla y placa se establecen respecto al cátodo, que es la fuente de electrones, la señal que debe amplificarse, se tiene que aplicar también entre la rejilla y el cátodo, que es la entrada. Esta señal, produce variaciones en la corriente de placa, que estarán afectadas por el coeficiente de amplificación, produciendo tensiones en la carga, entre la placa y el cátodo, que es la salida de la válvula.

Se llama carga al "elemento" que recibe la señal, que puede ser la resistencia  $R_p$ , que alimenta la placa o el aparato sobre el que actúa la señal amplificada.

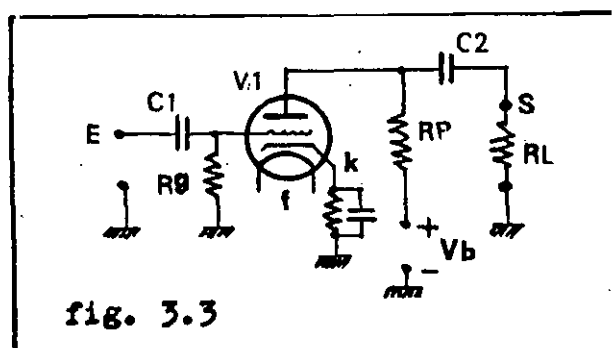
El triodo puede equipararse al diodo, para computar el flujo de electrones que sale del cátodo, por efecto de la fuerza de atracción de la acción conjunta de la rejilla y de la placa, así el comportamiento del triodo será el mismo que el de un diodo cuya tensión de placa, fuera  $\langle V_p + K \cdot V_g \rangle$ .

Esta expresión, pone de manifiesto, que en la corriente de placa, el efecto de la tensión de rejilla ( $V_g$ ) está multiplicado por el factor  $K$ ; es decir, una variación de un voltio en la tensión de rejilla equivale a una variación de  $K$  voltios en la tensión de la placa, efecto importante, ya que en los triodos el factor de amplificación ( $K$ ) tiene valores entre 4 y 120.

Este valor de  $K$  es específico para cada tipo de válvula y se le conoce como «FACTOR DE AMPLIFICACION», que generalmente se designa con la letra griega  $\mu$ .

Cuando la rejilla toma el valor negativo de la tensión de corte, la expresión  $V_p + \mu \cdot V_g$  se hace cero y la corriente entre cátodo y placa, como ya se ha dicho, será cero.

La fig. 3.3 es el esquema de una etapa amplificadora con un triodo ( $V_1$ ), la señal de entrada se aplica entre rejilla y cátodo con el condensador  $C_1$  y la resistencia  $R_g$ . Las variaciones de la corriente de placa, reproducen sobre la resistencia de alimentación de placa ( $R_p$ ), la señal de entrada, con una amplitud « $G$ » veces mayor (ganancia de tensión) y se acoplan a la carga  $R_L$ , mediante el condensador  $C_2$ .



La ganancia de tensión ( $G$ ) de una etapa amplificadora acoplada a resistencias, es función del factor de amplificación de la válvula  $\mu$  y del valor de la resistencia combinada  $R_c$ ; formada por  $R_p$  en paralelo con la «CARGA»  $R_L$  que se conecta a la salida del amplificador, el cálculo es como sigue:

$$R_c = (R_p \cdot R_L) / (R_p + R_L) \quad (\text{valor ohmico de } R_c)$$

$$G = \mu \cdot R_c / (R_c + R_L) \quad (\text{ganancia de la etapa})$$

De esta fórmula se desprende que  $G$  siempre es menor que  $\mu$ .

Este tipo de etapa "acoplada a resistencia" es muy utilizada cuando se precisan más de una etapa para conseguir la amplificación de tensión deseada. Generalmente, en estos casos, se reduce el valor de la resistencia de alimentación de placa  $R_p$  e incluso, se utilizan válvulas de menor  $\mu$ , para hacer coincidir la ganancia requerida y la conseguida, que es el producto de las ganancias parciales en cada etapa.

$$G_t = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \quad (\text{Ganancia con tres etapas en cascada})$$

Cuando el valor de la carga  $R_L$  es bajo y además se precisa cierta potencia, la salida de la última etapa se acopla a la carga mediante un transformador, que además "ajusta" los valores de  $R_p$  y  $R_L$ , «ADAPTACION DE IMPEDANCIAS». Esta adaptación consiste, en que el primario del transformador presente a la salida de la válvula el valor  $R_c$  que requiere; es decir, conseguir que  $R_L$  se refleje en el primario del transformador, con el valor  $R_c$  calculado para la ganancia prevista (v. Apéndice 8).

Para adaptar las impedancias hay que calcular el valor de la relación de transformación  $r$  aplicando la fórmula,

$$r = N_1 / N_2 = (R_c / R_L)^{1/2} \quad (\text{relación de transf.})$$

(  $N_1$ , número de espiras del devanado primario

(  $N_2$ , número de espiras del devanado secundario

Como la resistencia ohmica de los devanados del transformador (constituidos por hilo de cobre) es baja la caída de tensión que produce en la alimentación de la placa es baja y permite usar válvulas con elevadas corrientes, para obtener potencias de salida altas, en amplificadores de potencia (v. fig. 3.4).

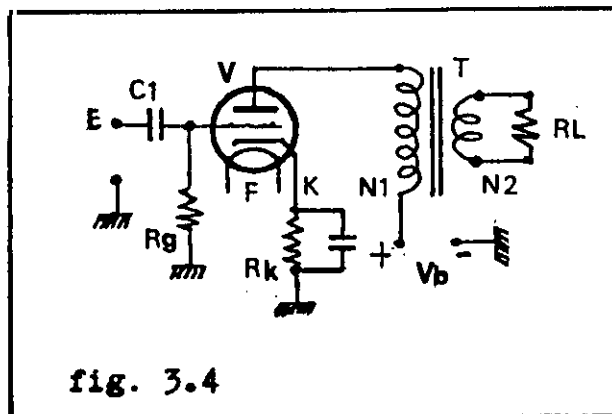


fig. 3.4

### 3.1.2 Características de los triodos

Como en los triodos, la corriente de placa, depende de las tensiones de rejilla y de placa, pueden manejarse dos tipos de características, p. e. pueden representar la corriente de placa ( $I_p$ ), en función de la tensión de placa ( $V_p$ ) para distintos valores fijos de la tensión de rejilla ( $V_g$ ) o también, dar la corriente de placa ( $I_p$ ), en función de la tensión de rejilla para diferentes valores fijos de la tensión de placa ( $V_p$ ).

Los fabricantes de válvulas, en Europa y America, editaban manuales para uso de los técnicos, con las características detalladas y completas de los tipos de válvulas que lanzaban al mercado mundial. La fig. 3.5 es una familia de curvas del triodo americano, de mediano  $\mu$  tipo 6J5, tomada del Manual RCA de 1.950, utiliza varios valores fijos de tensión de rejilla. Estas curvas son fáciles de obtener en el Laboratorio o Taller y con ellas se pueden obtener los parámetros  $R, S$  y  $\mu$  (v. párr. 3.1.3) y situar las condiciones de trabajo de la válvula.

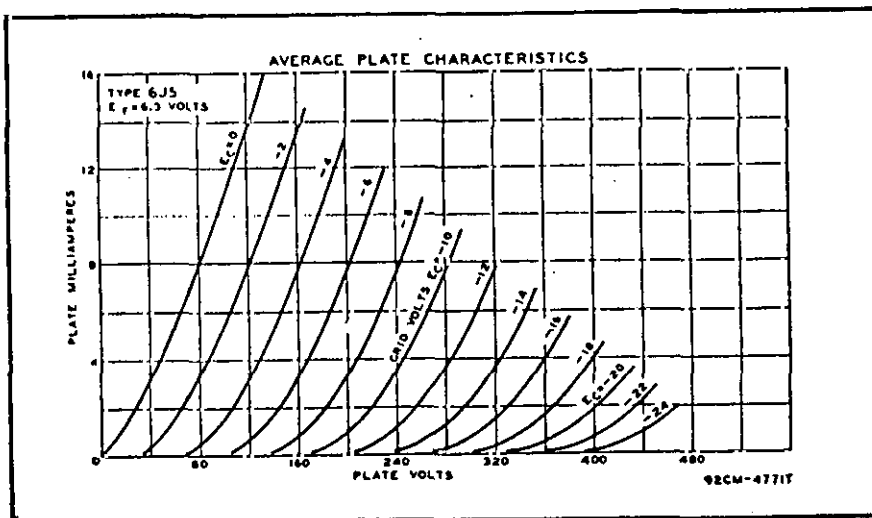


fig. 3.1.3

(Manual de válvulas de recepción RCA, 1950 : 147)

Asimismo los manuales detallan otras características estáticas importantes, como son la tensión y corriente del filamento, las tensiones y corrientes máximas y típicas de funcionamiento de placa, la potencia máxima de disipación de la placa y las capacidades interelectródicas, que son muy importantes en relación con la frecuencia máxima de funcionamiento de la válvula.

### 3.1.3 Parámetros del triodo

De las familias de curvas del triodo se obtienen tres parámetros que definen las características de la válvula, son:

Resistencia interna  
(Manteniendo  $V_g$  constante)

$$R = \sigma V_p / \sigma I_p$$

Conductancia mutua o pendiente  
(Manteniendo  $V_p$  constante)

$$S = \sigma I_p / \sigma V_g$$

Coefficiente de amplificación  $\mu = \delta V_p / \delta V_g$   
(Manteniendo  $I_p$  constante)

Se deduce de estas ecuaciones, que del producto de la pendiente por la resistencia interna se obtiene el factor de amplificación así,  $\mu = R \cdot S$

La resistencia interna  $R$  viene expresada en ohmios, la pendiente  $S$  en amperios por voltio, aunque se usan mA/v y el factor de amplificación  $\mu$  es un número.

Los tres parámetros anteriores, sirven para realizar los cálculos necesarios para las diferentes aplicaciones, en que puedan utilizarse los triodos, permitiendo la elección del tipo de triodo más idóneo y fijar sus condiciones de funcionamiento.

Los fabricantes de válvulas pueden ajustar el valor de los parámetros, al realizar el diseño físico del prototipo de la válvula que pretenden fabricar, ya que sus valores, dependen, de la posición y la forma de los tres electrodos.

Para posiciones iguales de los tres electrodos, una rejilla muy tupida influirá en mayor medida en el paso de los electrones y se traducirá en un aumento del coeficiente de amplificación ( $\mu$ ) y una resistencia interna ( $R$ ) más elevada, en cambio el otro parámetro la pendiente ( $S$ ), en este caso, puede permanecer invariable debido a que en la ecuación  $S = \mu / R$  aumenta el numerador y también el denominador.

Reduciendo la distancia entre la rejilla y el cátodo y al mismo tiempo haciendo la rejilla más tupida, la acción de la rejilla será mayor, por lo que aumentará el coeficiente de amplificación ( $\mu$ ); pero debido a que la rejilla está muy próxima del cátodo, su efecto, en cuanto a elevar la resistencia interna ( $R$ ) será menor. Entonces, aumentará el factor de amplificación ( $\mu$ ) y permanecerá invariable la resistencia interna ( $R$ ), lo que hace que la pendiente ( $S$ ) aumente, ya que  $\mu = R \cdot S$ .

Si la acción siguiente fuera aproximar la placa a la rejilla, aumentaría la influencia de la placa, cuyo efecto es la reducción del factor de amplificación ( $\mu$ ) y además se reduciría la resistencia interna ( $R$ ); en cambio, no variará, la pendiente ( $S$ ) como puede deducirse de la ecuación  $\mu = R \cdot S$ .

Aumentar las dimensiones del cátodo, produce una elevación de la emisión electrónica y al ser mayor la corriente de placa, se obtienen valores superiores de pendiente ( $S$ ).

### 3.1.4 Aplicaciones

Al triodo se le encontraron con rapidez, muchas aplicaciones, en diversos campos dentro de la industria, cine sonoro, telecomunicaciones, radiodifusión, telegrafía, electromedicina, informática, etc.

Se fabricaron en el mundo, principalmente en América y Eu-

ropa, millones de triodos de recepción, con factores de amplificación ( $\mu$ ) entre 4 y 120 y corrientes de placa de pocos miliamperios para amplificadores de tensión y de cientos de miliamperios para amplificadores de mediana potencia.

Los amplificadores formados con triodos, pueden ser de características muy variadas y además, pueden diseñarse, para condiciones de trabajo muy diferentes y funciones distintas.

Un amplificador puede utilizarse para elevar la tensión, de la señal de salida: de un micrófono, de un lector magnético o fotoeléctrico, de una sonda térmica o de presión, de una célula de selenio, etc. inutilizables sin una previa amplificación, ya que la señal muy débil tiene que amplificarse al nivel adecuado, para actuar sobre algún determinado aparato, ya sea un altavoz, un medidor o un dispositivo electromagnético, de mando o control de una máquina o instalación de alumbrado o un indicador de luminosidad. A este tipo de amplificadores, que tienen la misión de elevar la tensión se les llama «AMPLIFICADORES DE TENSION».

La señal que se obtiene a la salida del amplificador de tensión, tiene una potencia sobre la resistencia  $R_c$ , que representa la «CARGA» sobre la que actúa, que se calcula con la fórmula:

$$W = R_c \cdot I^2,$$

( W, vatios sobre la carga  
(  $R_c$ , valor ohmico de la carga  
( I, corriente en  $R_c$  (carga)

vatios = ohmios de carga x corriente eficaz en amperios elevada al cuadrado

Cuando la potencia que da el amplificador de tensión es inferior a la requerida sobre la carga, es necesario elevar la potencia, función que es realizada por un «AMPLIFICADOR DE POTENCIA» que es "continuación" del amplificador de tensión.

Resumiendo, un amplificador de tensión, como se desprende de su propio nombre, eleva la tensión, sin causar una importante amplificación de la intensidad de corriente; es decir, tiene una salida de potencia limitada.

Un amplificador de potencia, puede tener una baja amplificación de la tensión y en cambio, una alta corriente de placa, que que se traduce en una importante ganancia de potencia.

Es muy importante, que la salida del amplificador de potencia esté adaptada al valor de la «carga» (ohmios), suministrando la tensión especificada, para que la corriente tome el valor requerido para el funcionamiento correcto de todo el sistema.

En los amplificadores de tensión, se utilizan válvulas con baja corriente de placa (p.e. 1 mA) y altos valores de pendiente y factor de amplificación. Si la amplificación requerida no puede obtenerse con una sola válvula, se utilizan dos o tres, una seguida de otra, acopladas a resistencia, en «EN CASCADA» utilizando válvulas de factor de amplificación más bajo; pues la amplificación total, es el producto de las obtenidas en cada paso.

En los amplificadores de mediana potencia, se utilizaron válvulas con corrientes de placa más altas, de acuerdo con la potencia de salida. Se tuvo una amplia gama de tipos, llamadas de «RECEPCION» para salidas alrededor de 5 a 15 vatios y también se utilizaban montajes con dos válvulas en circuitos simétricos, que además, empleaban condiciones de trabajo especiales que conseguían elevar el rendimiento, es decir, gastar menos potencia de alimentación para obtener mayor potencia de salida.

El triodo, utilizando su propiedad amplificadora, también se utiliza en otras funciones, tales como «OSCILADOR», para generar una señal senoidal, cuya frecuencia se controla mediante un circuito oscilante LC, formado por una inductancia y un condensador conectados en paralelo.

Sir William Thomson (1.824-1.907) después Lord Kelvin of Largs, físico irlandés, estudió y expuso en 1.853, la teoría relativa a los circuitos oscilantes, incluyendo fórmulas para los cálculos y las condiciones, para que se establezcan las oscilaciones en un circuito LC.

La frecuencia de oscilación amortiguada ( de amplitud decreciente hasta desaparecer ), viene dada, por la fórmula anunciada por Thomson siguiente:

$$f = 1 / ( 2 \times \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} )$$

(f frecuencia en hertzios  
(C Capacidad en faradios  
(L Inductancia en Herrios

Al asociar, el circuito oscilante y la válvula, se diseña el esquema, para realimentar una pequeña energía del circuito de placa al circuito de rejilla, acción que mantiene las oscilaciones controladas por el circuito LC, ya que repone las pérdidas que se producen en el intercambio de la energías que se van almacenando periódicamente en la inductancia y en el condensador, al generarse las oscilaciones, con la frecuencia dada por la fórmula de Thomson.

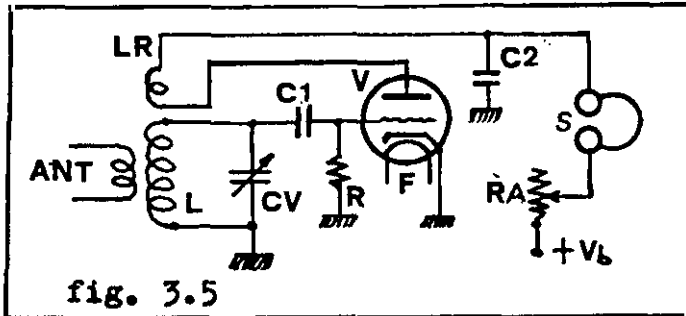
En 1.917, tanto en Francia como en Alemania, se patentaron esquemas de receptores de radio muy simples, utilizando un solo triodo en funciones de amplificador de radio frecuencia y detector con recepción en cascos telefónicos y con baterías.

Un gran paso fue el tipo de receptor regenerativo, en este caso, también un solo triodo, como amplificador y detector, trabaja en un punto próximo a la oscilación, controlando la realimentación de placa a rejilla, variando la tensión de placa o la posición de la bobina de realimentación entre placa y rejilla.

La realimentación controlada, aumenta extraordinariamente la amplificación de radiofrecuencia, dotando al receptor de gran sensibilidad en la recepción de señales muy débiles, que era una característica importante para los receptores de comunicaciones, tanto para servicios de radiotelegrafía como de radiofonía.

Un esquema típico de receptor regenerativo, con un solo triodo, se muestra en la fig. 3.5, entre la rejilla y el cátodo

se encuentra el circuito oscilante L C, para seleccionar la frecuencia de recepción y acoplada a la bobina L la bobina de reacción LR. En la alimentación de placa, se intercalan los cascos telefónicos y además, una resistencia variable para controlar la reacción al punto próximo a la oscilación, que da la máxima sensibilidad de recepción.



Otra aplicación muy importante que se utilizó en los primeros ordenadores, fue utilizar los dos estados de trabajo, del triodo, de «CONDUCCION» ( $I_p > 0$ ) y de «CORTE» ( $I_p = 0$ ), según la tensión de rejilla, en el álgebra de Boole, correspondiendo a una variable que es susceptible de ser verdadera o falsa en función de los valores atribuidos a estas variables. Se utilizaron en estas funciones, miles de triodos (v. Apéndice 7).

### 3.1.5 Triodos de potencia

Para utilizar en emisoras de radiodifusión, en comunicaciones en electromedicina y en usos industriales, los fabricantes de válvulas lanzaron al mercado mundial, válvulas triodo de gran potencia, con cátodos diseñadas para corrientes de placa de decenas de amperios y tensiones de alimentación de placa de varios kilovoltios. Algunas de estas válvulas de gran potencia, se refrigeraban con agua, circulando por un "encamisado" que llevaban a tal fin y otras de menor potencia se refrigeraban con aire lanzado por sopladores especiales. La gran producción de calor, era debido al impacto de los electrones sobre la placa, construida generalmente de tántalo para las válvulas de mediana potencia y de grafito para las válvulas de gran potencia.

Estas válvulas se han utilizado, en «RADIODIFUSION» y en «RADIOCOMUNICACION», en el «AMPLIFICADOR DE POTENCIA R.F.» y en el «AMPLIFICADOR MODULADOR», alta y baja frecuencia respectivamente y en aplicaciones especiales como «OSCILADOR R.F.».

### 3.1.6 Triodos comerciales

Los fabricantes de válvulas, principalmente, europeos y americanos han fabricado centenares de tipos diferentes de triodos, con su correspondiente codificación, de variadas características, para cubrir todas las necesidades técnicas del mercado mundial.

Los diferentes tipos, según sus características, se distribu-

yen en los grupos, ya citados, recepción, transmisión, industrial y militar.

En el año 1.915 en Francia se creó una importante industria para fabricar válvulas electrónicas, principalmente para usos militares, que llegó en 1.916 a fabricar más de 100.000 unidades y en 1.918 superó las 300.000.

En Estados Unidos de America, se crearon importantísimas industrias fabricantes de válvulas, que compitieron en el dominio del mercado mundial, creando tipos que fueron fabricados con distinta codificación por otras firmas, fuera de U.S.A. mediante el pago de licencias.

En las figs. 3.5 y 3.6.1-2 se muestran las características de las válvulas tipos 55 y 85 dobles diodos triodos, tomadas del Manual RCA de 1.950. Se utilizaron en millones de radioreceptores tipo gran público, en todo el mercado mundial.

La familia de curvas y los circuitos (esquemas) mostrados en las dos figuras anteriormente citadas, son aplicables indistintamente para ambas válvulas. Los esquemas indican la forma de conexión y los componentes necesarios, para la función de detector de radiofrecuencia, preamplificador (primer amplificador) de baja frecuencia y control de ganancia o control automático de sensibilidad (CAS). Según la amplitud de la portadora recibida, el CAS suministra una tensión negativa, que controla la ganancia de los pasos anteriores, amplificadores de radiofrecuencia.

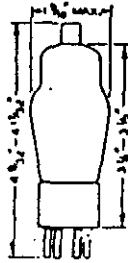
En las figs. 3.7.1-2 se pueden ver, las características de la válvula doble triodo, de mediano  $\mu$  europea, tipo ECC82, muy utilizada en amplificadores de baja frecuencia, tipo gran público.

En la fig. 3.7.1 se facilita el esquema, los valores de los componentes, para siete valores de tensión de alimentación (entre 100 y 400 voltios) de placa ( $V_b$ ) y además para cada caso, los valores de la corriente placa ( $I_a$ ), la tensión de salida ( $V_o$ ) máxima para la distorsión  $dtot(\%)$  y la ganancia de tensión que se obtiene  $V_o/v_i$  (G). Todo es válido para cada uno de los triodos, que si es necesario, pueden conectarse en cascada.

Las características mostradas en las figs. 3.8.1-4 corresponden a un triodo de potencia refrigerado con agua perteneciente al grupo de transmisión, que se fabricó en Europa y se utilizó en emisoras para los servicios de radiodifusión, radiotelefonía y radiotelegrafía.

Son destacables, la potencia disipada en calor en el filamento de tungsteno, 902 W (22Vx41A), la corriente máxima de emisión 6 A, la tensión máxima de placa 6 KV y la potencia de salida como osciladora de 3,4 KW.

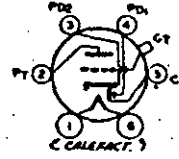
Para dar una idea más amplia, de la diversidad de diseños de triodos, que se hicieron para cubrir las distintas aplicaciones en el mercado mundial, se insiste en la fig. 3.9, que representa el triodo RCA 6161, para frecuencias ultra elevadas.



## RCA-55

### DOBLE DIODO TRIODO

La 55 es un tipo de válvula con calefactor para c. c. constituida por dos diodos y un triodo contenidos en una misma ampolla. Se recomienda para las funciones de detector combinado con amplificador y válvula de control automático de sensibilidad.



#### CARACTERÍSTICAS

TENSIÓN DE CALEFACTOR (c. a. o c. c.).....	2,5 volts
CORRIENTE DE CALEFACTOR.....	1,0 ampere
AMPOLLA.....	ST-12
CAPACETE.....	Metal, pequeño
BASE.....	6 patitas, pequeña

El resto de las características de este tipo son las mismas de la 85.

#### Unidades diodo

Las dos placas correspondientes a las unidades diodos se hallan dispuestas alrededor de un cátodo cuyo «manguito» es común a la unidad triodo. Cada placa diodo posee patita independiente sobre la base. Las curvas de funcionamiento de las unidades diodo se encontrarán bajo el tipo 6B7.

#### INSTALACIÓN Y APLICACIÓN

Las patitas de la base de la 55 enchufan en el zócalo común de seis contactos, el cual puede instalarse para mantener la válvula en cualquier posición. Para el funcionamiento del calefactor y la conexión del cátodo, consúltese lo expuesto para la instalación del tipo 2A5. Por lo general, se hace necesario el completo blindaje de los circuitos detectores en que se emplee la 55, para evitar acoplamientos en los circuitos de r. f. o f. i. entre los circuitos correspondientes al diodo y los de otras etapas.

Para aplicación, véase lo expuesto para el tipo 85, así como las tablas de amplificadores con acoplamiento a resistencias. Bajo el tipo 85 se encontrarán circuitos en que puede emplearse la 55.

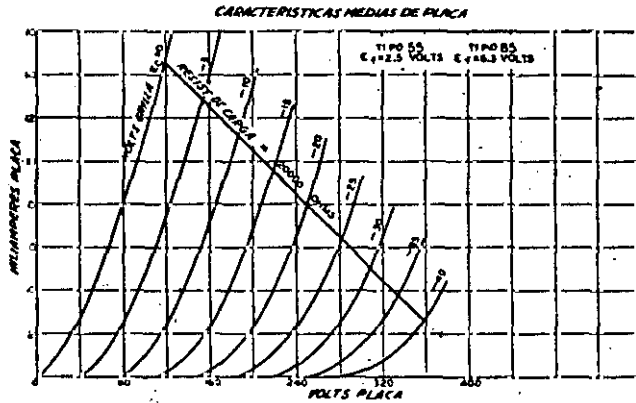
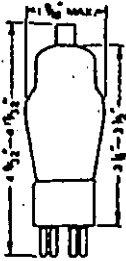


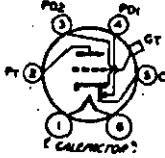
fig. 3.5

(Manual de válvulas de recepción RCA, 1945 : 197)



## RCA - 85

### DOBLE DIODO TRIODO



La 85 es una válvula del tipo con cátodo-calefactor, constituida por dos diodos y un triodo en una misma ampolla. Está prevista para el uso como detector combinado con amplificador y válvula de control automático de sensibilidad en radiorreceptores proyectados para sus características. Los dos diodos y el triodo son independientes entre sí, excepto en el cátodo común, el cual posee una superficie emisora para los diodos y otra para el triodo. Estas unidades independientes encerradas en una misma ampolla permiten llegar a realizaciones poco comunes en el proyecto de circuitos. Por ejemplo, los diodos de esta válvula pueden llenar las funciones de detección y control automático de sensibilidad; mientras, que al mismo tiempo, el triodo puede ser utilizado como amplificador bajo condiciones óptimas. Las consideraciones generales sobre detectores con válvulas diodo se encontrarán en la página 30.

#### CARACTERÍSTICAS

TENSIÓN DE CALEFACTOR (c. a. o c. c.).....	6,3	volts
CORRIENTE DE CALEFACTOR.....	0,3	ampere
CAPACIDAD GRILLA A PLACA.....	1,5	$\mu\mu\text{F}$
CAPACIDAD GRILLA A CATODO.....	1,5	$\mu\mu\text{F}$
CAPACIDAD PLACA A CATODO.....	4,3	$\mu\mu\text{F}$
AMPOLLA.....	ST-12	
CAPACETE.....	Metal, pequeño	
BASE.....	6 patitas, pequeña	

#### Unidad triodo — Como amplificador clase A

TENSIÓN DE PLACA.....	135	180	250 máx.	volts
TENSIÓN DE GRILLA.....	-10,5	-13,5	-20	volts
COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN.....	8,3	8,3	8,3	
RESISTENCIA DE PLACA.....	11000	8500	7500	ohms
TRANSCONDUCTANCIA.....	750	975	1100	micromhos
CORRIENTE DE PLACA.....	3,7	6,0	8,0	miliamperes
RESISTENCIA DE CARGA.....	25000	20000	20000	ohms
POTENCIA DE SALIDA.....	0,075	0,16	0,35	watt

#### Unidades diodo

Las dos placas de las secciones diodo se encuentran ubicadas alrededor de un cátodo, común a la unidad triodo. Las dos placas de las unidades diodo, se hallan dispuestas alrededor de un cátodo cuyo «manguito» es común a la unidad triodo. Cada placa de los diodos posee su propia patita sobre la base. Las curvas de funcionamiento de las unidades diodo se encontrarán bajo el tipo 6B7.

#### INSTALACIÓN

Las patitas de la base enchufan en el zócalo común de seis contactos, el cual puede instalarse para mantener la válvula en cualquier posición.

Para el funcionamiento del calefactor y la conexión del cátodo, véase lo dicho al respecto en la instalación de la 6A8. Por lo general, se hace necesario el completo blindaje de los circuitos detectores en donde se haga uso de válvulas 85, para evitar acoplamientos de r. f. o f. i. entre los circuitos del diodo y los correspondientes a otras etapas.

#### APLICACIÓN

La 85 se recomienda para llenar las funciones simultáneas de control automático de sensibilidad, detección y amplificación.

En detección, los diodos pueden emplearse en un circuito de onda completa o de media onda. En este último caso pueden utilizarse una sola placa o las dos placas conectadas en paralelo. El empleo de una disposición de media onda proporciona, aproximadamente, el doble de tensión rectificadora, comparada con la que puede lograrse con el sistema de onda completa.

Fig. 3.6.1

(Manual de válvulas de recepción RCA, 1945 : 199)

## VALVULAS DE RECEPCION RCA

Para el control automático de sensibilidad, generalmente, se utiliza una tensión rectificada que depende de la portadora de r. f. o f. i. Esta tensión se utiliza para regular la ganancia de las etapas de r. f. y/o del amplificador de frecuencia intermedia, a fin de mantener esencialmente constante la ganancia del amplificador por medio de la tensión rectificada, puede conseguirse por diversos métodos, que se diferencian en la forma de aplicar la tensión a los distintos electrodos de las válvulas amplificadoras. Como es bien sabido, la tensión citada, puede aplicarse a las grillas de control de las válvulas amplificadoras. Además, existen métodos menos utilizados, en los cuales, de acuerdo a los requisitos del constructor, la tensión de control es aplicada a otros electrodos. Por ejemplo, en un pentodo de r. f. puede aplicarse a la supresora, a la placa y a la pantalla o a ambas.

La compleja estructura de la 85 permite obtener la tensión de control automático de sensibilidad de distintas maneras. En algunos casos, la tensión requerida se obtiene del circuito detector, haciendo uso de la caída de tensión causada por la corriente rectificada que circula a través de una resistencia en el circuito detector. En otros casos, la tensión necesaria se logra haciendo uso de un diodo actuando exclusivamente como válvula de control automático de sensibilidad. Este último método resulta de particular interés, puesto que confina la sensibilidad y retardo al circuito de c. a. s. La acción de retardo, está, desde luego determinada por el uso de la combinación de resistencia y condensador que proporcione la constante de tiempo deseada. En la página 33 se encontrará información adicional sobre circuitos de control automático de sensibilidad.

En amplificación el triodo puede utilizarse en circuitos convencionales. Las condiciones típicas de funcionamiento con los valores respectivos se encontrarán en la sección «Amplificadores de audiofrecuencia con acoplamiento a resistencias». La polarización de grilla para el triodo, depende del diseño del circuito, pudiendo obtenerse de una derivación fija sobre la fuente de alimentación o haciendo uso de la caída de tensión variable causada por la corriente rectificada al circular a través de una resistencia en el circuito detector. En los circuitos que aparecen seguidamente a estas líneas, se observará que tal disposición recibe la denominación de «Amplificador con polarización por diodo». La polarización por diodo de la unidad triodo puede utilizarse solamente cuando se haga uso de una resistencia de por lo menos 20000 ohms en el circuito de placa del triodo.

Bajo el tipo 55 se encontrará una familia de curvas de placa.

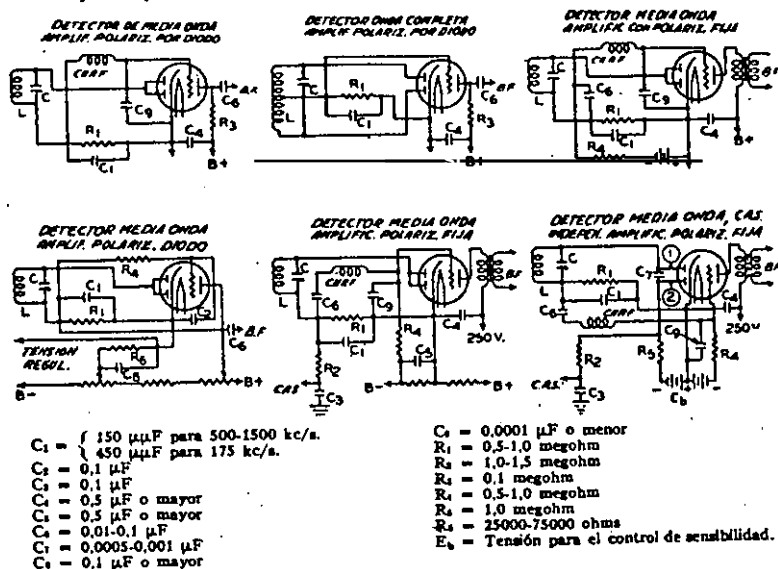


Fig. 3.6.2

(Manual de válvulas de recepción RCA, 1945 : 200)

# PHILIPS

ECC 82

DOUBLE TRIODE for use as A.F. amplifier  
 DOUBLE TRIODE pour utilisation comme amplificatrice H.F.  
 DOPPELTRIODE zur Verwendung als HF-Verstärker

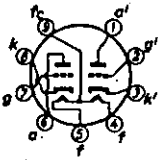
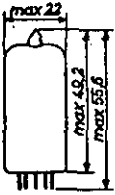
Heating: indirect by A.C. or D.C.; series or parallel supply  
 Chauffage: indirect par C.A. ou C.C.; alimentation parallèle ou série  
 Heizung: indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Serien- oder Parallelspeisung

$V_r = 6,3 \text{ V}$	$V_r = 12,6 \text{ V}$
$I_r = 300 \text{ mA}$	$I_r = 150 \text{ mA}$

Pins  
Broches 9-(4+5)  
Stifte

Pins  
Broches 4-5  
Stifte

Dimensions in mm  
Dimensions en mm  
Abmessungen in mm

Base, culot, Sockel: NOVAL

Capacitances  
Capacités  
Kapazitäten

$C_g = 1,8 \text{ pF}$	$C_{aa'} < 1,1 \text{ pF}$	$C_g' = 1,8 \text{ pF}$
$C_a = 0,37 \text{ pF}$	$C_{a'g} < 0,06 \text{ pF}$	$C_a' = 0,25 \text{ pF}$
$C_{ag} = 1,5 \text{ pF}$	$C_{ag'} < 0,11 \text{ pF}$	$C_{a'g'} = 1,5 \text{ pF}$
$C_{gf} < 0,135 \text{ pF}$	$C_{gg'} < 0,010 \text{ pF}$	$C_{g'f} = 0,135 \text{ pF}$

Remark: With  $V_r$  applied to pins 4+5 and 9 and the centre tap of the heater transformer connected to earth, the more favourable triode section of the tube with regard to hum is the section connected to pins 6, 7 and 8  
 Observation: Quand  $V_r$  est appliquée aux broches 4+5 et 9 et la prise médiane du transformateur de chauffage est mise à la terre, la triode la plus favorable quant au ronflement est la triode reliée aux broches 6, 7 et 8  
 Bemerkung: Wenn  $V_r$  an die Stifte 4+5 und 9 angelegt ist und die Mittelanzapfung des Heiztransformators geerdet ist, so ist die Triode die mit den Stiften 6, 7 und 8 verbunden ist in Bezug auf Brumm am günstigsten

6.6.1959
938 3717
1.

fig. 3.7.1

(Manual de válvulas de recepción Philips, 1959 : 1)

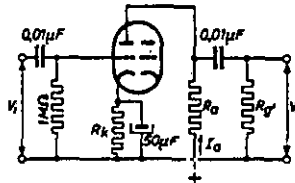
**ECC 82****PHILIPS**

Typical characteristics  
Caractéristiques types  
Kenndaten

$V_a$	= 100	250 V
$V_g$	= 0	-8,5 V
$I_a$	= 11,8	10,5 mA
$S$	= 3,1	2,2 mA/V
$\mu$	= 19,5	17
$R_1$	= 6,25	7,7 k $\Omega$

Operating characteristics as A.F. amplifier  
Caractéristiques d'utilisation comme amplificateur B.F.  
Betriebsdaten als NF-Verstärker

A. One section; une section; ein System



a)  $R_a = 0,047 \text{ M}\Omega$ ;  $R_g' = 0,15 \text{ M}\Omega$ ;  $R_k = 1,2 \text{ k}\Omega$

$V_b$ (V)	100	150	200	250	300	350	400
$I_a$ (mA)	1,20	1,82	2,41	3,02	3,65	4,30	5,00
$V_o$ ( $V_{eff}$ ) <sup>1)</sup>	11	18	26	34	43	51	59
$V_o/V_i$	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
$d_{tot}$ (%) <sup>2)</sup>	5,6	6,1	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7

b)  $R_a = 0,1 \text{ M}\Omega$ ;  $R_g' = 0,33 \text{ M}\Omega$ ;  $R_k = 2,2 \text{ k}\Omega$

$V_b$ (V)	100	150	200	250	300	350	400
$I_a$ (mA)	0,66	0,98	1,30	1,63	1,97	2,30	2,62
$V_o$ ( $V_{eff}$ ) <sup>1)</sup>	10	17	25	32	41	49	57
$V_o/V_i$	14	14	14	14	14	14	14
$d_{tot}$ (%) <sup>2)</sup>	4,8	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2

c)  $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$ ;  $R_g' = 0,68 \text{ M}\Omega$ ;  $R_k = 3,9 \text{ k}\Omega$

$V_b$ (V)	100	150	200	250	300	350	400
$I_a$ (mA)	0,33	0,50	0,66	0,82	0,98	1,16	1,31
$V_o$ ( $V_{eff}$ ) <sup>1)</sup>	8	15	22	28	36	43	50
$V_o/V_i$	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
$d_{tot}$ (%) <sup>2)</sup>	4,0	4,4	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1

1) 2) See page 3; voir page 3; siehe Seite 3

938 3749

2.

fig. 3.7.2

(Manual de válvulas de recepción Philips, 1959 : 2)

Ref. : 3Q/150E



# Water Cooled Triode

Code : 4228A

**CATHODE.**

Tungsten filament		
Nominal voltage (Actual voltage marked on bulb)	22	V
Nominal current	41	A
Maximum usable emission	6	A

**RATING.**

Amplification factor	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Measured at} \\ V_a 5 \text{ kV}; I_a 0.75 \text{ A} \end{array} \right\}$	18	
Impedance		2,200	$\Omega$

**DIRECT INTER-ELECTRODE CAPACITANCE.**

Grid to anode	24	pF
Grid to filament	25	pF
Anode to filament	3.1	pF

**WATER FLOW.**

Water jacket type	235/LU2A	
Nominal water flow	5	g.p.m.

**DIMENSIONS.**

Maximum overall length	475	mm
Maximum bulb diameter	95	mm
Net weight	1.2	kg

**MAXIMUM RATINGS.**

Maximum direct anode voltage	6	kV
Maximum direct anode voltage for anode modulation	4	kV
Maximum direct anode current	1.5	A
Maximum anode dissipation	5	kW
Maximum grid dissipation	100	W
Maximum frequency for above ratings	3	Mc/s
Maximum direct anode voltage for frequency of 6 Mc/s	3	kV

May 1950

3Q/150E—1

fig. 8.8.1

(Standard valves, 1950 : 3Q/150E-1)

Ref. : 3Q/150E

# Water Cooled Triode



Code : 4228A

## TYPICAL OPERATING CONDITIONS. AUDIO FREQUENCY.

### Class B Power Amplifier.

(For balanced 2-valve circuit.)

Direct anode voltage	5	kV
Grid bias	-265	V
Direct anode current per valve— zero signal	0.15	A
Direct anode current per valve— maximum signal	0.6	A
Load resistance—anode to anode	8,400	$\Omega$
Power output 2 valves	3.75	kW

## RADIO FREQUENCY.

### Class B Telephony. Modulated carrier applied to grid.

(Carrier conditions per valve for use with 100% modulation.)

Direct anode voltage	5	kV
Grid bias	-325	V
Direct anode current	0.65	A
Carrier output	1.1 kW approx	

### Class C Power Amplifier. Anode subject to modulation.

(Carrier conditions per valve for use with 100% modulation.)

Direct anode voltage	4	kV
Grid bias	-500	V
Direct anode current	1.25	A
Carrier output	2.5	kW

### Class C Power Amplifier or Oscillator, unmodulated.

Direct anode voltage	6	kV
Grid bias	-750	V
Direct anode current	1.25	A
Power output	3.4 kW approx	

May 1950

3Q/150E-2

fig. 3.8.2

(Standard valves, 1950, 3Q/150E-2)



# Water Cooled Triode

Code : 4228A

Ref. : 3Q/150E

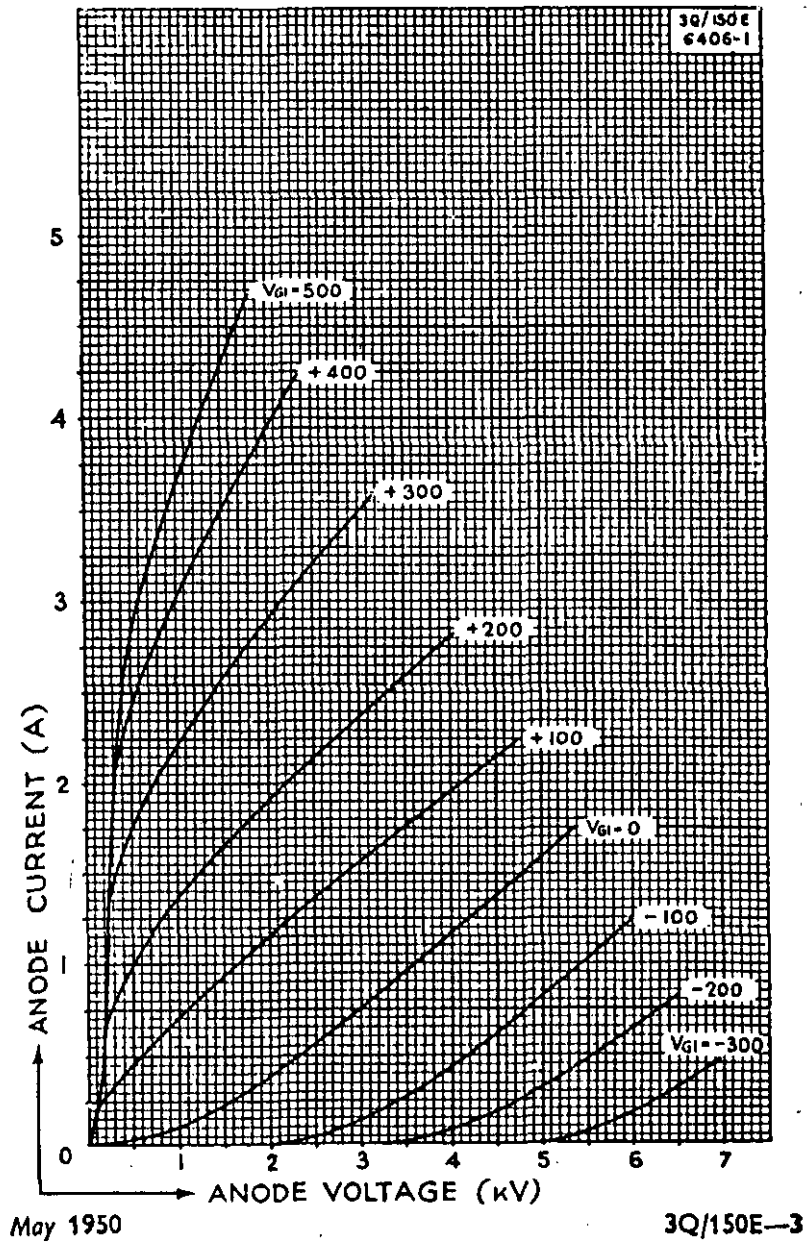


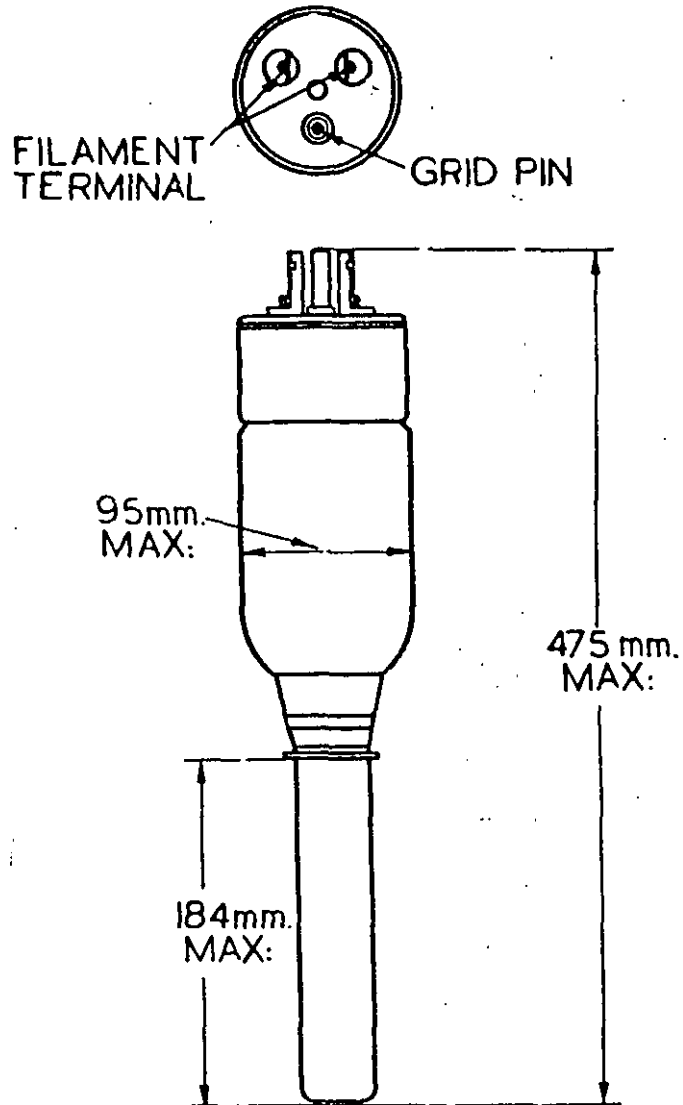
fig. 3.8.3

(Standard valves, 1950, 3Q/150E-3)

Ref. : 3Q/150E

# Water Cooled Triode

Code : 4228A

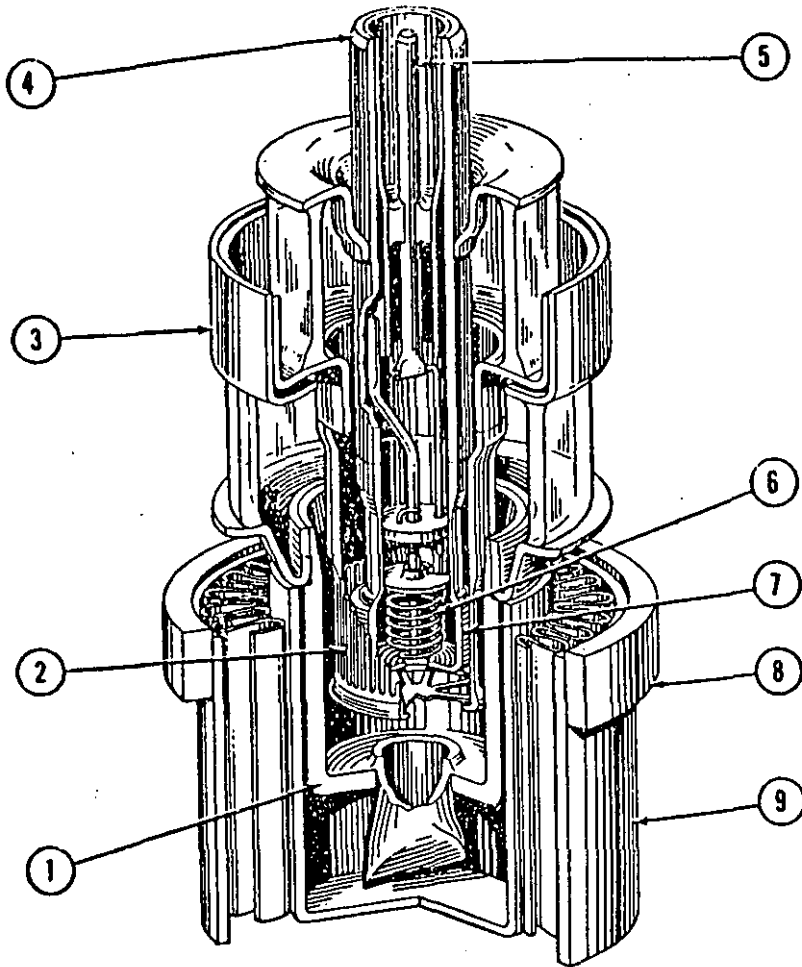


May 1950

3Q/150E-4

fig. 3.8.4

(Standard valves, 1950 : 3Q/150E-4 )



- |                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Placa                            | 5. Terminal del Calefactor   |
| 2. Reja (Grilla)                    | 6. Calefactor                |
| 3. Terminal de reja                 | 7. Cátodo                    |
| 4. Cátodo y Terminal del Calefactor | 8. Terminal de Placa         |
|                                     | 9. Radiador por Aire Forzado |

### **Estructura del Triodo de Potencia para FUE RCA - 6161**

fig. 3.9

(Manual de Válvulas de Trasmisión RCA, 1958 : 99)

- 4. CAPITULO 4
- 4.1 El tetrodo
  - 4.1.1 Porque el triodo tiene limitaciones
  - 4.1.2 Peculiaridades del tetrodo
  - 4.1.3 Emisión secundaria
  - 4.1.4 Tetrodos comerciales
- 4.2 Tetrodo de haz concentrado
  - 4.2.1 Aplicaciones
  - 4.2.2 Tetrodos de haces comerciales

## 4. CAPITULO 4

### 4.1 El tetrodo

El tetrodo, es una válvula o tubo termoiónico que tiene cuatro electrodos: filamento-cátodo, rejilla de control, rejilla pantalla y placa.

#### 4.1.1 Porque el triodo tiene limitaciones

La válvula triodo, propició la creación y el desarrollo de la electrónica, aportando la «AMPLIFICACION» que es la característica más importante, que le permite realizar distintas funciones, amplificadora, osciladora, detectora, limitadora, etc.

A pesar de que al diseñar un tipo determinado de válvula, que se cataloga con un código, se trata de potenciar las características que favorecen una determinada función, existe una limitación impuesta por las que son comunes a los triodos, que vienen predeterminadas por sus parámetros.

Los triodos en general, tienen parámetros (v. pag. 47) cuyos valores aproximados, varían según el tipo de válvula de:

Coefficiente de amplificación ( $\mu$ ).....	5 a 125
Resistencia interna o de placa (R)...	2 a 100 K $\Omega$
Conductancia mutua o pendiente (S)...	0,25 a 3,2 mA/v

Las capacidades interelectrónicas de los triodos son relativamente elevadas, en válvulas de recepción (mínimas) y de transmisión (máximas), tienen valores aproximados, que varían de:

Capacidad rejilla a placa .....	1,5 a 47 $\mu\mu\text{F}$
Capacidad rejilla a cátodo (o filam.)	1,2 a 25 $\mu\mu\text{F}$
Capacidad placa a cátodo (o filam.)	0,25 a 5 $\mu\mu\text{F}$

La ganancia que puede obtenerse en una etapa amplificadora, es menor, que el coeficiente de amplificación ( $\mu$ ) de la válvula (v. pag. 46.) y depende, de los valores de las resistencias de alimentación de la placa ( $R_p$ ) y de carga ( $R_c$ ). En las etapas formadas con triodos, no pueden obtenerse ganancias de tensión elevadas, debido a los valores bajos del factor de amplificación.

En los años treinta y cuarenta, se utilizaron para cine sonoro, amplificadores de sonido de 15 W que solo utilizaban triodos. El amplificador de potencia con dos válvulas tipo 2A3 en conexión simétrica, necesitaba cuatro etapas con triodos 27 o 56 en el amplificador de tensión, debido a su pequeña ganancia por cada etapa; pues la 27 tiene un  $\mu$  de 9 y la 56 de 14.

Otras limitaciones, son debidas a las altas capacidades interelectrónicas, que crean acoplamientos indeseados entre los electrodos, culpables de oscilaciones y de una reducción importante de la frecuencia máxima de trabajo de la válvula.

Una etapa amplificadora de radiofrecuencia formada con una válvula triodo, requiere un circuito especial de neutralización,

para cancelar la capacidad placa rejilla.

Un oscilador con una válvula triodo convencional, no funciona correctamente, en la banda de frecuencias muy elevadas, debido a las altas capacidades interelectrónicas. Estas capacidades parásitas elevan la relación C/L del circuito oscilante, a valores demasiado altos para un funcionamiento satisfactorio.

Existen algunos tipos de válvulas triodos especialmente diseñadas para frecuencias ultra elevadas (FUE), tales como las RCA, de recepción 955 y de transmisión 6161 (v. pag. 62); pero se trata de válvulas muy especiales.

Todas las dificultades, que surgían en las aplicaciones cada vez más extensas de los triodos, centraron el problema en los valores de sus parámetros.

Se palpaba la necesidad de nuevas válvulas, que tuvieran un coeficiente de amplificación ( $\mu$ ) mayor y unas capacidades interelectrónicas menores. Así se conseguiría, aumentar la ganancia en las etapas amplificadoras de tensión y además, un funcionamiento eficiente en frecuencia más elevadas.

#### 4.1.2 Peculiaridades del tetrodo

La válvula «TETRODO» apareció en el mercado mundial, alrededor del año 1.928.

Se debe al físico nacido en Zurich, Walter Schottky (1.886-1.9 ), profesor de la Universidad de Rosgoch, quién a partir del triodo, incorporó una segunda rejilla muy tupida, entre la rejilla de control y la placa.

La rejilla pantalla, situada entre la rejilla de control y la placa, está construida con alambre de níquel o molibdeno, enrollada con un paso pequeño en forma de hélice. Funciona a guisa de blindaje entre la placa y la rejilla de control.

El tetrodo tiene unas características mejores que el triodo en cuanto a que, tiene un coeficiente de amplificación ( $\mu$ ) mayor y unas capacidades interelectrónicas muy inferiores y cambia también la resistencia interna o de placa (R), que es más elevada.

En el tetrodo, la corriente de placa es función de las tensiones correspondientes a: 1) la rejilla de control, 2) segunda rejilla (también llamada pantalla) y 3) la placa.

La representación gráfica de las características de la válvula tetrodo, exige cuatro dimensiones; pero para utilizar diagramas de dos dimensiones, se mantiene fija una variable y la otra se utiliza como parámetro.

La representación más utilizada, da la corriente de placa en función de su tensión, para una tensión fija de la tensión de la rejilla pantalla y tomando la tensión de la rejilla de control como parámetro (v. figs. 4.1 y 4.2).

### 4.1.3 Emisión secundaria

Analizando la curva d de la fig. 4.1, que representa la corriente de placa ( $i_b$ ), se ve, que en un intervalo de la tensión de placa ( $e_b$ ), de valores inferiores a la tensión de la rejilla pantalla ( $e_{c2}$ ), se produce una caída (a-b) en la corriente de placa, que se restablece (b-c) y se mantiene casi constante, para valores de la tensión de placa superiores a la tensión de la rejilla pantalla.

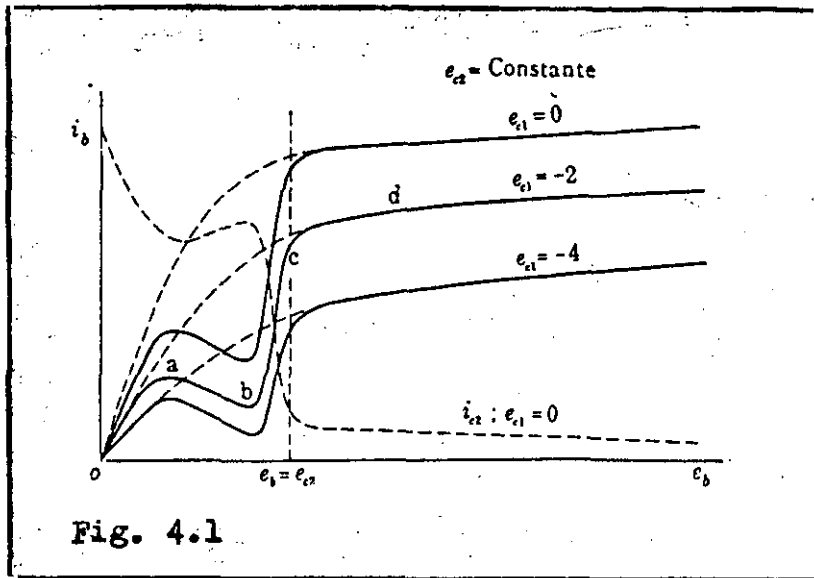


Fig. 4.1

Con valores de tensión de placa inferiores a la de la rejilla pantalla, ésta tiene una corriente ( $i_{c2}$ ) muy elevada; pero para valores superiores, es pequeña, como corresponde a la zona de funcionamiento normal del tetrodo.

El comportamiento de la corriente de placa es debido, a que cuando la tensión de la placa supera unos 10 voltios, los electrones que capta, ceden suficiente energía cinética para liberar electrones de su superficie, efecto que se llama «EMISION SECUNDARIA».

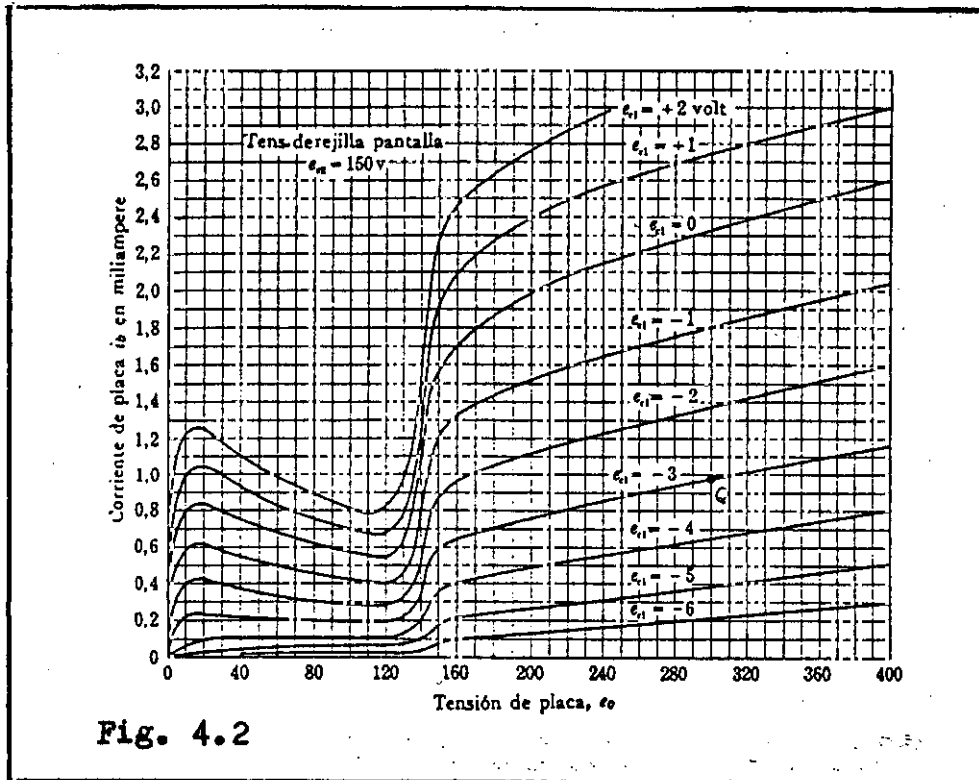
La «EMISION SECUNDARIA» produce una caída de la corriente de placa y un aumento de la corriente de la rejilla pantalla, al captar los electrones liberados de la superficie de la placa, por ser su tensión, superior a la de placa.

Cuando la tensión de placa es mayor que la de la rejilla pantalla, aunque la «EMISION SECUNDARIA» es mayor, la placa recupera los electrones liberados y la corriente de placa se restablece y aumenta ligeramente, al aumentar la tensión de placa.

Esta variación atípica de la corriente de placa es un defecto importante de los tetrodos, que reduce la potencia de salida, por estrechar la amplitud de las variaciones de tensión de la placa, que para un funcionamiento correcto, el valor instantáneo mínimo, no pueden ser inferior a la tensión de pantalla.

La fig. 4.2 muestra las características o familia de curvas

de una válvula tetrodo experimental, en cuyo gráfico, la corriente de placa y la tensión de rejilla, son la función y la variable independiente, la tensión de rejilla un parámetro y la tensión de rejilla pantalla un valor fijo, que se mantiene a 150 voltios.



#### 4.1.4 Tetrodos comerciales

Los tetrodos convencionales RCA tipos 32, 35, 36, 46, 48, 49 y otros, los tres primeros amplificadores de radiofrecuencia y los tres últimos amplificadores de potencia para baja frecuencia, todos tipo recepción, no se utilizaron durante mucho tiempo en los equipos. Se puede decir, que el tetrodo tipo recepción fue una válvula "tropezada" en el camino, para llegar al pentodo.

Para comparar con los triodos, se ha tomado como ejemplo el tetrodo RCA 36, amplificador de radiofrecuencia en receptores.

Coeficiente de amplificación ( $\mu$ )	.....	595
Conductancia mutua o pendiente (S)	.....	1.08 mA/v
Resistencia interna o de placa	.....	550 K $\Omega$

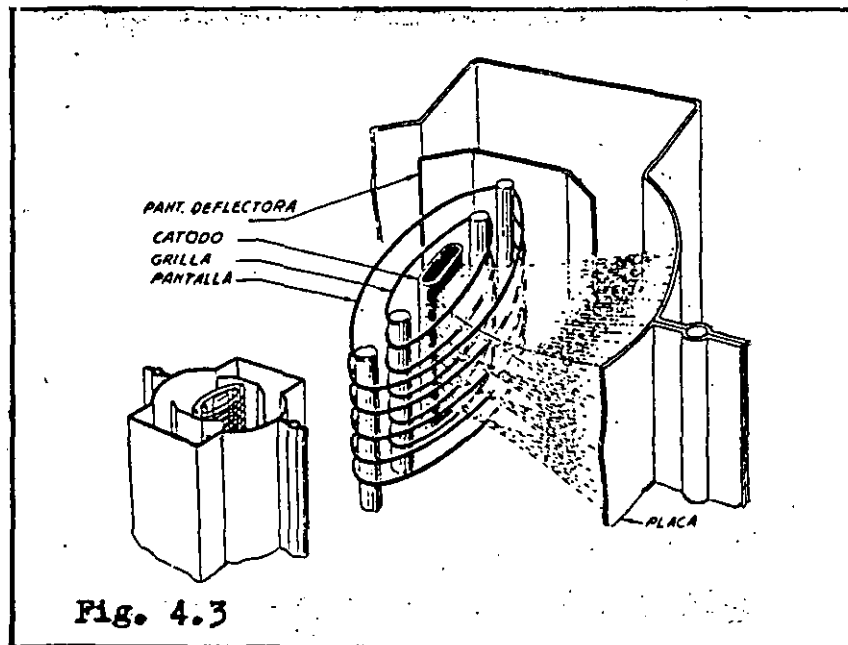
La capacidad entre la placa y la rejilla, es muy pequeña en los tetrodos, debido al efecto de blindaje de la rejilla pantalla, en el caso de la válvula tipo 36, es de 0.007  $\mu\text{uF}$ .

Este aumento del coeficiente de amplificación ( $\mu$ ) y la reducción de la capacidad placa rejilla, son hechos importantes.

## 4.2 Tetrodo de haz concentrado

El tetrodo de haz es una válvula, que conserva más o menos injustamente, el nombre de tetrodo y que se ha desarrollado con el objetivo de eliminar la emisión secundaria.

Esta válvula de diseño especial, utiliza dos pantallas deflectoras conectadas al cátodo, para canalizar los electrones en forma de haces planos, propiciados por la construcción de las rejillas, de control y de pantalla, que están hechas con alambre de níquel o molibdeno, enrolladas en hélice y con pasos iguales para conseguir un enfrentamiento en cada vuelta (v. fig. 4.3).



### 4.2.1 Aplicaciones

Los tetrodos de haces han tenido mucha aplicación en amplificadores de potencia, tanto en equipos de sonido, dentro de los tipos de recepción, como para moduladores y amplificadores de radiofrecuencia de potencia, en los tipos de transmisión.

### 4.2.2 Tetrodos de haces comerciales

La fig. 4.4, muestra la familia de curvas correspondiente a la válvula tetrodo de haces RCA 6L6 tipo recepción, que fue muy popular en amplificadores de sonido, como etapa de potencia final simétrica, con salidas de 15, 25 o 47 vatios, según las condiciones de trabajo elegidas.

También fue muy popular, la válvula RCA 6V6, sobre todo la versión de vidrio (6V6 GT), como amplificador de potencia en receptores para corriente alterna. Tenía una salida de 4,5 vatios alimentada con una tensión de placa de 250 V.

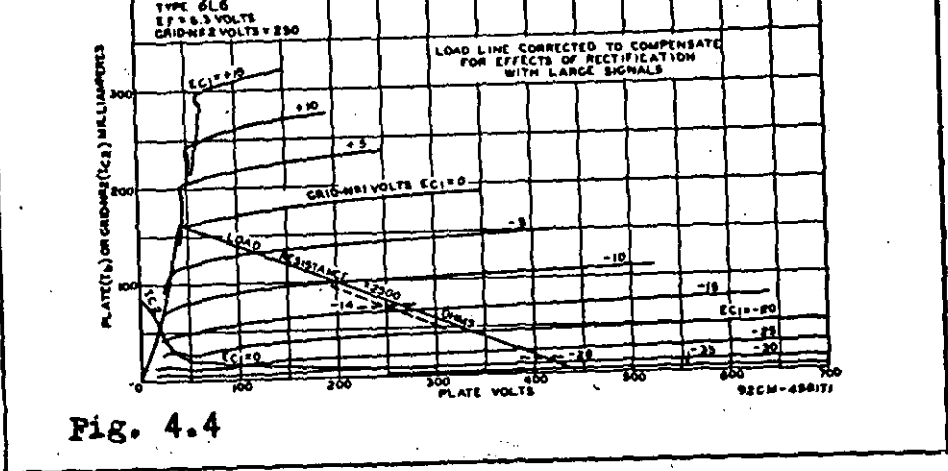


Fig. 4.4

Asimismo la fig. 4.5, corresponde a la familia de curvas característica de un tetrodo de haces RCA 4-125A/4D21 de potencia media para transmisión, refrigerado con aire forzado. De la misma serie, fueron muy populares los tipos 4-250A/5D22 y 4-1000A, semejantes, tipo aire forzado; pero de mayor potencia.

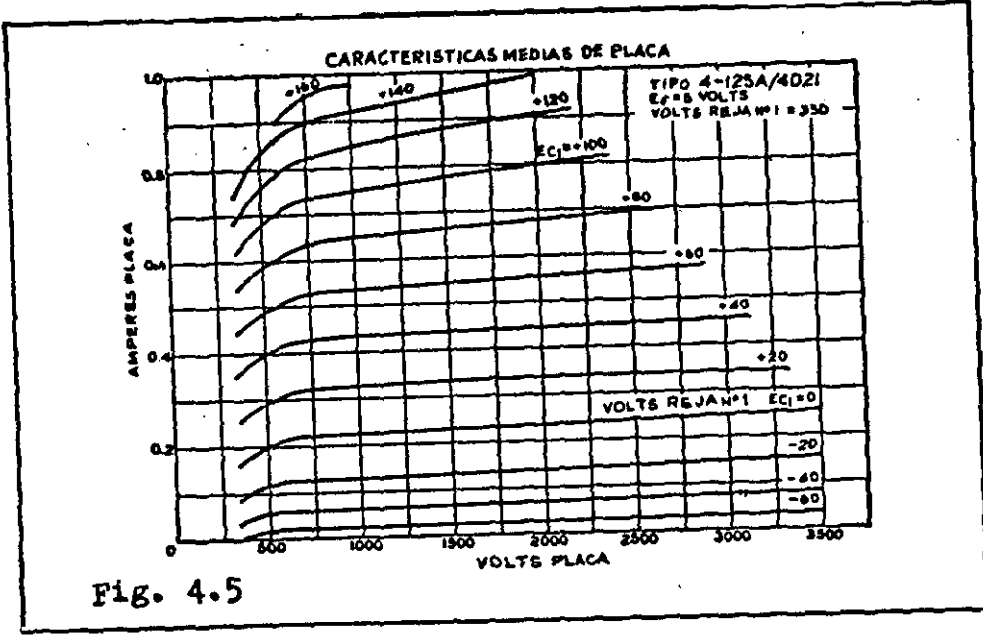


Fig. 4.5

Los símbolos para representar los tetrodos, se muestran en la fig. 4.6.

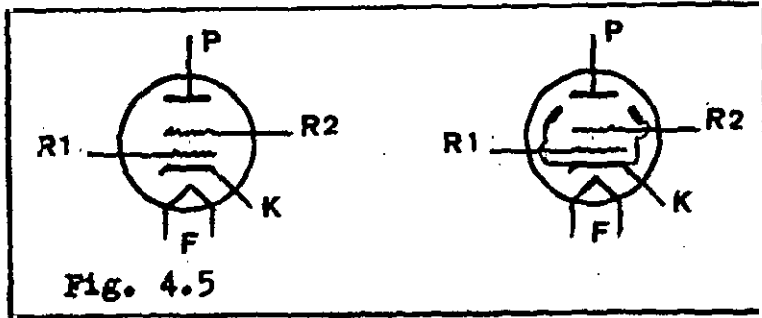


Fig. 4.5

## 5. CAPITULO 5

### El pentodo y válvulas especiales

#### 5.1 El pentodo

El pentodo es una válvula o tubo termoiónico, que tiene cinco electrodos, el filamento-cátodo, la rejilla de control, la rejilla pantalla, la rejilla supresora y la placa; es así, una válvula que tiene tres rejillas.

El pentodo lleva una rejilla más que el tetrodo.

Este quinto electrodo, llamado «REJILLA SUPRESORA»; elimina la emisión secundaria y generalmente está conectado interiormente al cátodo, salvo en algunos tipos que tiene conexión exterior.

El pentodo se debe al holandés Bernard Tellegen (1. - ) y salió al mercado mundial alrededor del año 1.930.

El pentodo tipo recepción, tuvo un extraordinario éxito comercial y técnico, pues se utilizó masivamente en los receptores de radio, a los que dió mejores características de funcionamiento, haciendo posible la fabricación de eficientes receptores económicos, que adquirieron extraordinaria popularidad en todo el mundo.

El pentodo pudo asumir, todas las funciones que habia realizado el triodo, con la ventaja, de que su coeficiente de amplificación era mayor y sus capacidades electródicas inferiores; pero en transmisión, siguieron utilizándose paralelamente los triodos.

Los pentodos a partir de su aparición en el mercado mundial, se utilizaron practicamente con exclusividad, en las etapas amplificadoras de radiofrecuencia, frecuencia intermedia y de potencia, en los receptores de radio y en los amplificadores de tensión y de potencia, en los equipos de sonido y otros usos.

##### 5.1.1. Acción de la rejilla supresora

Como la rejilla supresora está conectada al cátodo (en algunos casos especiales a un pequeño potencial positivo), su potencial respecto a la rejilla pantalla y la placa, resulta muy negativo y adecuado para rechazar hacia la placa los electrones que se liberan en su superficie, "suprimiendo" la emisión secundaria.

##### 5.1.2 Características del pentodo

Los pentodos, necesitan una excitación más reducida que los triodos para la misma potencia de salida y el rendimiento, relativo a la relación: - potencia de salida / potencia de alimentación de placa -, es del orden de un 13 % mayor en los pentodos.

El orden aproximado de variación de los parámetros de la gama de pentodos usuales, que se encontraban en el mercado, era,

Coeficiente de amplificación ( $\mu$ )	125 a 1.500	-
Conductancia mutua o pendiente (S)	0,5 a 5	mA/v
Resistencia interna o de placa (R)	75 a 1.500	K $\Omega$

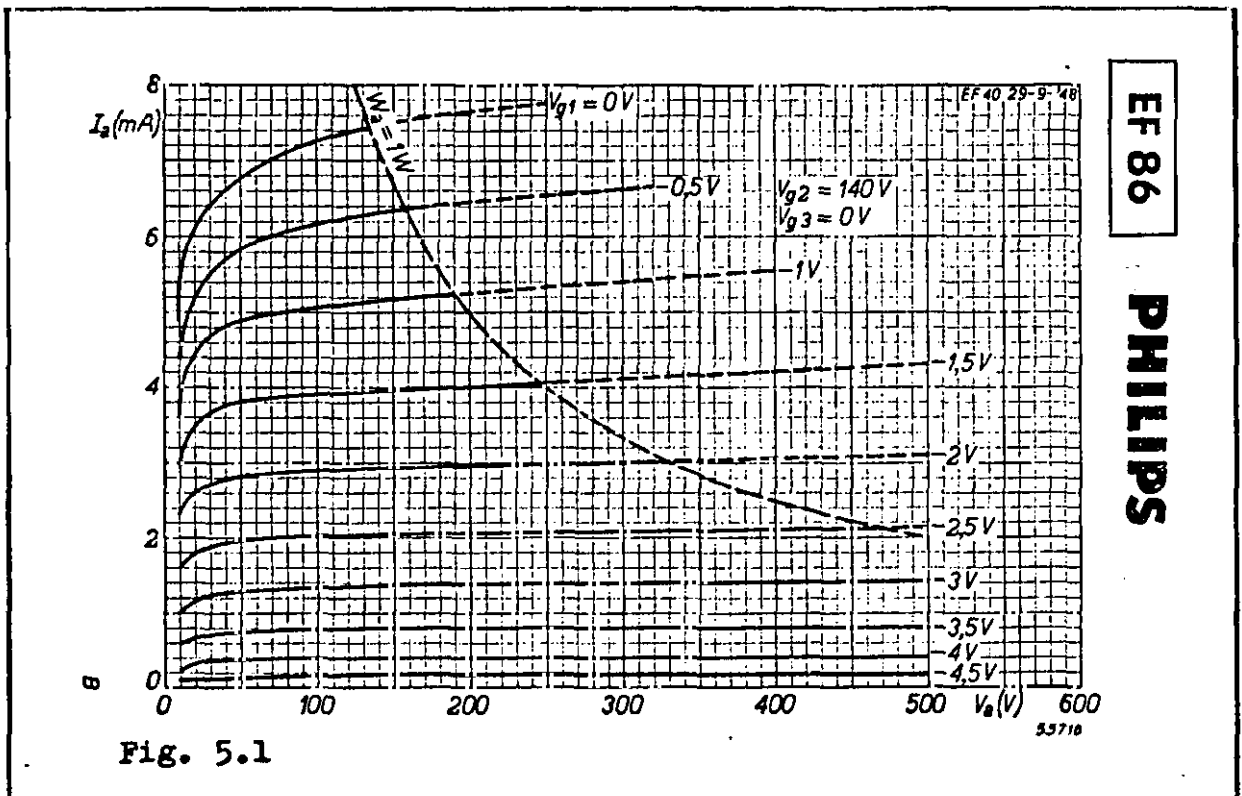
Las capacidades interelectrónicas, son muy bajas, variando en los pentodos normales, de recepción (mínimas) y de transmisión (máximas), entre los valores aproximados de,

Capacidad rejilla a placa	0,007 a 0,15	$\mu\mu\text{F}$
Capacidad de entrada	3 a 20	$\mu\mu\text{F}$
Capacidad de salida	2 a 30	$\mu\mu\text{F}$

No obstante estas cifras de coeficiente de amplificación tan elevados, la ganancia de tensión, obtenible con pentodos, en etapa acoplada a resistencia-capacidad, prácticamente estaba comprendida entre 95 y 225, en los usos corrientes. Para casos de ganancias inferiores, se utilizaban triodos o también, los mismos pentodos conectados como triodos, con la rejilla pantalla, la supresora y la placa unidas entre sí.

### 5.1.3 Pentodos comerciales

Durante tres décadas, años 30, 40 y 50, fueron fabricados entre América y Europa, millones de pentodos para recepción, los tipos RCA: 77 (6C6), 78 (6D6), 42 y 43 y después, los 6J7-G, 6K7G, 6F6G y la serie miniatura 12AU6, 12AW6, 12BA6, 12A7 (pentodo de potencia y diodo rectificador), entre otros, equiparon receptores de diferentes tipos y épocas, que se lanzaron al mercado mundial.



A título comparativo, con las características del triodo, se muestra en la fig. 5.1, la familia de curvas características de un pentodo europeo, tipo EF86 según facilita el Manual de válvulas de recepción Philips de 1.953. Este amplificador de tensión fue muy utilizado en amplificadores de sonido, en los años 1.950-1.965, últimos años del predominio de las valvulas y que comenzaba la firme andadura de los «TRANSISTORES» (v. pag. 47).

En esta familia de curvas de la válvula EF86, se ve la limitación de la zona de funcionamiento dada por la rama de parábola que corresponde a la disipación máxima de la placa ( $W_a = 1$  W), que puede tomarse, aproximadamente, como el producto de los valores de la tensión de placa en voltios por la corriente de placa en amperios, no debe ser superior a un vatio.

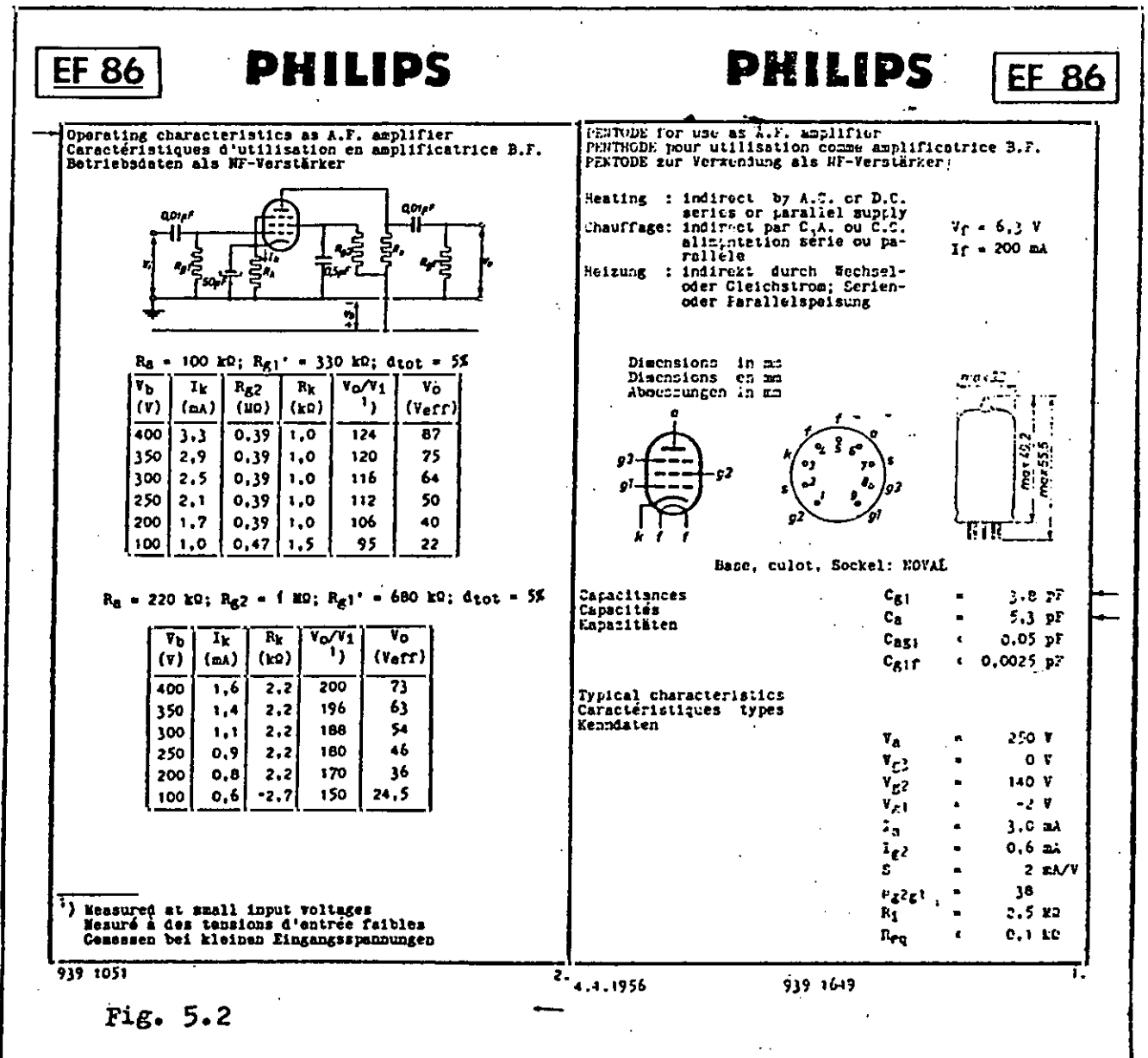
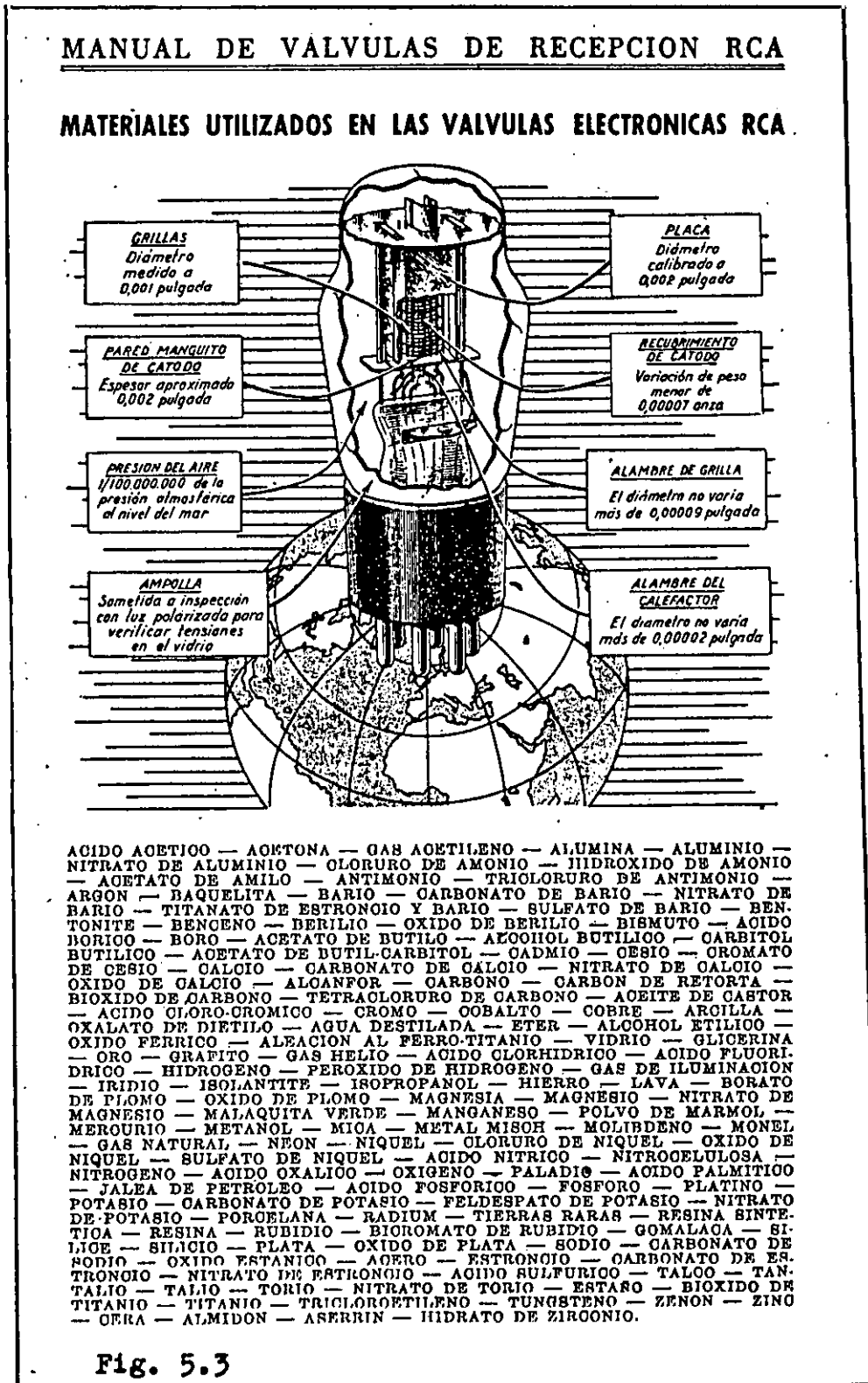


Fig. 5.2

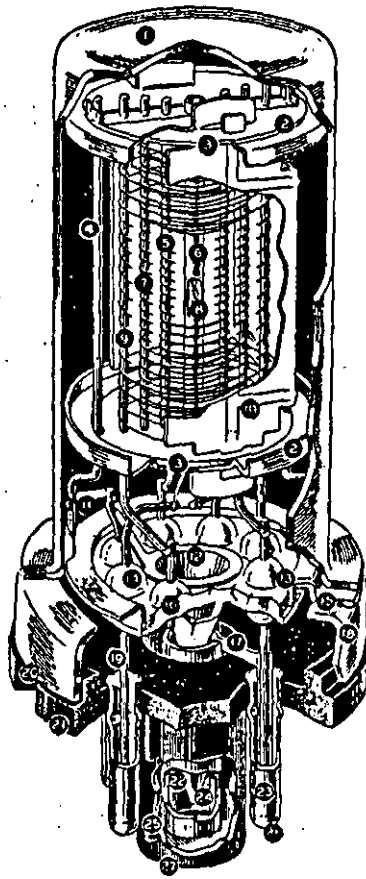
En la figura 5.2, sacada del mismo manual, se facilita la información completa: circuito, componentes pasivos, para varias

tensiones de alimentación ( $V_b$ ), ganancias ( $V_o/V_i$ ), salidas ( $V_o$ ) y la distorsión máxima del 5 %, todo para el diseño de etapas amplificadoras de tensión. También se muestra el símbolo del pentodo.

En las figuras 5.3, 5.4 y 5.5, sacadas del manual RCA, pueden verse la constitución de distintos tipos de válvulas americanas, la convencional de vidrio con zócalo de fibra, la metálica y la denominada miniatura, respectivamente.



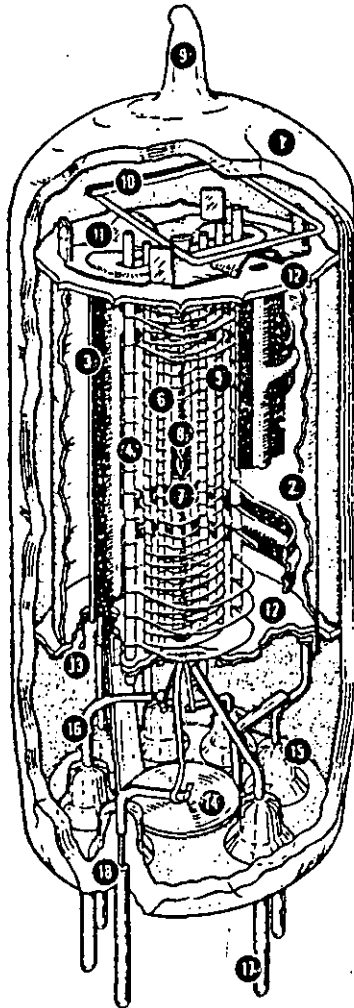
## Estructura de una Válvula Metálica



- |                             |                                      |                               |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1 — Envoltura metálica.     | 10 — Placa.                          | 19 — Alambre de conexión.     |
| 2 — Blindaje separador.     | 11 — Soporte del batillo.            | 20 — Cierre.                  |
| 3 — Aislante separador.     | 12 — Blindaje cónico.                | 21 — Base octal.              |
| 4 — Soporte de montaje.     | 13 — Cabecial.                       | 22 — Tubo de vacío.           |
| 5 — Grilla de control.      | 14 — Sello de vidrio.                | 23 — Patita de la base.       |
| 6 — Cátodo a recubrimiento. | 15 — Separación del cabecial.        | 24 — Sello del tubo de vacío. |
| 7 — Pantalla.               | 16 — Bostón de los sellos de vidrio. | 25 — Guía de alineación.      |
| 8 — Calefactor.             | 17 — Blindaje cilíndrico de la base. | 26 — Soldadura.               |
| 9 — Supresora.              | 18 — Borde del cabecial.             | 27 — Guía de enchufe.         |

Fig. 5.4

## VALVULAS DE VACIO



2 1/2 veces el tamaño real

1. Ampolla de vidrio.
2. Blindaje interno.
3. Placa.
4. Rejilla n.º 3 (supresora).
5. Rejilla n.º 2 (pantalla).
6. Rejilla n.º 1 (rejilla de mando).
7. Cátodo.
8. Calefactor.
9. Punta de educación.
10. Eliminador.
11. Blindaje espaciador superior.
12. Espaciador aislante.
13. Blindaje espaciador.
14. Blindaje interclavijas.
15. Soldadura entre el vidrio y el vástago.
16. Conductor.
17. Patilla de la base.
18. Soldadura entre vidrio y metal.

Fig. 5.5

Los principales fabricantes de válvulas europeos, entre otros Mullard, Philips, Siemens, Valvo, etc, diseñaron y lanzaron válvulas, de características eléctricas muy semejantes; pero con diferente formato y soporte. Fueron muy populares, las de Philips denominadas «serie amarilla», anterior a la segunda guerra mundial y las «serie roja» y «serie rimlock», posteriores.

En los años anteriores a la segunda guerra mundial, se produjo una extraordinaria intensificación de la fabricación de válvulas, con dos tendencias, la «metálica» y la «todo cristal» y una idea común, el propósito firme y general de la reducción de tamaño.

como claro anticipo a la miniaturización.

Los diversos tipos de válvulas, diseñadas por laboratorios líderes, las fabricaron con licencia diferentes compañías, empleando los mismos códigos y distintas marcas, en dura lucha comercial.

Otra tendencia destacable, era el abandono de la concepción de la válvula denominada «para propósitos generales», era tiempo de reconocer, que una determinada válvula, no podía funcionar con el máximo rendimiento, en cada una de las diferentes funciones que normalmente tenía que realizar.

Así empiezan a diseñarse válvulas especiales, buscando obtener el máximo rendimiento, en cada caso, en una función.

## 5.2 Válvulas especiales

Encuadradas en la denominación de válvulas especiales, existieron diferentes usos. Dentro de los tipos de recepción y transmisión, las series para frecuencias ultra elevadas y específicamente en transmisión, las de gran potencia, para radiofrecuencia y moduladores, refrigeradas con agua (v. pags. 58 a 62).

Las válvulas multielectrónicas, se crearon especialmente para la etapa «conversora» de los receptores superheterodinos.

Las válvulas múltiples concentraban en una, las funciones de dos o tres etapas, lo que suponía, simplificar el circuito y una importante reducción de coste y del volumen, sobre todo en los receptores de radio y T.V., aunque también tuvieron buena aplicación en los amplificadores de tensión en los equipos de sonido.

Una válvula especial, que se utilizó mucho en los receptores de radio, de ocho válvulas, fue el «INDICADOR VISUAL DE SINTONIA», utilizaba una pantalla fluorescente unida a la placa de un triodo, sobre aquella, los electrones proyectaban una sombra, que se estrechaba al aumentar la tensión aplicada a la rejilla de control del triodo, hecho que coincidía con la mejor sintonía.

### 5.2.1 Válvulas multielectrónicas

La válvula tipo de vidrio RCA 6A7, conversor pentarejilla, fue la más utilizada a partir de los primeros receptores de radio superheterodinos, en la década de los años treinta. Esta válvula, como su nombre indica, tiene cinco rejillas (coaxiales) entre el cátodo y la placa. La primera y la segunda rejilla con el cátodo, funcionaba como un triodo oscilador heterodino, la tercera unida a la quinta, como rejilla pantalla y la cuarta lo hace como rejilla de control para la señal de radiofrecuencia, de entrada.

Siguieron otros tipos americanos, metálicas 6A8, 6SA7, 6L7, de vidrio octales 6A8G, 6L7G, 12SA7, los tipos miniatura, 6A8GT, 6BE6, 12BE6 y el tipo loctal 14B8, entre otras, que fueron utilizadas en los sucesivos diseños hasta la década de los sesenta.

En Europa se optó por las válvulas múltiples, para la etapa

de conversión de frecuencia, con un cátodo común y dos secciones independientes, el oscilador y el mezclador.

### 5.2.2 Válvulas múltiples

Los fabricantes europeos, iniciaron la fabricación de válvulas múltiples y su utilización en los receptores de radio.

Philips se decidió por el «TRIODO HEXODO» de los que son representativos los tipos ECH3 y ECH4 que pertenecían a la serie roja ya citada, y las ECH41(42) y UCH41(42) de las series «E» y «U» Rimlock. El triodo se utiliza como oscilador heterodino y el hexodo, con cátodo común, como amplificador mezclador.

En la fig. 5.6, del manual de "Miniwatt" Información Rimlock SERIE «E» de 1949, se muestran las dimensiones, símbolo y conexiones en el soporte, así como el circuito de utilización de la válvula convertora de frecuencia ECH41.

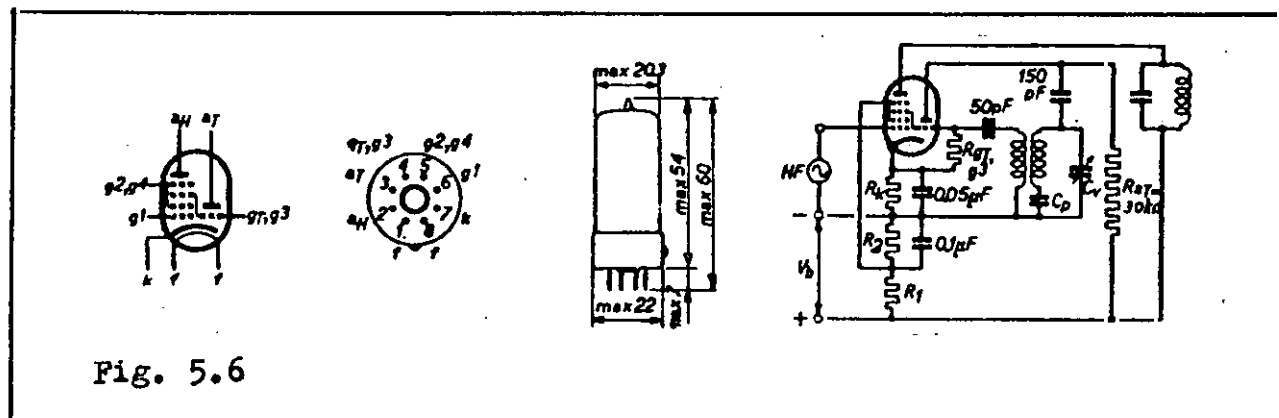


Fig. 5.6

Los competidores americanos, fabricaron el «TRIODO HEXODO», en menor proporción, los tipos, metálico RCA 6K8 y de vidrio octales 6K8G, 6K8GT (este miniatura) y el «TRIODO HEPTODO» 6J8G fueron sus aportaciones.

Se diseñaron tipos específicos para receptores de radio, como el doble diodo triodo tipo RCA 55 (v. pag. 53), que utilizaba los dos diodos para detectar la frecuencia intermedia (456 KHz) y para el circuito de control automático de sensibilidad y la sección triodo como amplificador previo de baja frecuencia.

Para esta triple función en recepción, los americanos fabricaron sucesivamente, los tipos RCA de vidrio 55, 75, 85 y miniatura 6AV6, 6B6G, 12AE6, 12AJ6, 12AT6, 12AV6, 12BF6 y otros, que utilizaron masivamente los fabricantes de receptores de radio.

Para la misma triple función, detallada en el párrafo anterior, también se utilizaron válvulas doble diodo pentodo, aunque en menor cantidad, tales como los tipos 6B8, 6B8G, 12C8, etc.

Otras válvulas múltiples europeas para receptores de radio, concentraban los dos diodos para la detección y el control automático de sensibilidad en la etapa final de potencia como las válvu-

tico de sensibilidad en la etapa final de potencia como las válvulas EBL41 y UBL41 Philips, serie Rimlock, en cambio, las válvulas americanas 25A7GT, 32L7GT y 70L7GT RCA de vidrio miniatura, equipaban un diodo rectificador con la etapa de potencia, para receptores (universales), alimentados con corriente alterna o continua.

Semejantes criterios se siguieron en las válvulas amplificadoras de tensión, para equipos de sonido, dobles triodos para utilizarse en amplificadores de baja frecuencia en cascada y como inversores de fase, para excitar etapas de salida simétricas, tales como los tipo todo cristal Philips ECC81, ECC82 y ECC83 (v. pags. 56 y 57) y las americanas, tipo de vidrio miniatura, 12AU7, 12AV7, 12AX7, 12AY7 y 12AZ7, entre otras, que se utilizaron extensamente en sonido y T.V.

Para T.V. también se dispuso de válvulas triodo pentodos para diferentes usos, como las tipo de vidrio miniatura RCA 6BR8, 6CG8, 6CL8, 6CU8, 6F7, entre otras.

De todas estas válvulas, americanas y europeas se hicieron millones de unidades, para equipar receptores de radio, amplificadores de sonido y en alguna otra aplicación.

Los receptores de T.V. de blanco y negro, también fueron importantes consumidores de válvulas múltiples, ofreciendo un buen mercado a los fabricantes, no sólo de válvulas múltiples.

Los últimos tipos de receptores de T.V. de blanco y negro, utilizaban generalmente 15 válvulas, de las que 7 eran múltiples, el juego tenía: 6 triodo-pentodos, 1 triodo-hexodo, 5 pentodos, 1 triodo y 2 diodos.

## 6 CAPITULO 6

### La era del transistor

#### 6.1 Breve historia del transistor

#### 6.2 Componentes semiconductores

---

##### 6.2.1 Elementos semiconductores

##### 6.2.2 Unión P/N, diodo

##### 6.2.3 Transistor

###### 6.2.3.1 Efecto transistor

###### 6.2.3.2 Diferentes montajes

###### 6.2.3.3 Curvas características

##### 6.2.4 Otros componentes semiconductores

###### 6.2.4.1 Tiristor

###### 6.2.4.2 Triac

###### 6.2.4.3 Diac, sus, sbs y ujt

###### 6.2.4.3 Diodo led

###### 6.2.4.5 Diodo Zener

###### 6.2.4.6 Varicap

#### 6.3 Breve idea de la fabricación de semiconductores

#### 6.4 Codificación de semiconductores

## 6 CAPITULO 6

## La era del transistor

## 6.1 Breve historia del transistor

Las primeras noticias de la aparición del transistor las publicó el «NEW YORK TIMES» de los EE. UU. el uno de julio de 1.948, se referían a una invención, tras unas investigaciones realizadas en los laboratorios de la «BELL TELEPHONE LABORATORIES».

## The news of Radio

... A device called transistor, which has several applications in radio where a vacuum tube ordinarily is employed, was demonstrated for the first time yesterday at Bell Telephone Laboratories, 463 West Street, where it was invented.

A device was demonstrated in a radio receiver, which contained none of the conventional tubes. It also was shown in a telephone system and in television unit controlled by a receiver on a lower floor. In each case the transistor was employed as an amplifier, although it is claimed that it also can be used as an oscillator in that it will create and send radio waves.

In the shape of a small metal cylinder about a half-inch long, the transistor contains no vacuum, grid, plate or glass envelope to keep the air away. Its action is instantaneous, there being no warm-up delay since no heat is developed as in a vacuum tube.

The working parts of the device consist solely of two fine wires that run down to a pinhead of solid semiconductive material soldered to a metal base. The substance on the metal base amplifies the current carried to it by one wire and the other wire carries away the amplified current.

(Mundo electrónico / 1986, número 163 : 141)

A esta noticia, no se le concedió el eco que su importancia merecía, pues tanto las universidades como los centros de publicaciones técnicas, ignoraron en un principio, los profundos cambios que en la industria electrónica se auguraban.

Esta invención, permitió el desarrollo del primer tipo de transistor llamado «TRANSISTOR DE CONTACTO POR PUNTAS», formado por dos electrodos capilares de tungsteno, emisor y colector, cuyas puntas hacen contacto sobre un pequeñísimo cristal de germanio (con una impureza controlada «DOPADO»), adosada a una lámina metálica que recibe el nombre de base.

El conjunto está contenido en un pequeño cilindro metálico, con tapa aislante, de la que salen tres hilos de unos 30 milímetros de longitud, correspondientes a las respectivas conexiones de la base, emisor y colector.

Ya en los años 1.928 y 1.934 en Alemania y 1.930 en EE. UU. se registraron patentes referidas a componentes sólidos con tres electrodos, capaces de amplificar señales eléctricas. Fueron los predecesores del transistor que hoy se conoce como transistor de

«EFECTO DE CAMPO»; pero no se concretó su aplicación práctica.

Destacados investigadores, habían concentrado sus trabajos durante más de 20 años, en las uniones de un metal con elementos semiconductores (óxidos de cobre, sulfuro de plata, selenio); pero fue el director de la Bell Telephon, quién tomó la responsabilidad de abandonarlas y centrar las investigaciones sobre los semiconductores de germanio y silicio, en el año 1.945, al finalizar la segunda guerra mundial.

El equipo de investigadores, reunido por Mervin J. Kelly director de los laboratorios Bell, estaba formado por los físicos estadounidenses John Bardeen (1.908), Walter Houser Brattain (1.902-1.987) y Willian Schockley (1.910), quienes fueron galardonados con el premio Nobel de Física en 1.956, por sus investigaciones en el campo de los semiconductores y concretamente por la invención del transistor.

La concesión del premio Nobel de Física de 1.956 al equipo de físicos de la Bell Telephon, concentró la atención de los centros de investigación de importantes universidades y el interés, de los directivos y equipos técnicos de la industria electrónica en general.

El nombre de «TRANSISTOR» le fue aplicado para significar su importante propiedad de "transferir resistencias"; pues funciona, amplificando una débil corriente, producida en el circuito de entrada de baja impedancia, que es transferida al circuito de salida, de relativa alta impedancia. Del inglés «TRANSFER RESISTOR» resulta «TRAN.... ..SISTOR».

En el año 1.949. aparecen los primeros «CIRCUITOS IMPRESOS» que simplifican el alambrado o conexionado de los circuitos electrónicos y reducen su tamaño, además de aminorar el coste en la producción en serie.

En su forma fundamental, el circuito impreso tiene ya casi 60 años. Ya en 1906 Edison y Sprague, en los Estados Unidos de América informaron de la posibilidad de aplicar el cableado con polvo metálico sobre aisladores. Casi 20 años más tarde, el 19 de marzo de 1925, Francis T. Harmon obtuvo la patente EE. UU. 1.582.683 sobre uno de los procedimientos semejantes a la actual técnica de corrosión. En el año 1927, Telefunken lanzó al mercado el amplificador «ARCOLETTE», cuyo cableado consistía en tiras de chapas de latón perforadas y adecuadamente configuradas. ...

En el año 1936 Paúl Eisler, en Inglaterra, tuvo la idea de imprimir los circuitos. Ofreció la idea en vano a la industria radioeléctrica inglesa ...

Aparecieron importantes publicaciones en los EE.UU. de América en 1947 y en 1948 en el National Bureau of Standards (NBS). Bajo la designación de «Proyekt Tinkertoy» se desarrolló en 1950 un sistema de fabricación completamente automático de módulos de construcción para aparatos electrónicos. Esta tecnología fue designada por el NBS con el nombre de Sistema MDE-MPE (« modular design of electronics »). ...

( Circuitos impresos (fabricación), 1974 : 9, 10 )

El circuito impreso, como el dicho popular "pedrada en ojo de boticario", fue el complemento que necesitaba el transistor y su aparición tuvo una importantísima participación en la total aceptación y expansión espectacular del transistor.

Este sistema de conexionado, utilizaba en un principio como material básico una placa de fibra de 1,5 milímetros de espesor con una capa fina de cobre en una de sus caras, sobre la que quedan impresas las conexiones del circuito.

El proceso de fabricación era simple, sobre la capa de cobre se imprimían las conexiones por serigrafía, con un producto resistente al ataque de ácidos.

La operación siguiente es atacar la placa con una disolución de ácido clorhídrico, que elimina las superficies de cobre sin protección, permaneciendo exclusivamente las zonas protegidas correspondientes a las conexiones del circuito electrónico.

Actualmente se utiliza como base aislante placas de fibra de vidrio époxi con «doble cara» y capa de cobre de 50 a 100 micras, en ambas caras y rotuladas, para la identificación de los componentes y puntos de conexión o referencia para mediciones y ajustes.

Los primeros transistores se comercializaron a partir del año 1.950 y no fueron recibidos por los técnicos con demasiado entusiasmo, debido precisamente, a que en muchos aspectos sus características eran muy opuestas a las de las válvulas.

Resaltaba en primer lugar, que la impedancia de entrada era muy baja y en menor proporción, también la de salida, en comparación con la válvula, esto presagiaba un consumo elevado de excitación y un amortiguamiento de los circuitos sintonizados de salida; pero así todo, con pequeños cambios en los circuitos clásicos de las válvulas, pronto empezaron a desplazarlas.

El nuevo componente activo empezaba a adquirir la importancia, que le llevaría a ser el verdadero protagonista de la industria electrónica, comenzaban a conocerse las extraordinarias propiedades que ofrecía: amplificador, peso y volumen muy reducido, tensiones y corrientes de trabajo bajísimas y vida indefinida.

Los transistores, fueron utilizados en los primeros años, para amplificación de señales de pequeña potencia; pues inicialmente sólo podían manejar potencias de pocos milivatios y además la frecuencia de corte era de pocos kilohertzios.

Así todo, estos componentes fueron demostrando su gran versatilidad y su reducidísimo tamaño, peso y facilidad de alimentación con pilas o baterías, les hizo insustituibles en muchas aplicaciones, con extraordinarias ventajas sobre las válvulas, lo que auguraba un verdadero «boom» en la industria de los receptores de radio portátiles y equipos transmisores/receptores móviles.

Los transistores de contacto por puntas, tenían el inconveniente de la dispersión de las características, en la fabricación de las series y que no presentaban una seguridad de funcionamiento, coincidentes con las previsiones teóricas.

A partir del año 1.950 empezó a fabricarse otro tipo conocido como «TRANSISTOR DE UNION», que reunía unas características que hicieron abandonar la fabricación del tipo de puntas y a partir de del año 1.954, de otro modo de fabricación, salió el tipo «MESA», al que siguieron otros, que ofrecían alguna innovación.

Se comenzó la fabricación de receptores de radio «HIBRIDOS» utilizando transistores, en las dos etapas amplificadoras de baja frecuencia, previo y salida, para lo que se desarrollaron y fabricaron transistores de mayor potencia.

La conquista siguiente, fue mejorar la característica de los transistores, que limitaba la frecuencia de trabajo (corte), para utilizarlos en las etapas de frecuencia intermedia y radiofrecuencia, consiguiendo de esta forma, aún en la década de los años 50, la transistorización de todas las etapas y la posibilidad de sustituir todas las válvulas termoiónicas en los receptores de radio.

... En 1959 se fabricaron en Francia 1.765.000 receptores de radio de los cuales 900.000 eran de transistores. Una estimación establecida en septiembre de 1960 prevé para dicho año cerca de 2 millones de unidades, de las cuales los dos tercios serán de transistores.

(Técnica y aplicaciones de los transistores, 1964:19)

El perfeccionamiento de las características de los transistores, conseguido, por la aplicación de nuevas técnicas de fabricación ha sido una lucha constante, de resultados sorprendentes.

En un principio, se empleó como materia base semiconductor, el germanio ( transistores de germanio ); pero se sustituyó por el silicio ( transistores de silicio ), debido a que este elemento es menos sensible a los cambios de temperatura (v. pag. 23).

De los transistores de germanio que admiten una temperatura máxima de funcionamiento de 75°C, se pasó en la década de los 70 a los de silicio, que admiten una temperatura de 175°C.

En España, la televisión en blanco y negro se popularizó a partir del año 1.960 y los receptores de T.V. utilizaron válvulas (16 válvulas, la mayoría múltiples), hasta la llegada de la televisión en color, en 1.97, cuyos receptores utilizaron transistores y algunos circuitos integrados.

Actualmente los modernos receptores de T.V. de color utilizan «CIRCUITOS INTEGRADOS FUNCIONALES», que simplifican el conexionado y estructuran las distintas secciones en módulos, para facilitar y abaratar la producción y el mantenimiento.

## 6.2 Componentes semiconductores

---

El diodo y el transistor, son dos componentes muy importantes de los circuitos electrónicos, que están en la denominación general de semiconductores, asumiendo el nombre de los elementos semiconductores del grupo IV de la tabla periódica de elementos,

Son los equivalentes al diodo y al triodo termoiónicos, con la peculiaridad de que en los componentes semiconductores, los electrones y los huecos se desplazan dentro de un medio sólido.

### 6.2.1 Elementos semiconductores

Los elementos químicos llamados semiconductores, tienen cuatro electrones en la capa externa (electrones valencia) de su estructura atómica (v. pag. 23).

Estos elementos conducen la electricidad con cierta dificultad a temperatura ambiente, a la que el coeficiente de resistividad, que es negativo, se mantiene elevado.

El coeficiente de resistividad de los metales crece muy ligeramente con la temperatura según una ley lineal, mientras que el de los semiconductores decrece al aumentar la temperatura, siguiendo una ley exponencial.

A la temperatura de 20°C, el coeficiente de resistividad de los metales buenos conductores, semiconductores y aisladores, expresado en  $\Omega / \text{cm}^2 / \text{cm}$ , es aproximadamente,

Metales conductores del orden de	$10^{-6}$	a	$10^{-5}$
Semiconductores del orden de	$10^{-3}$	a	$10^{-7}$
Aisladores	$10^{10}$	a	$10^{20}$

El valor del coeficiente de resistividad de los semiconductores está entre los de los metales y los aisladores.

El enlace entre los átomos de los semiconductores es el llamado «COVALENTE» que consiste en que los átomos adyacentes comparten sus cuatro electrones formando parejas, uno de cada átomo, que giran alrededor de ambos.

Es importante analizar, la porción de la tabla periódica que contiene los elementos que más se utilizan en la fabricación de los «semiconductores», mostrada a continuación.

Grupo ->	III	IV	V
Núm. atómico ->	5	6	7
Elemento ->	Boro	Carbono	Nitrógeno
Núm. atómico ->	13	14	15
Elemento ->	Aluminio	Silicio	Fósforo
Núm. atómico ->	31	32	33
Elemento ->	Galio	Germanio	Arsénico
Núm. atómico ->	49	50	51
Elemento ->	Indio	Estaño	Antimonio
Núm. atómico ->	81	82	83
Elemento ->	Talio	Plomo	Bismuto

Los semiconductores, que son los elementos situados bajo el grupo IV, tienen una configuración electrónica con cuatro electrones en la capa externa, la distribución por capas es tal como sigue: carbono 2-4, silicio 2-8-4, germanio 2-8-18-4, estaño 2-8-18-18-4 y plomo 2-8-18-32-18-4 (v. pags. 21-24).

También es importante destacar, los números atómicos (Z) de los grupos III y V, que indican que tienen un electrón menos y un electrón más, respectivamente, que los semiconductores y en consecuencia, en la capa externa, el grupo III tiene tres electrones y el grupo V tiene cinco.

Los semiconductores más utilizados para fabricar transistores, han sido en un principio el germanio y finalmente el silicio, como material base, se utilizan cristalizados y casi puros, tolerándose, un átomo de impureza por cada  $10^{11}$  átomos de germanio o de silicio, según el elemento utilizado en la fabricación. El germanio y el silicio cristalizan en el sistema tetraédrico.

Los semiconductores en el grado de pureza indicado, se llaman «SEMICONDUCTORES INTRINSECOS», a la temperatura ambiente conducen muy mal la electricidad y entre dos puntos cualesquiera lo hacen igual en uno u otro sentido, es decir tienen conducción de corriente bidireccional.

Un conductor intrínseco a la temperatura absoluta ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) es un aislador perfecto, ya que todos los electrones valencia están formando enlaces covalentes (pares de electrones); en cambio a la temperatura ambiente, ya existe una ruptura térmica de algunos enlaces, que dejan electrones libres portadores de carga, en situación de producir una débil corriente eléctrica, en cuanto se establezca una diferencia de potencial entre dos puntos. A estos portadores de carga producidos por la ruptura térmica de enlaces, se les llama «PORTADORES MINORITARIOS».

Como continuación al párrafo anterior, se comprende que un aumento de la temperatura produce una mayor agitación térmica de los electrones, que puede desencadenar una ruptura de enlaces y la liberación de electrones portadores, que disminuirán el coeficiente de resistividad y en consecuencia (v. Apéndice 8) la resistencia eléctrica del semiconductor, según una ley exponencial.

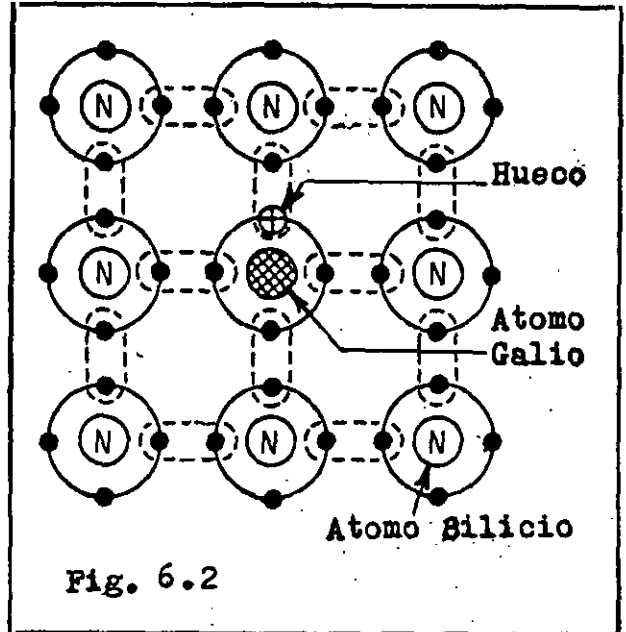
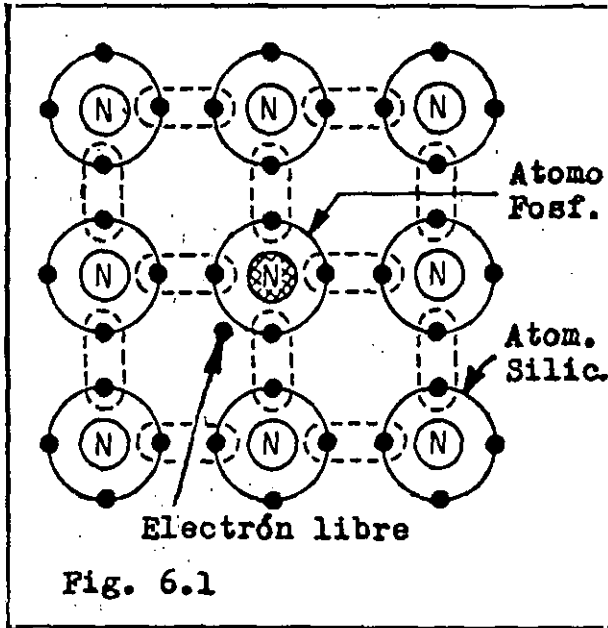
A partir del semiconductor intrínseco, por una operación que se llama «DOPADO» se obtiene el «SEMICONDUCTOR EXTRINSECO», que es la materia prima para fabricar los transistores y que puede ser del tipo «P» o del «N».

El dopado consiste, en agregarle impurezas controladas cualitativamente y cuantitativamente, en una proporción que varía entre un átomo por cada  $10^6$  a  $10^8$  átomos de semiconductor.

Según que la impureza que se introduce, sea del grupo III o del grupo V se obtiene un semiconductor del tipo «P» o «N», generalmente se utilizan como dopantes, el boro, galio o indio, del grupo III y el antimonio, arsénico o fósforo, del grupo V.

En las figs. 6.1 y 6.2, se ve como actúan los «DOPANTES» al introducirse en la estructura del semiconductor intrínseco, produciendo los «HUECOS» que son las cargas positivas debidas a la fal-

ta de los electrónes o los electrones libres, según el caso.



En estas figuras se ha simplificado la representación de los átomos, dibujando el núcleo con un círculo y los cuatro electrones valencia con discos negros equidistantes, además el núcleo del átomo de impureza, se ha señalado con una cuadrícula.

Los portadores de carga producidos por los dopantes reciben el nombre de «PORTADORES MAYORITARIOS».

Para comprender, el orden de cifras que se manejan, al hablar de átomos y de portadores de carga positiva o negativa, es necesario recapacitar ante las cifras siguientes:

Núm. de átomos por centímetro cúbico de:	
Germanio .....	$4,4 \times 10^{22}$
Silicio .....	$5 \times 10^{22}$
Cobre .....	$8 \times 10^{22}$

En los semiconductores del tipo extrínseco los portadores de carga son, de pares «ELECTRON-HUECO» por ruptura térmica de los enlaces, como minoritarios y de huecos y electrones libres producidos por las impurezas tipo «P» ó «N», como mayoritarios.

El dopado reduce el coeficiente de resistividad de los semiconductores de germanio y silicio, a unos 4 y 150  $\Omega / \text{cm}^2 / \text{cm}$ , respectivamente, adecuados para la fabricación de diodos y transistores. La conducción de corriente, al igual que en los semiconductores intrínsecos, es bidireccional.

### 6.2.2 Unión P/N, diodo

Si en un mismo cristal, se dopan dos zonas contiguas, una «P» y la otra «N», se obtiene una «UNION P/N», que conduce la corriente eléctrica en un sólo sentido, es la llamada conducción unidirecc-

cional, que constituye un diodo «RECTIFICADOR».

Los diodos de germanio se utilizan normalmente para detección de señales de pequeña potencia (radio o baja frecuencia) y los de silicio, en una amplia gama de tipos, para rectificar corrientes alternas desde pequeñas hasta grandes potencias, tanto en sistemas monofásicos como polifásicos.

Ya se ha definido, que la unión P/N, la forman dos regiones en el mismo cristal, una P y la otra N. En la zona de transición, se enfrentan huecos (P) a electrones (N), que lógicamente se neutralizarán, recombinándose los más próximos; pero estas débiles corrientes llamadas de «DIFUSION», crean una zona estrecha, del orden de una micra ( $1 \mu\text{m}$ ), agotada de carga y aislante, que forma una barrera potencial interna.

La tensión que forma la barrera es del orden, de 0,15 V en el germanio y 0,7 V en el silicio, manteniendo un rechazo, hacia los huecos y los electrones, al ser los núcleos de la región «P» negativos y los de la «N» positivos. Este rechazo electrostático, produce un equilibrio de recombinaciones de cargas, cuando la unión P/N no tiene aplicada una tensión exterior.

En la fig. 6.3 se representa esquemáticamente, una unión P/N en la que se ven, los iones formados por las impurezas en las dos regiones, en la P núcleos con una carga negativa y un hueco libre y en la N núcleos con una carga positiva y un electrón libre y en la transición se forma la zona estrechísima agotada, con sus densidades de carga representadas en la parte inferior.

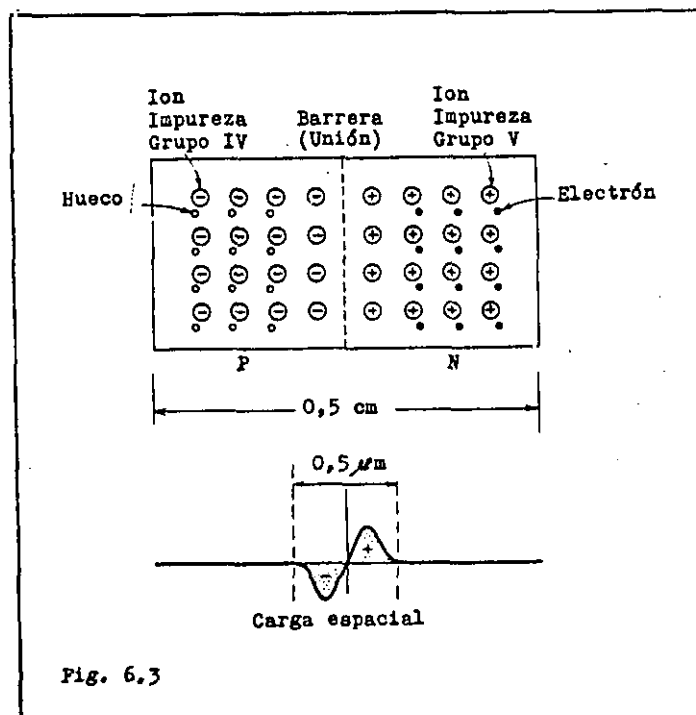
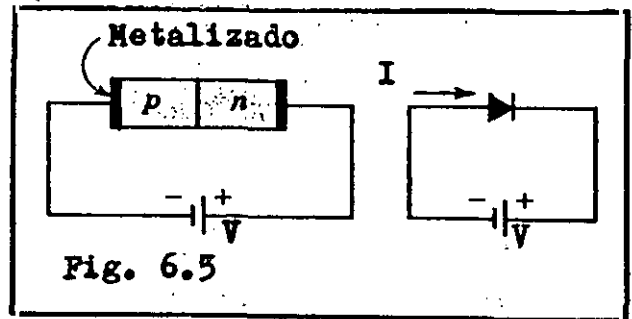
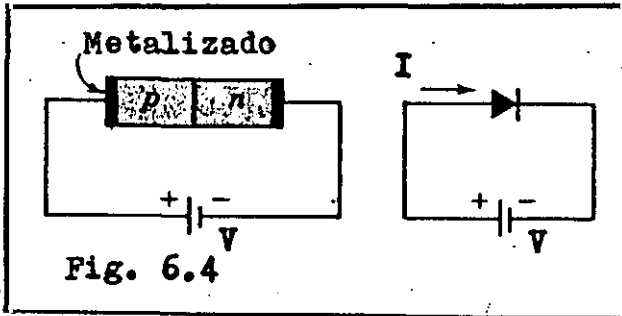


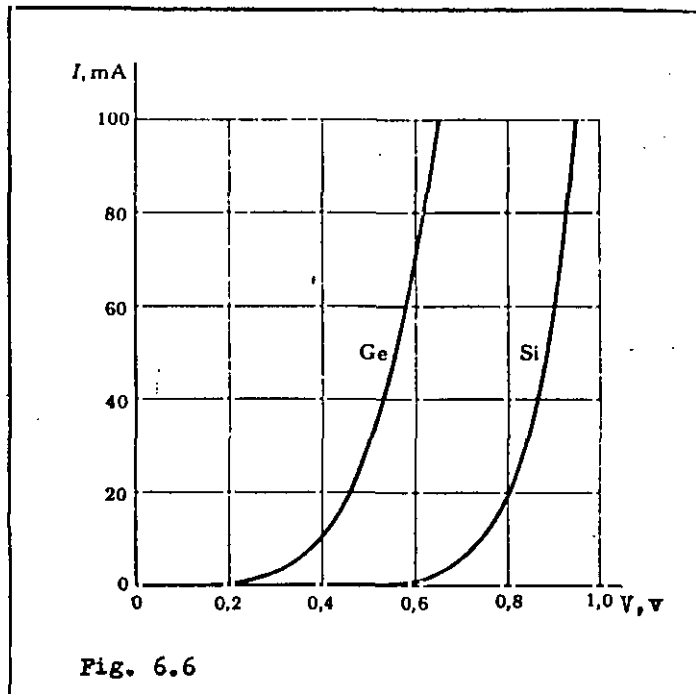
Fig. 6.3

Cuando la unión P/N se polariza como indica la Fig. 6.4 con una tensión superior a la de barrera, la corriente circulará produciéndose una caída de tensión muy reducida, es lo que se llama, «POLARIZACION DIRECTA».

En cambio, polarizando según se muestra en la fig. 6.5, la barrera se ensanchará y bloqueará el paso de la corriente; pero se producirá una corriente de «FUGA» de unos microamperios, generada por los portadores minoritarios. Esta forma de conexión se la conoce como «POLARIZACION INVERSA».



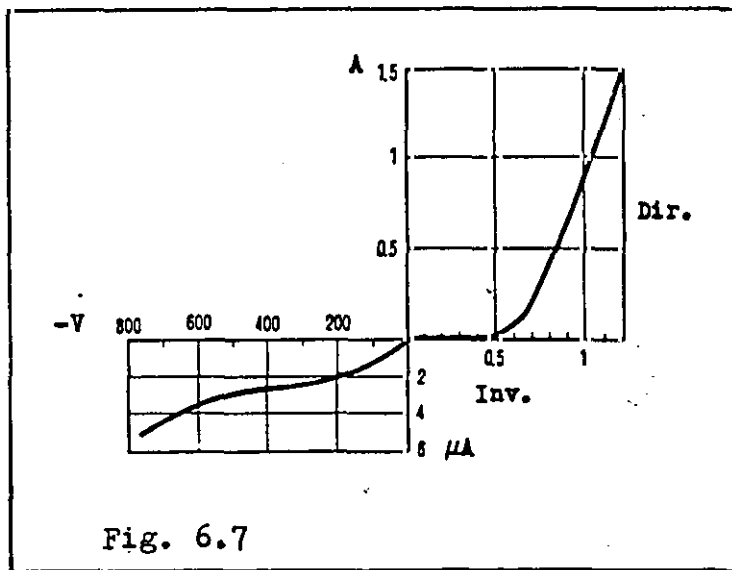
En la figura 6.6 se representan las curvas de conducción con polarización directa, de dos diodos típicos, observándose, que el diodo de germanio comienza a conducir corriente con una tensión algo inferior a 0,2 voltios (tensión barrera  $\approx 0,15$  V) y el de silicio alrededor de 0,6 V (tensión barrera  $\approx 0,7$  V).



La corriente de fuga es mayor en los diodos de germanio que en los de silicio en igualdad de todas las condiciones. Cuando la corriente inversa se hace constante e independiente de la tensión inversa, su valor se llama «CORRIENTE INVERSA DE SATURACION» y es en los diodos de germanio unas 1000 veces mayor que en los diodos de silicio.

En la fig. 6.7 se muestra la curva característica, directa e inversa, tensión/corriente, de un diodo de silicio rectificador

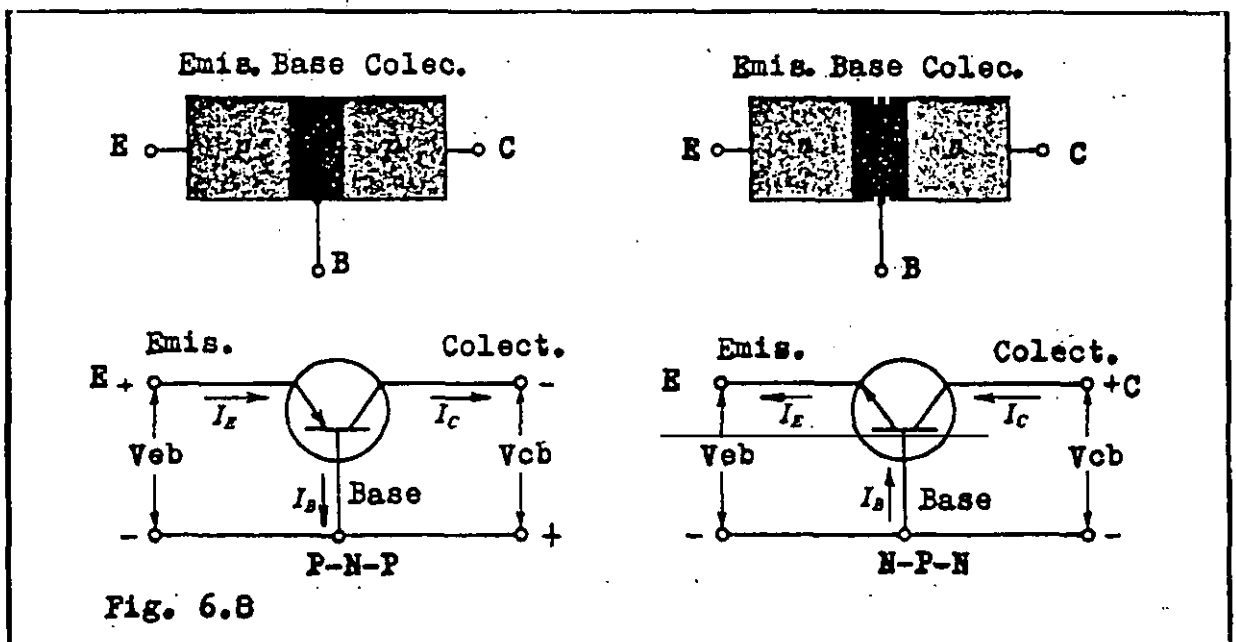
típico, de los utilizados en receptores de radio y T.V. de 800 V de tensión máxima inversa. La caída de tensión en el diodo, es de un voltio, para una corriente aproximada de 0,8 amperios.



### 6.2.3 Transistor

Dos uniones P/N contrapuestas en un mismo cristal, forman un «TRANSISTOR» y según que las uniones sean dispuestas en el orden P/N-N/P o en el N/P-P/N, será un transistor PNP o NPN, cada una de las tres zonas tienen sendos terminales exteriores, que corresponden a las conexiones del emisor, la base y el colector.

En la fig.6.8 se representan dos transistores de «UNION» en a) tipo PNP con la disposición de las tres regiones, el símbolo y las tensiones de polarización y en b) se repite la misma información para el transistor tipo NPN.



En el montaje «BASE COMUN» representado, los emisores están con polarización «DIRECTA», unión emisor-base y los colectores con polarización «INVERSA», unión colector base.

En la fig. 6.9, se representan los símbolos de los transistores y las polarizaciones para otros dos montajes muy utilizados «EMISOR COMUN» y «COLECTOR COMUN», en los que al igual que en el caso anterior, la polarización del circuito de entrada es directa y la del de salida inversa.

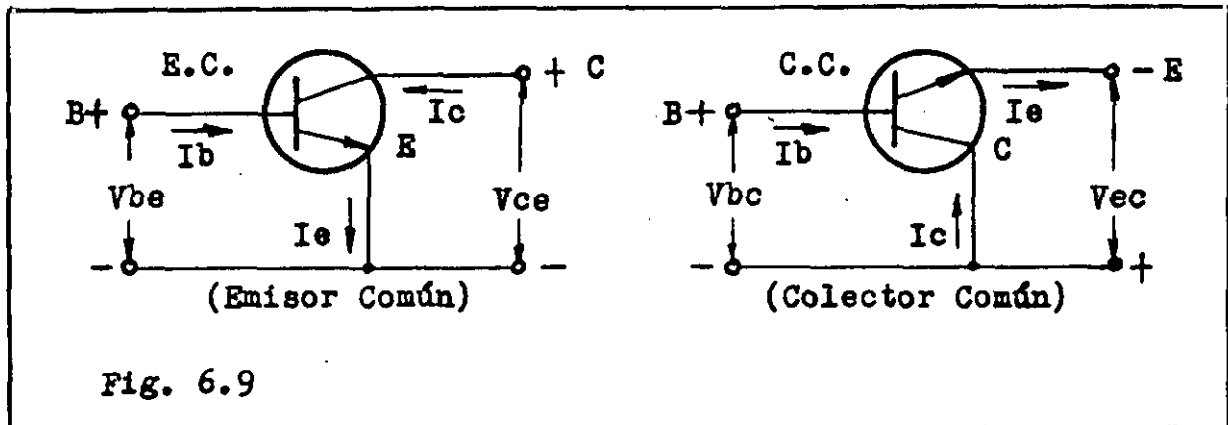


Fig. 6.9

En los transistores las dos uniones forman tres regiones, en la que la central que corresponde a la base es muy delgada y poco dopada, siendo la del emisor la mayor y más dopada. La función del emisor es inyectar portadores de carga mayoritarios, cuyo paso controla la base hacia el colector. De los portadores que inyecta el emisor, una pequeñísima parte (0,01 a 0,02 %) son captados por la base, el resto la atraviesan y llegan al colector.

### 6.2.3.1 Efecto transistor

La fig. 6.10, representa un montaje transistor NPN base común con dos baterías de polarización, directa con  $V_e$  para el circuito de entrada e inversa con  $V_c$  para el circuito de salida, S es un interruptor para conectar o desconectar la batería  $V_c$  y R una resistencia limitadora de corriente.

Si se desconecta la tensión  $V_e$ , manteniendo S abierto, como la unión colector-base (N/P) tiene polarización inversa, la corriente denominada  $I_{co}$  (corriente colector sin corriente de base) será de unos pocos microamperios, por las fugas que producen los portadores mayoritarios ( v. pag. 89 ) y por lo tanto, muy dependiente de la temperatura ambiente.

Si se conecta la tensión  $V_e$ , cerrando el interruptor S, al tener la unión emisor-base de entrada polarización directa, permitirá el paso de una corriente limitada por la resistencia R y la tensión barrera ( $\approx 0,15$  ó  $\approx 0,7$  voltios), es decir será aproximadamente, caso de silicio:  $I_e = (V_e - 0,7) / R$ , producida por la inyección de electrones del emisor hacia la base.

Los electrones inyectados por el emisor, debido a que la base es muy estrecha (10-20 micras) y muy poco dopada, tienen pocas probabilidades de recombinarse con los huecos y en su mayoría, al-

rededor del 98% ( valor de  $\alpha$  que depende del tipo de transistor ), son captados por el colector junto con los portadores minoritarios (electrones) de la base, o sea,

$$\text{Corriente de colector, } I_c = I_{co} + \alpha \cdot I_e$$

El valor de  $\alpha$  (alfa) es muy próximo a la unidad y recibe el nombre de «FACTOR DE AMPLIFICACION DE CORRIENTE».

Los pocos electrones-huecos recombinados en la base, producen una pequeña corriente de base  $I_b$ , cumpliéndose la ecuación:

$$\text{Corriente de emisor, } I_e = I_b + I_c$$

Es importante resaltar que se ha efectuado la transferencia de la corriente (casi 100%) del circuito emisor de baja resistencia, al circuito colector de alta resistencia.

Este «EFECTO TRANSITOR» de transferencia de corriente entre el circuito de entrada y el de salida, es la base de la amplificación del transistor y de su propio nombre.

En el montaje emisor común, esquematizado en la fig. 6.9, se cumple:  $I_c = I_{co} + \alpha \cdot I_e$ ; como:  $I_e = I_b + I_c$ ;  $I_c = I_{co} + \alpha(I_b + I_c)$ ; resulta:  $I_c(1 - \alpha) = I_{co} + \alpha \cdot I_b$  y haciendo:  $I_{ceo} = I_{co}/(1 - \alpha)$  y  $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$ , tenemos la ecuación final,

$$\text{Corriente colector en montaje E.C. } \dots I_c = I_{ceo} + \beta \cdot I_b$$

Siendo: « $I_{ceo}$ » la corriente de fuga, colector-emisor con corriente de base cero y « $\beta$ » el «FACTOR AMPLIFICADOR DE CORRIENTE» en el montaje emisor común (E.C.).

Se deduce que « $\alpha$ » y « $\beta$ » están relacionados por las ecuaciones:

$$\beta = \alpha / (1 - \alpha) \quad \text{y} \quad \alpha = \beta / (1 + \beta)$$

### 6.2.3.2 Diferentes montajes

Son tres montajes que corresponden a sendas formas de polarizar, dos de los electrodos respecto a uno que se hace común a los circuitos de entrada y de salida. Asimismo, se distinguen en la manera de aplicar y obtener la señal que se procesa, están representados en las figuras 6.8 y 6.9.

El montaje base-común (B.C.), se utiliza en etapas amplificadoras de alta frecuencia, en receptores de radio y T.V. ya que tiene la mejor característica de respuesta de frecuencia.

El montaje emisor-común (E.C.), es el más utilizado en todo tipo de amplificadores de radio y baja frecuencia para receptores de radio y T.V. y en general, como amplificador de tensión de alta ganancia y buena respuesta de frecuencia.

El montaje colector-común (C.C.), es muy usado en etapas de potencia en amplificadores de sonido de alta fidelidad y tiene unas aplicaciones muy específicas como adaptador de impedancias o

como etapa de entrada alta impedancia.

Además, la versatilidad de los transistores les hace insustituibles en una gran variedad de aplicaciones en diversos aparatos, en los campos de la, investigación en general, técnica, industria, telecomunicación, radiodifusión, alarmas, comprobación, control, mando, medición, seguridad.

Con el fin de poder hacer una comparación, del comportamiento aproximado de los tres montajes, se relacionan seguidamente las características más importantes, de cada uno de ellos:

Etapa de transistor en montaje base común (B.C.)

Resistencia de entrada muy baja	10	a	300	$\Omega$
Resistencia de salida alta	100	a	700	K $\Omega$
Ganancia de potencia	20	a	30	dB
Ganancia de tensión (interna)	2500			
(No se produce inversión fase)				

Etapa de transistor en montaje emisor común (E.C.)

Resistencia de entrada media	300	a	5000	$\Omega$
Resistencia de salida media-alta	5	a	50	K $\Omega$
Ganancia de potencia	30	a	40	dB
Ganancia de tensión (interna)	2500			
(Se produce inversión de fase)				

Etapa de transistor en montaje colector común (C.C.)

Resistencia de entrada muy alta				> 1 M $\Omega$
Resistencia de salida muy baja	5	$\Omega$ a	20	K $\Omega$
Ganancia de potencia				1 + $\beta$
Ganancia de tensión				< 1
(No se produce inversión de fase)				

### 6.2.3.3 Curvas características

Para el diseño de los pasos de transistor, excepto para señales muy débiles, generalmente se utiliza el método gráfico, para lo que se utilizan las curvas características facilitadas por los fabricantes.

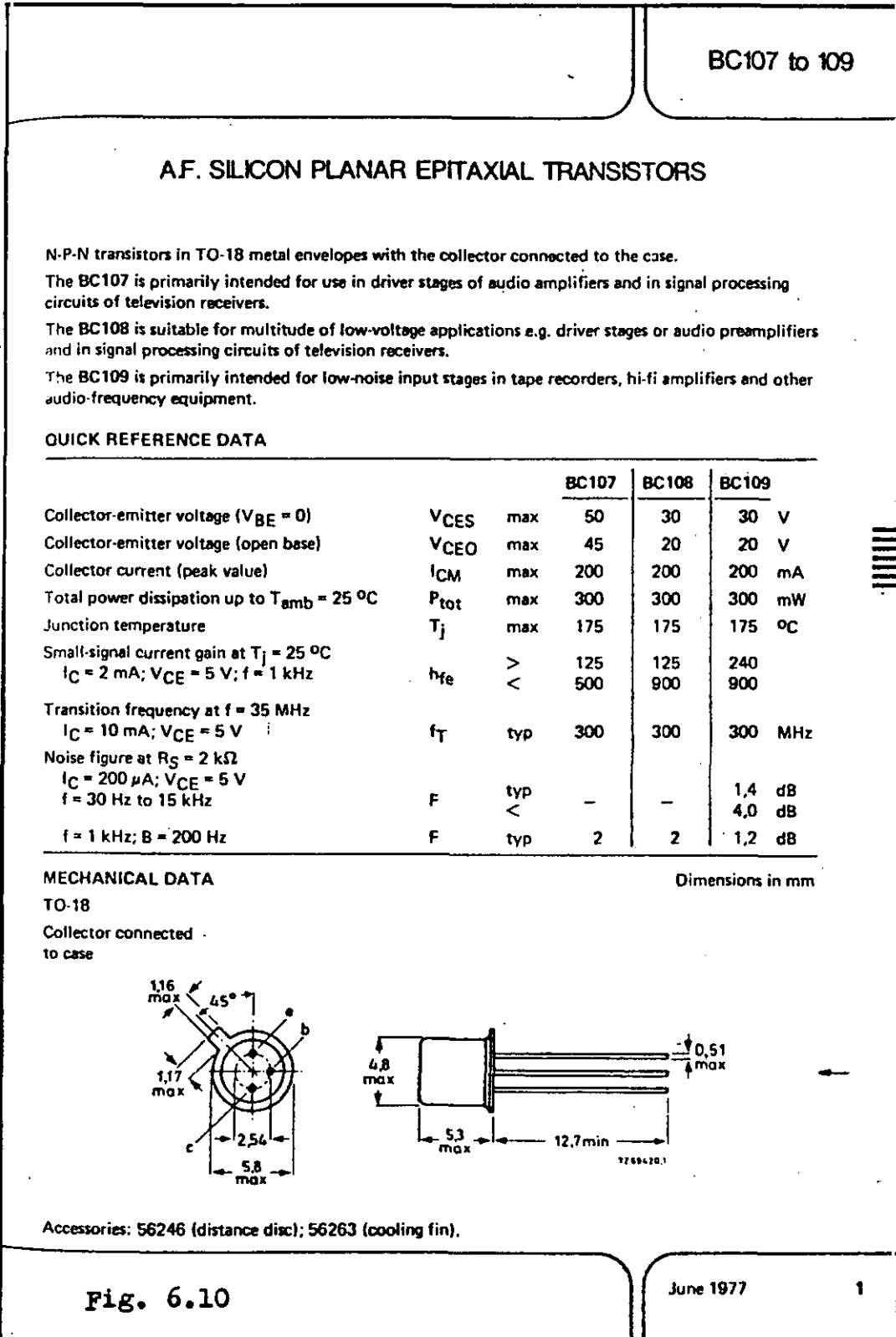
Como el transistor queda definido por cuatro variables independientes: dos corrientes y dos tensiones, pueden hacerse muchas combinaciones de curvas; pero la más importante es la que relaciona la corriente de salida y la tensión de salida, para valores constantes de la corriente de entrada.

Como ejemplo estas de curvas, se pueden ver en la fig. 6.10 y 6.11, las características dadas en las paginas 1 y 5 del manual "Semiconductors and Integrated circuits - Part 2, November 1977", correspondientes a los transistores tipos BC 107 a BC 109.

Son un tipo pequeño de transistor para baja frecuencia, especial para etapas amplificadoras de tensión, en equipos de sonido y receptores de radio y T.V. del que se han fabricado millones de

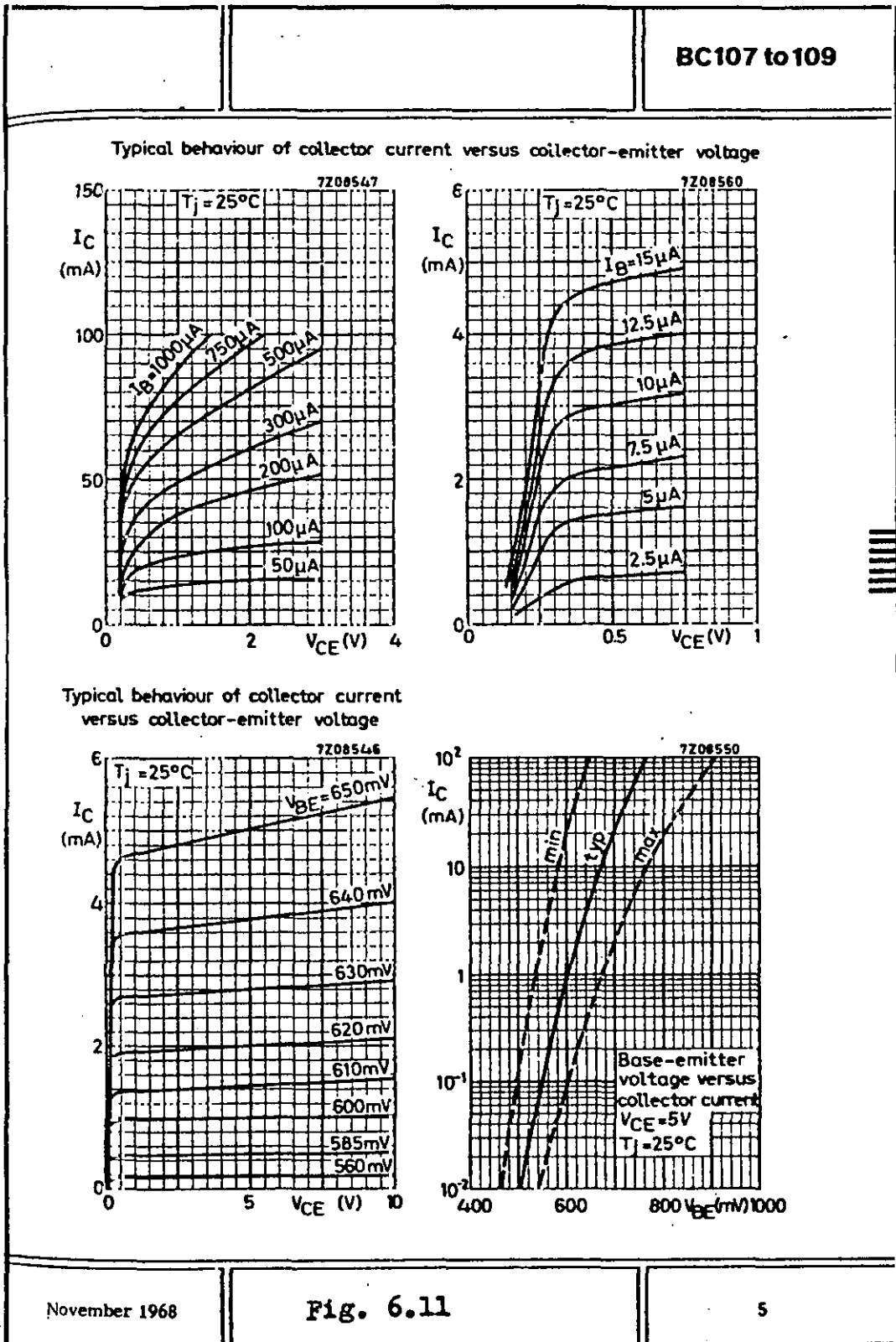
unidades, para uso en toda clase de equipos electrónicos.

En la hoja 1 se detallan las características límites generales, las dimensiones y las conexiones. Destacan: la tensión máxima de alimentación colector-emisor 30 voltios, la corriente máxima de colector 200 miliamperios, la temperatura máxima admisible en la unión 175 °C, el valor de «  $\beta$  » ( $h_{fe}$ ) de 500 a 900 y «  $f_T$  » frecuencia de corte o « producto ganancia-ancho de banda » que es la frecuencia a la cual el valor de  $h_{fe}$  cae a la unidad.



Otra característica muy importante, que facilita la hoja 1, es la máxima disipación del transistor a 25 °C, 300 mW.

Si se superan los 300 milivatios de disipación a 25 °C de temperatura ambiente, la temperatura de la unión base-colector será superior a 175 °C y se destruirá el transistor. Siendo además necesario hacer un cálculo de estabilización térmica, cuando funciona el transistor en temperaturas ambiente superiores a 25 °C.



En la hoja 5 se dan tres curvas características de corriente de colector, en función de la tensión de colector  $I_c = f(V_{ce})$ , para varios valores de corriente de base, que se toma como parámetro y para tres margenes distintos de  $V_{ce}$ . Asimismo se da otra familia de curvas de valores mínimo, típico y máximo que relaciona la tensión en la unión base-emisor  $V_{be}$  y la corriente de colector.

Un diseño de circuitos, más elaborado y que es utilizado para manejar señales muy débiles, utiliza unos parámetros híbridos, fundados en una matriz de cuatro polos o un circuito equivalente, que permiten calcular, con una fórmulas bastante complejas, todas las condiciones de trabajo del transistor.

#### 6.2.4 Otros componentes semiconductores

##### 6.2.4.1 Tiristor

Es un importante componente semiconductor, específicamente desarrollado para rectificadores controlados, desde pequeñas hasta grandes potencias, siendo al mismo tiempo: rectificador, interruptor y amplificador.

Los primeros tiristores fueron comercializados en EE. UU. por la firma General Electric, en el año 1.957.

Es un diodo especial, que además del ánodo (+) y del cátodo (-), tiene un tercer electrodo (G) de control o «PUERTA», que mediante una tensión de mando, puede cambiar el estado de «BLOQUEO» del tiristor al estado de «CONDUCCION» de corriente. La potencia necesaria para el control es inferior a un vatio.

El tiristor solo conduce corriente en un sentido, es de conducción unidireccional, con el ánodo positivo respecto al cátodo.

Cuando el tiristor pasa al estado de conducción, la puerta pierde su condición de control; pero si el tiristor está rectificando una corriente alterna, se bloqueará durante los semiperiodos que hacen el ánodo negativo respecto el cátodo. En este tiempo de bloqueo del transistor, la puerta recupera su condición de control y actuará en consecuencia.

Si la puerta tiene tensión de mando, el tiristor pasará con el siguiente semiperiodo a la conducción y en el caso contrario, al de bloqueo definitivo, como si se tratase de un interruptor.

Puede considerarse que es un amplificador, ya que una pequeña potencia de mando en la puerta que no supera un vatio, puede controlar potencias de salida de miles de kilovatios.

Está constituido por dos uniones P/N separadas por una N/P, que forman cuatro regiones, P-N-P-N, llamadas respectivamente: anódica, de bloqueo, de control y catódica. La tensión de control se aplica entre la región de control y la región catódica. Los electrodos son: ánodo (+), puerta (G) y cátodo (-).

Los tiristores para pequeñas potencias (corrientes de hasta 10 A y 600 V) son muy utilizados en receptores de T.V. y en equipos electrónicos y de mediana y gran potencia, con tensiones

de salida rectificada hasta miles de voltios y corrientes que llegan a centenares de amperios, en instalaciones industriales diversas, procesos electrolíticos, fuerza motriz y ferrocarriles.

#### 6.2.4.2 Triac

Es un componente semiconductor, que reúne las interesantes propiedades de: conducir con semiperiodos positivos para dar una tensión rectificada positiva, hacerlo con semiperiodos negativos para dar una tensión rectificada negativa o mantenerse en estado de «BLOQUEO» durante los dos semiciclos. Lo mismo que el tiristor funciona como un amplificador cuando con una pequeña potencia de mando controla una potencia superior, que puede ser de millares de kilovatios; ya que la potencia de mando, consumida por las dos puertas de mando, es muy reducida.

El triac puede aproximarse a una estructura interna PNP con la particularidad de que en cada una de las regiones P, se ha localizado una pequeña región tipo N. Los electrodos principales se denominan E1 y E2 y las puertas G+ y G-.

La estructura del triac puede desdoblarse en dos tiristores que funcionarían conectados en oposición, así se concibe la conducción bidireccional, en los dos sentidos, sin polaridad y la necesidad de las dos puertas de control.

Los triacs para corrientes de hasta 10 amperios, tienen una extensa aplicación en electrodomésticos, en pequeñas máquinas herramientas para el control de la velocidad, reguladores de iluminación en instalaciones eléctricas y los de potencias superiores 5 KW, se utilizan en la industria como reguladores de potencia en corrientes alternas.

#### 6.2.4.3 Diac, sus, sbs y ujt

Para el disparo automático de los tiristores y los triacs, se han desarrollado varios tipos de diminutos componentes semiconductores de silicio, que se utilizan como elementos auxiliares en los circuitos de mando.

El «DIAC» («DIODE ALTERNATIVE CURRENT») es de estructura muy simple, está formado por dos regiones tipo P sobre un substrato tipo N, no tiene polaridad y produce el «DISPARO» del tiristor o triac, con una tensión de unos 30 voltios.

El «SUS» («SILICON UNILATERAL SWITCH»), es un tiristor miniatura, muy utilizado para el disparo de tiristores, con tensiones de 6 a 10 voltios.

El «SBS» («SILICON BILATERAL SWITCH»), está constituido por dos «SUS» conectadas en oposición, no tiene polaridad y se utilizan para el disparo de triacs.

El «UJT» («TRANSISTOR UNIUNION»), tiene dos bases tipo P difundidas en un substrato de silicio tipo N, mediante la técnica planar. Se utilizan para el disparo de triacs.

#### 6.2.4.4 Diodo led

El diodo «LED» («LIGHT EMITTING DIODE») es un diodo luminiscente, constituido por una unión P/N, en la que se produce una recombinación de huecos y electrones, al excitarse con una polarización directa. La frecuencia de la radiación luminosa depende de las impurezas, que normalmente son una combinación de galio, arsénico y fósforo, las más usuales son el galio y el fósforo para la radiación verde (5.600 Å) y el galio, arsénico y fósforo para la radiación roja (6.600 Å) y esta misma combinación con diferente estructura geométrica, puede utilizarse para la radiaciones amarilla y ambar (5.900 Å y 6.100 Å).

Estos pequeños leds son extensamente utilizados en toda clase de aparatos eléctricos y electrónicos, para señalización e incluso como « MATRICES DE LEDS » a guisa de gráficos de barras verticales y horizontales, su fabricación y comercialización alcanza cifras muy importantes.

La misma tecnología, es utilizada en los «VISUALIZADORES DE LED», formados por uno varios segmentos (leds) encapsulados en un sistema óptico divergente, con los que se pueden representar caracteres de tipo numérico, alfanumérico o alfabéticos.

Se encuentran en el mercado de siete segmentos y un punto para la representación decimal, desde el cero al nueve y de catorce segmentos para representación de caracteres alfanuméricos, formando unidades independientes o en placas agrupados y normalmente para radiación verde y roja.

Es otro componente más que enriquece el mercado de componentes, dentro de la industria de los semiconductores.

#### 6.2.4.5 Diodo Zener

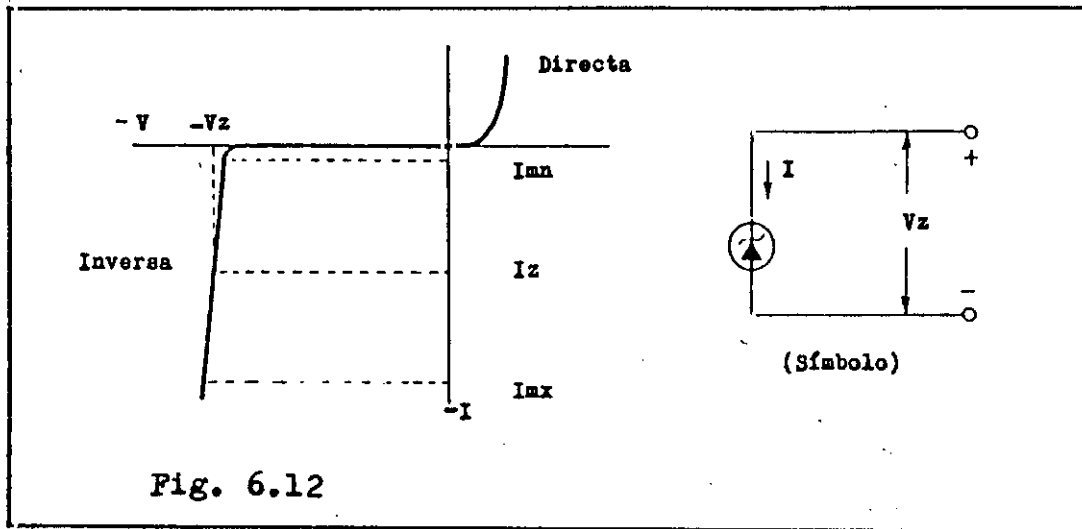
Otro tipo de diodo muy importante es el llamado «ZENER» que es un diodo de silicio, fabricado por difusión o aleación, cuidada para mejorar la curva «tensión inversa / corriente inversa», que es su zona normal de funcionamiento.

La corriente de fuga del diodo de silicio con polarización inversa, es muy reducida, de muy pocos nanoamperios ( $10^{-9}$  A) y permanece prácticamente constante al aumentar la tensión inversa, hasta llegar a la tensión llamada de « RUPTURA ». Esta tensión llamada de « ZENER » se mantiene casi constante, para grandes variaciones de corriente.

Esta característica, tiene una gran aplicación para estabilizar la tensión en muchos circuitos electrónicos que tienen un consumo de corriente muy variable y precisan una tensión de alimentación muy constante, es decir, prácticamente independiente de las variaciones de la corriente.

En la fig. 6.12 se muestran sobre la curva característica de un diodo de silicio, los valores medios de la tensión Zener ( $V_z$ ) y de la corriente ( $I_z$ ). En el mercado existe una gama muy amplia de tipos, que satisfacen cualquier necesidad de diseño, p.e. entre valores de  $V_z$  de 4,7 y 75 voltios (B4V7-B75) con un 2 % de

tolerancia, para potencias ( $P_z = V_z \cdot I_z$ ), desde 400 milivatios a a 1,5 vatios y por supuesto otros tipos de mayor potencia, todos con la denominación de «DIODOS REGULADORES DE TENSION».



Es un componente que tiene una importante aplicación en los aparatos electrónicos, por lo que, produce un interesante mercado para los fabricantes de semiconductores.

#### 6.2.4.6 Varicap

Es un diminuto diodo de silicio que funciona con polarización inversa, para obtener valores variables de la capacidad de la unión, para su uso como diodos sintonizadores en receptores de radio y de T.V. La capacidad está en relación inversa con la tensión aplicada ya que al aumentar ensancha la barrera de la unión.

Es un semiconductor de gran consumo en la fabricación de receptores de radio y T.V. y en el mercado se dispone de una amplia gama de tipos con márgenes de variaciones de capacidad de 2 a 50 picofaradios.

### 6.3 Breve idea de la fabricación de semiconductores

En la fabricación de los transistores y los diodos, se utilizó en un principio el germanio que después fue desplazado por el silicio, que es el que actualmente se utiliza para la fabricación, tanto de semiconductores discretos como integrados.

El germanio fue descubierto en 1.885 por Winkler en una mina de plata en Saxe (Alemania), elemento que en 1.871 Mendeleev había predicho su existencia. El mineral tenía 75 % de plata, 18 % de azufre, trazas de mercurio y hierro y un 6 - 7 % de un elemento desconocido que resultó ser el germanio.

El germanio, se obtiene del bióxido de germanio ( $GeO_2$ ), disponible, como producto residual entre otros, del refinamiento del zinc, estos se trataban con ácido clorhídrico en ebullición.

El germanio con el ácido, forma tetracloruro de germanio de fórmula  $\text{Cl}_4\text{Ge}$ , que como es volátil a  $80^\circ\text{C}$  se destila varias veces para conseguir la total separación del resto de los productos.

El tetracloruro se trata con agua destilada purísima, para formar por hidrólisis bióxido de germanio muy puro, que se introduce en un horno especial tubular, donde mediante una corriente de hidrógeno a  $650^\circ\text{C}$ , se reduce el óxido a germanio metálico.

Sigue una operación de fusión a  $1000^\circ\text{C}$  y una solidificación lenta y por zonas, que va separando las impurezas y purificando el germanio, hasta obtener el grado de pureza necesario, para la fabricación de los componentes semiconductores.

El silicio es muy abundante en la naturaleza, solamente hay que aislarlo y purificarlo, forma un 27,6.% de la corteza terrestre, en peso; pero no se presenta en estado libre.

Fue aislado por primera vez en el año 1.800, por el químico inglés Sir Humphry Davy y después en 1.811 por los químicos franceses Louis Thénard y Joseph Gay-Lussac; pero la identificación la hizo en 1.826 el químico sueco Jacob Berzelius. Finalmente en 1.854, el químico francés Henri Sainte-Claire Deville, obtuvo el silicio cristalizado.

El silicio es un elemento no-metálico muy importante para el hombre, que ha tomado un extraordinario protagonismo con la aparición de los componentes semiconductores, empezando su utilización en los transistores desbancando al germanio y afianzando su utilidad aún más, con la revolución de los circuitos integrados y los semiconductores de potencia: diodos, transistores, tiristores, triacs, diacs, etc.

Japón: La industria del acero empiezan a fabricar silicio.

... la reconversión que están llevando a cabo en la actualidad varias compañías japonesas para transformar la producción de acero - que no ha experimentado crecimiento alguno durante los cinco últimos años - en la obtención de silicio; entre otras compañías se encuentra la mayor compañía del mundo productora de acero, la Japan Steel Co., que ha creado la NSC Electron para producir planchas de silicio. Esta compañía está construyendo en Hikari City una factoría que se inaugurará en Abril de 1987 con la producción anual de dos millones de planchas. ... Se trata, en esencia, de obtener silicio a partir de uno de los materiales más abundantes en la tierra, la sílice.

La sílice es un óxido de silicio, el cual se obtiene por reducción con carbón de aquellas temperaturas superiores a  $1.400$  grados centígrados. La producción de una tonelada de silicio consume  $1.500$  kilovatios/hora de electricidad; así, pues, el coste de la sílice - existen variedades de cuarzo especialmente adecuadas - y el de la energía eléctrica son factores que hay que tener presentes en la en la fabricación y rentabilidad del silicio. ...

(A.B.C. "Ciencia y Futuro", 08.04.1986 : 84 )

En EE. UU. el «SILICON VALLEY» (El valle del silicio) en California, es un valle estrecho de 40 kilómetros de longitud, que discurre entre Palo Alto y San José, acaparando la más importante concentración de laboratorios de investigación, fabricantes y entidades comerciales, gracias a la aplicación del silicio.

Tanto el germanio como el silicio, destinado a la fabricación de componentes semiconductores, se someten a sucesivas operaciones de purificación, por métodos químicos y físicos, controladas por mediciones de resistividad, cuyos valores son los indicadores del grado de pureza del material. En el germanio se considera aceptable una resistividad superior a  $50 \Omega/\text{cm}^2/\text{cm}$  y para el silicio de  $100 \Omega/\text{cm}^2/\text{cm}$ .

El producto final se acaba en barras de 2 a 4 cm de diámetro de longitud variable, según el tamaño del crisol para la cristalización. Estas barras se cortan en discos de unos 0,3 mm de espesor, que después de pulidos se cortan en diminutos rectángulos.

La fabricación propiamente dicha del transistor, ha seguido diferentes técnicas, que han mejorado sus características, reduciendo la resistencia serie del colector, la capacidad de colector, las corrientes de fuga y aumentando la velocidad de conmutación, la frecuencia de corte y la ganancia de corriente.

Este perfeccionamiento de los transistores fueron el fruto de las técnicas, planar y epitaxial.

La técnica planar sigue la operaciones siguientes:

1) «OXIDACION», si se fabrica un transistor NPN utiliza un cristal tipo N (región del colector), para formar en una de sus caras una capa de óxido de silicio de una micra de espesor. Esta operación dura cuatro horas y se hace en un horno especial, con una atmósfera de oxígeno o vapor de agua a  $1000^\circ\text{C}$ .

2) «DIFUSION», se hace una ventana en la capa de óxido utilizando una técnica de fotograbado y a su través se introduce la impureza del grupo III (región de base tipo P). Esta operación se hace a una temperatura de unos  $1000^\circ\text{C}$  en presencia de la exacta dosificación de la impureza en forma de vapor, que se difundirá en el cristal a razón de 2,5 micras ( $2,5 \mu\text{m}$ ) por hora.

3) «OXIDACION», se repite esta operación para crear otra capa de óxido de silicio del mismo espesor, que cubra toda la superficie del cristal, incluida la región de base recién formada.

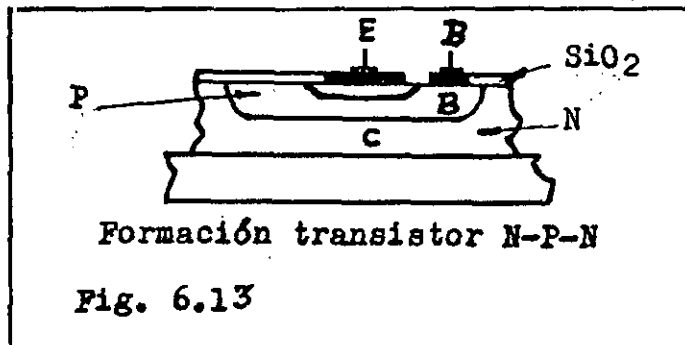
4) «DIFUSION», se hace una nueva operación de difusión; pero utilizando una impureza del grupo V, para formar sobre la base la región tipo N del emisor. Previamente, con el mismo procedimiento de fotograbado, se hace una una ventana para dejar al descubierto una parte de la base, que permita hacer la difusión.

5) «DEPOSICION», consiste en depositar sobre toda la superficie del cristal una capa de oro, plata o aluminio de  $1,5 \mu\text{m}$  de espesor, posteriormente se tratará por un procedimiento fotolitográfico, para eliminar la parte de superficie metálica que no corresponde a las zonas de contacto de las regiones. Esta operación se realiza en hornos al vacío, a una temperatura de  $200^\circ\text{C}$ .

6) «ENCAPSULADO», consiste en alojar las unidades en pequeños recintos protectores, metálicos cilíndricos o de plástico en forma semicilíndrica o piramidal, dotados con tres patillas o hilos metálicos aislados, de 0,6 mm de diámetro de unos 15 a 35 mm de longitud, que se conexionan internamente al emisor, la base y el colector, respectivamente. Ya sea por una marca o la disposición de las patillas o los hilos, siempre quedan identificadas las conexiones.

7) «INTERCONEXIONADO» interno, entre las regiones y los terminales exteriores, se hace fijando los hilos por termocompresión, mediante máquinas automática dotadas con micromanipuladores.

En la fig. 6.13, se representa como quedan situadas las regiones de colector, base y emisor, según la simplificada explicación que se ha enumerado anteriormente.



La técnica «EPITAXIAL», consiste en hacer un desarrollo por capas de unas 2,5 μm de espesor a partir de una pequeña placa de cristal, formando un monocristal, en un proceso progresivo, que permite controlar con gran precisión, las dimensiones físicas, la resistencia y las impurezas que se van incorporando, con independencia de la pequeña placa de semiconductor utilizada inicialmente como sustrato.

No se debe descartar, que toda esta tecnología está evolucionando constantemente y cambiando según las necesidades del mercado, que determina la intensificación o la reducción de la fabricación de determinados tipos de semiconductores, ajustes que pueden requerir la utilización de una combinación de sistemas de fabricación, para conseguir una mayor rentabilidad.

#### 6.4 Codificación de los semiconductores

La identificación de los semiconductores, se hace mediante una codificación normalizada, que corresponde a grupos seleccionados por funciones, generalmente dos o tres letras y tres o dos cifras, respectivamente, los principales grupos son:

Primera letra

---

A	.....	Diodos y transistores de Germanio
B	.....	Diodos y transistores de Silicio
C	.....	Diodos y transistores de Arseniuro de Galio

Segunda letra

A	.....	Diodos de detección y conmutación
B	.....	Varicaps
C	.....	Transistores de baja frecuencia de pequeña potencia
D	.....	Transistores de baja frecuencia de potencia
F	.....	Transistores de alta frecuencia de pequeña potencia
L	.....	Transistores de alta frecuencia de potencia
R	.....	Tiristores de pequeña potencia
T	.....	Tiristores de elevada potencia
Y	.....	Diodos rectificadores de potencia
Z	.....	Diodos reguladores de tensión

Número de serie

Tres cifras:	Uso corriente
Una letra	
y dos cifras:	Uso profesional

Así los transistores BC107 a BC109, cuyas características se muestran en las hojas 94 y 95, según la codificación son transistores de silicio (B), de baja frecuencia de pequeña potencia (C) y de uso corriente (tres cifras).

7 CAPITULO 7

7.1 Panorámica general de transistores

7.1.1. Transistores MOSFET (IGFET o mos)

## 7. CAPITULO 7

## 7.1 Panorámica general de transistores

Los transistores tipos P-N-P y N-P-N se conocen bajo la denominación de «TRANSISTORES BIPOLARES» debido a que en la conducción de corriente participan los electrones y los huecos.

Otro grupo de transistores cuyo descubrimiento data del año 1.928 (v. pag. 81), llamados «TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO» se les clasifica como «TRANSISTORES UNIPOLARES», debido a que en la conducción de corriente, sólo participa un tipo de portador de carga, que puede ser el electrón o el hueco.

A este transistor, se le conoce en la bibliografía inglesa con el nombre de «FIELD EFFECT TRANSISTER».

En una explicación muy simplificada, el transistor de efecto de campo está constituido, por una pieza paralelepípeda de silicio de reducidísimas dimensiones («CANAL»), con sus bases metalizadas, cuyos respectivos contactos extremos constituyen los electrodos «DRENADOR» y «FUENTE». Además, dos caras laterales enfrentadas, parcialmente metalizadas, forman unidas electricamente, el electrodo llamado «PUERTA».

La resistencia del canal de silicio, varía entre 1 y 10 K $\Omega$ .

El contacto entre los electrodos fuente y drenador y el canal de silicio es directo y de muy baja resistencia eléctrica; pero no existe contacto eléctrico directo entre las zonas metalizadas que forman la puerta y el canal de silicio.

La transición entre el electrodo de puerta y el canal, puede estar constituida por una unión P/N o por una capa de óxido, formando los transistores «FET DE CAPA DE BLOQUEO» o los «MOSFET», respectivamente.

Seguidamente se hace una exposición de tipos y símbolos.

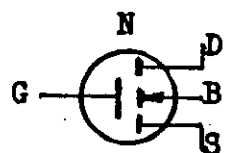
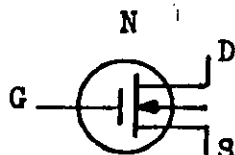
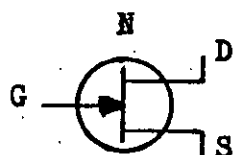
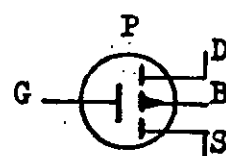
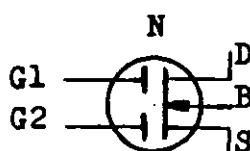
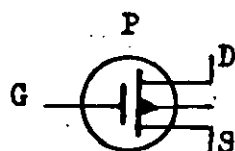
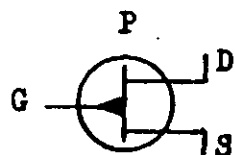
## Transistores de efecto de campo.

FET (bloqueo)  
(Autoconduct.)

MOSFET  
(Autoconduct.)

MOSFET(2G)  
(Autocond. N)

MOSFET  
(Autobloq.)



En los transistores de efecto de campo autoconductores, la señal que se aplica entre la puerta (G) y la fuente (S) produce un «EMPOBRECIMIENTO» del canal de silicio y en los autobloqueados el efecto es opuesto, un «ENRIQUECIMIENTO».

Empobrecer el canal, es estrecharlo o reducir los portadores de carga, resultando un aumento de su resistencia y enriquecerlo, es producir un efecto opuesto.

La señal de entrada que se aplica a la puerta G de un transistor de efecto de campo, produce una "modulación" de la resistencia del canal y por lo tanto, de la corriente drenador-fuente.

Todos los transistores del tipo MOSFET, tienen las puertas aisladas del canal con una capa de óxido de silicio muy fina, del orden de 0,1 micra ( $\mu\text{m}$ ).

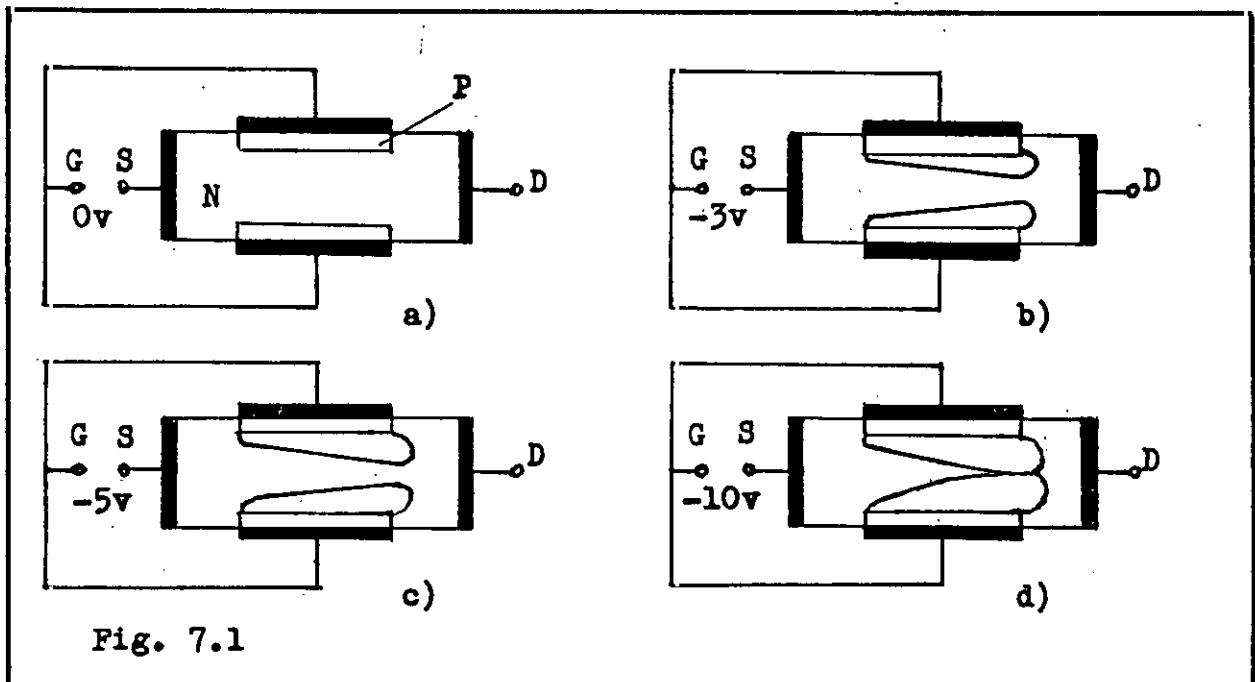
El FET de capa de bloqueo (JGFET), sólo autoconductor, puede ser con transición P/N al canal N o N/P al canal P. Los electrodos son: puerta G, drenador D y fuente S.

El MOSFET autoconductor puede ser de canal P o N. Los electrodos son: puerta G, drenador D, fuente S y substrato B.

El MOSFET de doble puerta autoconductor es sólo de canal N. Los electrodos son: puerta G1, puerta G2, drenador D, fuente S y el substrato B.

El MOSFET autobloqueado puede ser de canal N o P. Los electrodos son: puerta G, drenador D, fuente S y substrato B.

En las figuras 7.1, a), b), c) y d), se representa un transistor JGFET con zona de transición P/N al canal N, con cuatro polarizaciones de VGS, mostrándose, como actúa esta tensión aplicada entre la puerta (G) y la fuente (S), sobre el canal de silicio.



En la fig. 7.1, aunque no está indicado la tensión  $V_{DS}$  se mantiene a un valor de 50 v y se observa:

Que la polarización, de la puerta G respecto de la fuente S, es inversa; es decir, la región P es negativa respecto de la N del canal, es la polarización normal para este tipo de transistor, que presenta una resistencia de entrada muy elevada.

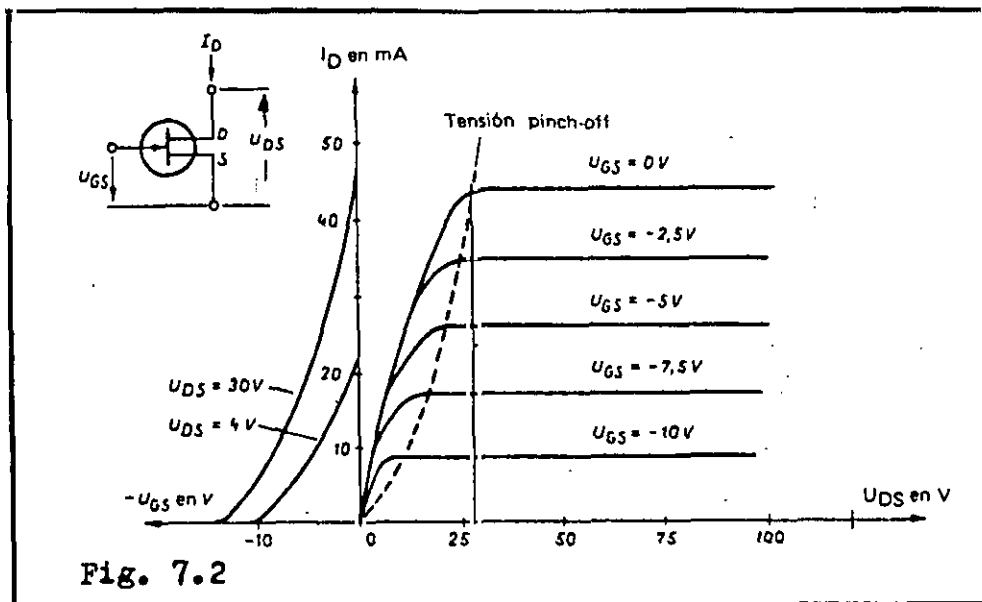
En a) al ser la tensión  $V_{GS} = 0$ , no existen zonas de carga espacial, presentando el canal sus mejores condiciones de conducción, corresponde al sector pasivo de la curva característica.

En b) la tensión aplicada es  $V_{GS} = -3$  v, la puerta G ya produce un campo eléctrico en el canal de silicio y las correspondientes zonas de carga espacial agotadas de portadores, existiendo un moderado estrangulamiento del canal de silicio, corresponde al sector de estrangulamiento de la curva característica.

En c) la tensión aplicada  $V_{GS} = -5$  v, es mayor que en el caso anterior, por lo que, el estrangulamiento es más acusado.

En d) la tensión aplicada  $V_{GS} = -10$  v, corresponde a la estrangulación total del canal, impidiendo el paso de corriente entre el drenador D y la fuente S.

La familia de curvas características, corriente drenador  $I_D$  en función de la tensión  $V_{DS}$  (drenador-fuente), para varios valores fijos de  $V_{GS}$ , es semejante a la de un pentodo termoiónico, como puede verse en la fig. 7.2. Se trata de un componente "controlado por tensión" y de resistencia de entrada muy elevada como la válvula termoiónica, mientras que el transistor bipolar es controlado por corriente y de resistencia de entrada baja.



El JGFET («JUNCTION GATE FIELD EFFECT TRANSISTOR»), se utiliza en etapas amplificadoras de radiofrecuencia en receptores de radio y T.V., en aparatos e instrumentos de medición de alta impedancia de entrada y formando la primera etapa en algunos tipos de circuitos integrados (C.I.).

### 7.1.1 Transistor MOSFET (IGFET o MOS)

EL transistor IGFET ( «INSULATED GATE FIELD TRANSISTOR» ) o simplemente MOS ( «METAL OXIDE SEMICONDUCTOR» ), es de mayor aplicación que el JGFET, por las ventajas que presenta para la fabricación de circuitos integrados para sistemas digitales.

Según la composición de la delgadísima capa utilizada para aislar la puerta G del canal de silicio del tipo P o N se distinguen por las siglas:

MOSFET .....	Con capa aislante de óxido de silicio
MNSFET .....	Con capa aislante de nitruro de silicio
MASFET .....	Con capa aislante de óxido de aluminio

En la fabricación de transistores MOSFET se utiliza la técnica planar (v. pags. 85, 87 y 101), el más popular y sencillo de fabricar es el de canal P, constituido por un substrato tipo N con reducida concentración de impureza, en el que por «DIFUSION» se crean dos regiones P muy impurificadas, separadas de 10 a 20 micras aproximadamente. Estas regiones constituyen el drenador (D) y la fuente (S), respectivamente.

Sigue una operación de «OXIDACION» para cubrir toda la superficie con una capa de óxido de silicio de 0,1 micras ( $\mu\text{m}$ ) y a continuación se practican sendas ventanas en el óxido de silicio, sobre las dos regiones P y un depósito de aluminio por «DEPOSICION» sobre el total de la superficie.

Con un procedimiento fotolitográfico combinado con la operación llamada «INTERCONEXION» se secciona la capa metálica para definir la puerta G y los contactos del drenador D y fuente S.

Después de la operación de «ENCAPSULADO» y codificado queda terminado el transistor; pero son fabricados en grandes series de forma que las operaciones son comunes y simultáneas a miles de unidades.

En la fig. 7.2 se muestra el transistor MOSFET de canal P de autobloqueo.

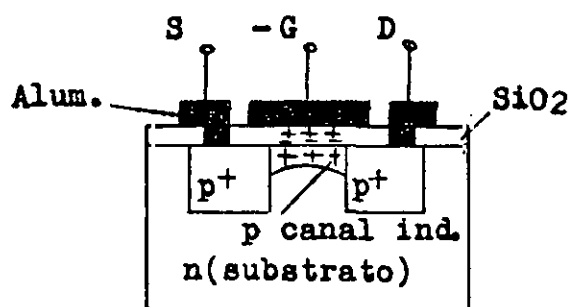


Fig. 7.2

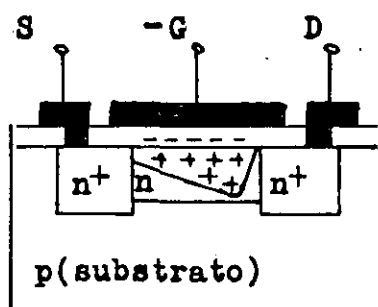


Fig. 7.3

Este tipo de transistor funciona por enriquecimiento, pues al aplicar una tensión negativa entre puerta G y el substrato B, el campo eléctrico formará un canal P inducido entre las regiones del drenador D y la fuente S, cuya conductividad aumenta al elevarse la tensión de la puerta G. El canal inducido se forma con portadores minoritarios (+) del substrato tipo N (v. fig. 7.3).

El MOSFET autoconductor puede ser de canal P o N y aunque el más popular y sencillo de fabricar es el primero, el tipo N se fabrica a partir de un substrato P en el que se difunden dos regiones N muy concentradas de impureza del grupo V, que forman el drenador D y la fuente S, respectivamente y entre ambas, se hace por «DIFUSION» un canal N, con la misma impureza del grupo V.

Las operaciones de formación de la puerta y contactos metalizados del drenador D y de la fuente S, son semejantes a las que se realizan para la fabricación del autobloqueado (v. fig. 7.4).

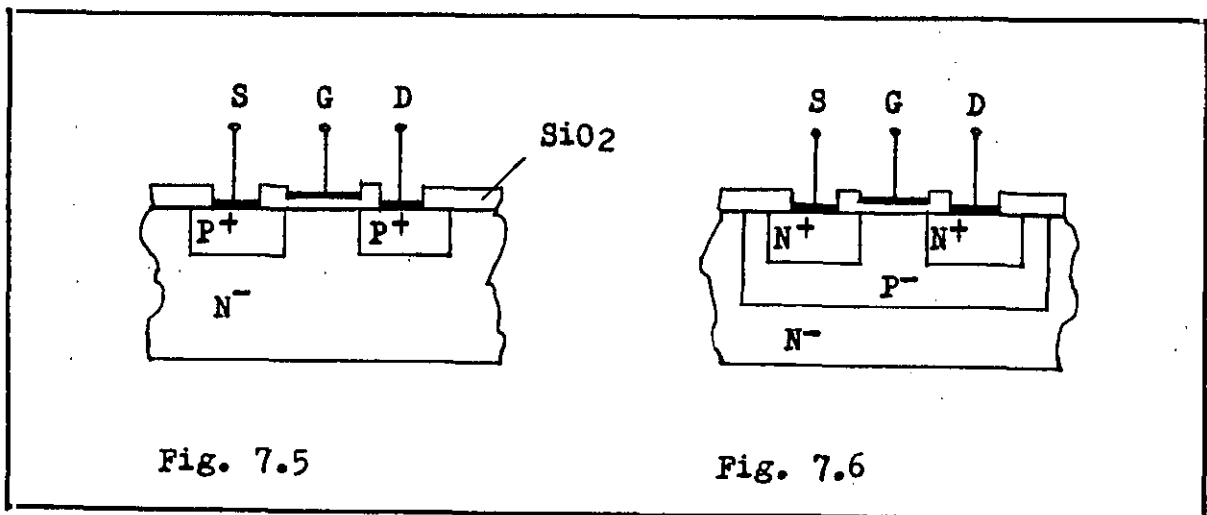


Fig. 7.5

Fig. 7.6

Los transistores MOSFET tienen una impedancia (v. Apéndice 8) de entrada comprendida entre  $10^{15}$  y  $10^{24}$  ohmios, según el espesor de la capa de óxido de silicio.

El transistor MOSFET de doble puerta de autoconducción, según la bibliografía en lengua inglesa «DUAL GATE MOSFET», tiene dos puertas (G1 y G2) a lo largo del canal tipo N, por lo que ambas, controlan la corriente del drenador.

Los transistores MOSFET tienen factores de ruido inferiores al de las válvulas termoiónicas.

Una nueva tecnología en estos transistores, se basa en combinar un MOSFET de canal P y otro de canal N, ambos del tipo del de autobloqueo, resultando una estructura única CMOSFET. Los dos tipos, canales N y P, se representan en la fig. 7.5 y fig. 7.6.

En los transistores MOSFET es necesario proteger la capa de óxido de silicio, contra la ruptura producida por acumulación de carga electrostática, cuando el circuito de puerta está abierto, para lo que generalmente se fabrican con un diodo Zener conectado entre la puerta y el substrato, que limita la tensión a un valor tolera-

ble; no obstante, estas unidades deben manejarse cuidando no tocar las patillas de las conexiones con los dedos u objetos metálicos.

La notoriedad e importancia que han adquirido los transistores MOSFET, se debe a su utilización en la fabricación de circuitos integrados digitales, para su aplicación en los ordenadores, donde sustituyen a los transistores bipolares (v. CAPITULO 8).

## 8 CAPITULO 8

### 8.1 Circuitos integrados

8.1.1 Circuitos integrados digitales y analógicos

8.1.2 Escalas de integración

8.1.3 Familias lógicas

8.1.4 Funciones lógicas y puertas

8.1.5 Circuitos combinacionales y secuenciales

8.1.5.1 Circuitos combinacionales

8.1.5.2 Circuitos secuenciales

8.1.6 Memorias

8.1.6.1 Memorias de semiconductores

8.1.6.2 Acceso a la memoria, ordenador

8.1.7 La «CPU»

8.1.8 Microprocesadores comerciales

8.1.9 Evolución de los circuitos integrados

8.1.10 Información de fabricantes

## 8. CAPITULO 8

### 8.1 Circuitos integrados

Los circuitos electrónicos, evolucionaron y se convirtieron en los años 50, en un conjunto formado por transistores y otros semiconductores, al que se agregaban: condensadores, inductores y resistencias, soldados a las conexiones de cobre impresas sobre una placa de fibra de 1,5 mm de espesor (v. pag. 82), constituyendo módulos o tarjetas, en muchos casos enchufables, que abarataron y facilitaron la construcción y el mantenimiento de los equipos.

A pesar de este importante paso, debido a la complejidad de los circuitos, que aumentaba continuamente al abordar nuevos campos de aplicaciones, se presentaban verdaderos problemas de cableado o interconexión de componentes, que fueron sembrando ideas de proyectos de montajes en bloque, con interconexiones («A SOLID BLOCK»), coincidentes con una política de miniaturización de los montajes.

Jack St. Clair Kilby (1.9 -1.9 ), graduado en 1.947 en la Universidad de Illinois, como ingeniero eléctrico, fue responsable de la construcción del primer «SOLID STATE CIRCUIT», en el laboratorio de investigación de «Texas Instruments» en E.E. U.U..

Utilizó, una laminilla de germanio para fabricar «in situ», transistores, condensadores, inductores y resistencias, constituyendo el primer «CHIP», que reunía de forma indivisible, en una misma y diminuta estructura cristalina, los componentes activos y pasivos, que componían un circuito electrónico completo, que fue anunciado y presentado al público en 1.959.

Eligió para la prueba un «FLIP-FLOP», esquema que fue desarrollado en 1.919, por los físicos W. H. Eccles y F. W. Jordan, como báscula o interruptor biestable, que cambia de estado, salida de tensión alta o salida cero, por un impulso exterior. En su versión con válvulas utiliza básicamente, dos triodos, dos condensadores y siete resistencias y fue muy utilizado, como elemento de memoria binaria en los ordenadores.

La empresa estadounidense «Fairchild Semiconductors» anunció en 1.960, el proceso de fabricación «PLANAR» (v. pag.101), que desarrolló en sus laboratorios.

Como aplicación idónea de esta forma de fabricación, se potenció la producción de «SOLID STATE CIRCUIT» y se utilizó la resistencia ohmica del silicio y la capacidad de las uniones P/N para la formación de los componentes pasivos.

Así, en esta década de los años 60, comienza la carrera vertiginosa de la «MICROELECTRONICA», protagonizada por los laboratorios y fabricantes, investigando la creación de nuevas tecnologías para mejorar y ampliar la producción de circuitos integrados.

Se producía la irrupción del «CIRCUITO INTEGRADO» que al igual que el transistor, desencadenaría la nueva revolución técnica, en la propia de los semiconductores.

En 1.961 «Fairchild Semiconductors» lanzó al mercado la primera serie de «CHIPS» o «INTEGRATED CIRCUITS» para electróni-

ca digital, que llamó «MICROLOGIC», a los que seguirían en 1.965 la serie  $\mu A$  700 de «AMPLIFICADORES OPERACIONALES»,  $\mu A$  702,  $\mu A$  709 y  $\mu A$  710 y en 1.968 el  $\mu A$  741, económico y popular entre los populares, durante casi dos décadas.

El amplificador operacional fue diseñado para utilizarlo en los primeros ordenadores analógicos, para realizar las operaciones matemáticas de adición, sustracción, integración, etc; pero tienen muchas aplicaciones en electrónica analógica, como amplificador de corriente alterna o continua y en aparatos de medición en funciones, de osciladores, filtros activos, sensores, etc.

En las características de los amplificadores operacionales destacan: una impedancia de entrada elevada, de salida muy baja, ganancia alta, aceptable ancho de banda y bajo ruido.

Están constituidos por tres etapas simétricas acopladas directamente, formadas cada una con dos transistores integrados idénticos, la primera con dos entradas para salida diferencial, la segunda es la que proporciona la ganancia del amplificador operacional y la última reduce la impedancia de salida.

A partir del año 1.965, más de veinticinco fabricantes abastecían en fuerte competencia, el mercado de circuitos integrados, proporcionando información y recomendando esquemas y condiciones de funcionamiento, para diversas aplicaciones. Entre estos fabricantes destacaron: Fairchild, Motorola y Sylvania, como los más competitivos.

### 8.1.1 Circuitos integrados digitales y analógicos

Los circuitos integrados (C.I.) se catalogan en dos grupos: «NUMERICOS ó DIGITALES» y «ANALOGICOS ó LINEALES», siendo sus peculiares características las siguientes:

- Los C.I.«DIGITALES» dan una salida, que solamente toma dos estados, el «0» o el «1», que corresponden a sendos niveles de la tensión de salida, cuyos valores están perfectamente definidos.
- En los C.I.«ANALOGICOS» la tensión de la señal de salida, es una función continua de una variable que es la tensión de entrada.

Las ventajas más destacadas del C.I. son:

- Volúmen muy reducido, factor importantísimo en los equipos portátiles y móviles para comunicaciones y mediciones.
- Fiabilidad, es mayor que la de los equipos que utilizan componentes discretos y cableado convencional.
- Economía, el precio de los equipos con circuitos integrados es inferior y la construcción más sencilla.
- La reducción del consumo de corriente, es otra ventaja muy importante y destacable en equipos con muchos com-

ponentes activos o alimentados con baterías o pilas.

- Representan un importante ahorro de tiempo en el diseño, puesta a punto y fabricación de los equipos.

Los transistores que forman parte de los circuitos digitales funcionan «CONMUTANDO», es decir, pasan del estado de «CORTE» al de «SATURACION» o viceversa, estableciendo a la salida un nivel de tensión «ALTO» o «BAJO», respectivamente. Los transistores en esta forma de trabajo no amplifican la señal, mantienen los niveles.

Por trabajar así los transistores, a la electrónica digital también se la conoce como electrónica de «CONMUTACION» y son frecuentes circuitos digitales, constituidos por cientos de miles de transistores integrados.

Los circuitos integrados digitales, están introduciéndose en todos los ámbitos de la vida, con ellos se potenciaron los ordenadores y en sus entrañas invaden: laboratorios, industrias, bancos, comercios, administraciones y hogares. Como sistemas digitales de control en edificios (ascensores, calefacción, alumbrado, alarmas, etc) y en la industria en general para control y regulación de humedad, presión y temperatura, en el sector del automóvil, electro-medicina, navegación aérea y marítima y ferrocarriles.

Los circuitos integrados analógicos, son muy utilizados en los amplificadores de sonido, receptores de radio y T.V., grabadores-reproductores de sonido y video, equipos de comunicaciones fijos, móviles y portátiles, instrumentación científica y especializada, equipos industriales para mediciones y regulación, sonómetros, detección de gases, protección de operarios, alarmas, etc.

### 8.1.2 Escalas de integración

El número de transistores o puertas, que se ubican, simultáneamente en un «CHIP», lo clasifica dentro de una categoría de integración, que se denomina «ESCALA DE INTEGRACION».

El gran desarrollo de la «MICROELECTRONICA», fue aumentando la capacidad de integración, de unos pocos transistores por chip al comienzo de los 60, hasta cientos de miles en la actualidad.

Una clasificación aproximada según el número de transistores o puertas elementales integradas, es la siguiente:

Núm. de transistores		Escala de integración	
-----		-----	
10	a 100	SSI	(Small Scale Integration)
>100	a 1.000	MSI	(Medium Scale Integration)
>1000	a 10.000	LSI	(Large Scale Integration)
>10.000	a 100.000	VHSI	(Very High Larger Scale Integration)

Los circuitos integrados o chips digitales, están formados por transistores bipolares o unipolares, acoplados entre sí y conexiónados para formar sistemas lógicos : puertas, comparadores, registros, contadores, memorias y procesadores.

### 8.1.3 Familias lógicas

Debido al auge y prometedor consumo de circuitos digitales, en los primeros años de los 60, el mercado estuvo "super surtido" por numerosos fabricantes, con códigos distintos para realizar las mismas funciones, dando lugar a grandes problemas de diseño, creados, por la incompatibilidad de las características relativas a la alimentación y al acoplamiento entre las unidades.

Estos problemas demostraron que era necesaria una normalización que facilitara la elección de los circuitos integrados compatibles, para simplificar el diseño de los sistemas digitales.

Los circuitos integrados digitales, se fabrican con dos tecnologías: la «BIPOLAR» con transistores PNP y NPN y la «UNIPOLAR» que utiliza transistores MOSFET y CMOSFET y existen en ambas tecnologías, circuitos integrados que realizan la misma función lógica; pero con diferentes condiciones de trabajo y códigos.

Hay una serie de características que son propias de cada una de las tecnologías citadas, destacando las siguientes:

#### BIPOLAR

- Alimentación + 5 V y mayor consumo que la t/unipolar
- Mayor rapidez en el cambio de estado que t/unipolar
- Menor capacidad de integración que la t/unipolar

#### UNIPOLAR (MOS)

- Alimentación 0 , +18V y 0 , -18V , según tipos
- Alta impedancia de entrada (poco consumo de potencia)
- Menor rapidez en el cambio de estado que la t/bipolar
- Mayor capacidad de integración que la t/bipolar

Dentro de cada una de las dos tecnologías enumeradas, se conocen «FAMILIAS», que se distinguen por la composición de los circuitos y características comunes, son las siguientes:

#### TECNOLOGIA BIPOLAR

Familia RDL  
 Familia RTL  
 Familia DCTL  
 Familia TTL  
 Familia ECL  
 Familia I<sup>2</sup>L

#### TECNOLOGIA MOS

Familia C-MOS  
 Familia P-MOS  
 Familia H-CMOS  
 Familia N-MOS

La RDL (Resistor Diode Logic) no llegó a integrarse, únicamente se utilizó empleando componentes discretos.

La DCTL (Diode Coupled Transistor Logic), la más sencilla de las integradas, acoplamiento directo, con un diodo-transistor por cada entrada. Dió lugar a la RTL (Resistor Transistor Logic), sustituyendo los diodos por resistencias; pero prácticamente ya no se utilizan.

La TTL (Transistor Transistor Logic), ha sido durante muchos

años la más utilizada, ya que reúne una buenas característica y un precio muy razonable. Aunque en un principio fue integrada en SSI, ha pasado a niveles superiores intraduciendo importantes innovaciones y modalidades que la mantienen en el mercado como: HTTL (mayor velocidad y mayor consumo), LPTTL (economía en el consumo) y LSTTL (mayor velocidad y bajo consumo), que se conocen bajo la denominación «SCHOTTKY».

La ECL (Emitter Coupled Logic) es para alta velocidad de conmutación y lo consigue no llegando a los estados de corte ni de saturación, " es como una reducción de camino "; pero a consta de un aumento del consumo de corriente.

La I<sup>2</sup>L ó IIL (Integrated Injection Logic), es la más moderna, muy simple, de bajo consumo y con una capacidad de integración comparable a los MOS, se ha utilizado en la fabricación de relojes y «MICROPROCESADORES».

En la tecnología MOS, se utilizan transistores MOSFET de canales N o P o de los dos tipos. Las principales ventajas de esta tecnología, es una capacidad de integración mayor y un consumo de corriente menor, una desventaja es que son más lentos en la conmutación de corte a saturación y viceversa.

Del tipo de transistor utilizado, se derivan los nombres de las familias: C-MOS (C-MOSFET, v. pag. 109), P-MOS (MOSFET canal P), N-MOS (MOSFET canal N) y el H-CMOS de alta (HIGH) velocidad de conmutación.

Es muy interesante comparar las características de las familias integradas, que se muestran resumidas en la tabla que sigue:

FAMILIA	TIEMPO DE PROPAGACION DE LA SEÑAL (ns)	FRECUENCIA MÁX. DE TRABAJO (kHz)	CONSUMO DE UNA PUERTA (mW)		FACTOR DE CALIDAD (p)	APERTURA HACIA LA LSI
			En reposo	En actividad		
TTL estándar	10	35	10	10	100	Muy débil
Schottky estándar	3	120	20	20	60	Muy débil
Schottky baja potencia	10	35	2	2	20	Buena
PMOS	100	5	0,5	0,5	50	Excelente
NMOS	50	10	0,4	0,4	20	Excelente
CMOS	60	10	0,0001	Según F	5	Muy buena
CMOS/SOS	3	100	0,0001	Según F	1	Excelente
I <sup>2</sup> L	50 - 200	5	0,001	0,001	2	Excelente
ECL	1	500	50	50	50	Baja

Los "tiempos de conmutación" de las dos tecnologías, según las familias, están entre los valores de 3 y 200 nanosegundos y los consumos de potencia, entre 0,1 microvatios/puerta y 50 milivatios/puerta, correspondiendo el menor tiempo a las familias ECL y TTL, el mayor consumo a la ECL y el menor consumo a la CMOS.

#### 8.1.4 Funciones lógicas y puertas

La electrónica digital está basada en el «ALGEBRA DE BOOLE» que se debe al filósofo y matemático inglés George Boole (1.815-1.864), quien fue uno de los fundadores de la «LOGICA MATEMATICA» representando las ideas por símbolos matemáticos a los que aplicó las leyes del Algebra de la Lógica.

Boole escribió:

- " The Mathematical Analysis of Logic, being an Essay toward a Calculus of Deduction Reasoning ".  
(" Análisis Matemático de la Lógica ", ed. esp. 1847)
- " A Investigation of the Laws of Thought on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities ".  
(" Una investigación de las leyes del pensamiento sobre las que estan fundadas las teorías matemáticas de la lógica y de las probabilidades ", 1.854)

Como sistema de numeración utilizó el sistema binario creado en el s. XVII por Leibnitz y asignó el «1» al «SI» o «VERDADERO» y el «0» al «NO» o «FALSO» y estableció, las funciones lógicas.

Las funciones lógicas o de conmutación, definen las leyes de combinación de las variables binarias de entrada:

IDENTIDAD: La variable de salida «y» es una función de una sola variable de entrada «x»; resultando una igualdad en el valor de la variable de entrada y la variable de salida.

$$\begin{array}{ll} y = 1 & \text{cuando } x = 1 \\ y = 0 & \text{cuando } x = 0 \end{array}$$

NEGACION: Entre la variable de entrada «x» y la variable de salida «y», existe una «INVERSION» del valor.

$$\begin{array}{ll} y = 1 & \text{cuando } x = 0 \\ y = 0 & \text{cuando } x = 1 \end{array}$$

AND ó & : La variable de salida «y» es «1» (verdadera) sólo y exclusivamente cuando todas las variables de entrada «x1, ..., xn» son, simultáneamente, «1» (verdaderas).

OR : La variable de salida será «1» (verdadera), cuando al menos una variable de entrada sea «1» (verdadera).

Para que la variable de salida sea «0» (falso) todas las variables de entrada «x1, ..., xn», simultáneamente, deberán ser «0» (falso).

La función AND ó &, se expresa como producto,  $F = x_1 \cdot x_2$  y en la bibliografía española se denomina función «Y».

La función OR, se expresa como suma,  $F = x_1 + x_2$  y en la bibliografía española se denomina función «O».

En estas expresiones anteriores, el signo igual (=) debe interpretarse como "la salida adquiere el estado" y el signo más (+) y por ( $\cdot$ ), como AND y OR, respectivamente.

La función NEGACION, también se la conoce como función NOT.

Cada entrada puede tomar el estado «0» o el «1» y con n entradas, pueden producirse  $2^n$  combinaciones diferentes, por ejemplo, con 2 entradas  $2^2 = 4$ , con 3 entradas  $2^3 = 8$ , con 4 entradas  $2^4 = 16$ , etc.

En una «TABLA DE VERDAD», se escriben todas las combinaciones posibles de las entradas y la salida correspondiente, con dos entradas y para las funciones AND y OR, tenemos:

Func. Y con dos entradas			Func. O con dos entradas		
x1	x2	y	x1	x2	y
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

Un circuito electrónico, que cumpla una tabla de verdad, recibe el nombre de «PUERTA». se dice que la puerta "IMPLEMENTA" el circuito digital, materializándolo físicamente.

Aunque las puertas básicas, pueden construirse con facilidad utilizando componentes discretos, como puede ser para hacer una prueba, resulta un gasto de tiempo y dinero innecesario, ya que existe en el mercado una gran oferta de puertas integradas, que satisfacen agrupándolas, cualquier necesidad de diseño y además resultan muy económicas.

El circuito integrado tipo 7411 tiene 3 puertas Y de 3 entradas, el CD4057B 3 puertas O de 3 entradas y el CD4072B lleva 6 inversores.

Un sistema digital, por muy complejo que pueda ser, estará definido por una función del álgebra de Boole, que siempre podrá realizarse físicamente (se dice "implementarse") combinando puertas lógicas AND, OR y NOT, que pueden ser miles.

Gottfried Wilhelm von Leibnitz (1.646-1.716), filósofo, físico y matemático alemán, hombre de extraordinario dinamismo, con protagonismo en muchos campos, defendió la unión de las Iglesias Protestante y Católica, fue inspirador de la creación de Academia de Ciencias de Berlín y defensor de la idea de transformar Europa en una sola unidad política, que decía, al servicio de la civilización, fue autor de numerosos libros.

Leibnitz y Newton, descubrieron independientemente, entre los años 1.671 y 1.676, el cálculo diferencial y Leibnitz en 1686 escribe la obra "De geometria recondita et analysi indivisibilium atque infinitorum", sobre lo que años después, se llamaría cálculo integral, estableciendo además, los signos: «S» de integración, «·» de producto y «:» de división.

Leibnitz fue también el autor, del sistema de numeración binario, que sólo utiliza dos dígitos, el «0» y el «1».

### 8.1.5 Circuitos combinacionales y secuenciales

«COMBINACIONALES» son una serie de circuitos lógicos en los que la salida depende únicamente del estado de las entradas, sin influir la variable tiempo.

«SECUENCIALES» se denominan otros circuitos lógicos que dan una salida, que depende del estado de las entradas y además de la variable tiempo; es decir, que para un mismo estado de las entradas, la salida es diferente según el instante en la secuencia del proceso. Estos circuitos están gobernados por los impulsos de un reloj maestro (CK).

#### 8.1.5.1 Circuitos combinacionales

Son muy numerosos los circuitos combinacionales que se utilizan en los sistemas digitales, «CODIFICADORES», «DECODIFICADORES», «TRANSCODIFICADORES», «COMPARADORES», «MULTIPLEXORES», «DEMULTIPLESORES», «GENERADOR-COMPARADOR DE POLARIDAD», etc. que aunque se pueden "implementar" utilizando componentes discretos, no resulta práctico ni económico; pues existe una gran variedad de tipos de circuitos integrados, que ya sea en unidades sueltas o si es necesario, agrupándolas debidamente interconexionadas, permiten satisfacer las exigencias de cualquier diseño.

Para procesar la información numérica y alfanumérica, debe expresarse en una serie de códigos, p.e. el BCD (Binary Code Decimal) y ASCII (American Code for Information Interchange), respectivamente (entre otros), para cuyas operaciones se requieren circuitos electrónicos a base de puertas, «COMBINACIONALES», p.e. para: codificar (de DECIMAL a BCD), decodificar (de BCD a DECIMAL) y transcodificar (de BCD a BINARIO).

Los «COMPARADORES», analizan dos números binarios, formados por una serie de ceros y unos, empezando por los dos «BITS» de mayor peso, hasta encontrar una diferencia, en cuyo caso, produce una salida L ( $A < B$ ) o G ( $A > B$ ) y si no existe, la salida será E ( $A = B$ ).

Los «MULTIPLEXORES», tienen varias entradas de datos, una sola salida y varias entradas de control, para seleccionar entre las entradas una salida. El número de entradas de control «n», para formar la combinación binaria de selección, está relacionado con el número de entradas «N», por la expresión:  $N = 2^n$ .

Los multiplexores (MPX), se utilizan como selectores digitales de datos, con enorme profusión en informática y también en

electrónica analógica, para la selección de canales de sonido.

Los «DEMULTIPLEXORES» realizan una función opuesta a la de los multiplexores, tienen una sola señal de entrada de datos y varias salidas, entre las que, se selecciona una mediante el número binario formado en las «n» entradas de control. Para seleccionar «N» salidas, es necesario cumplir la relación:  $N = 2^n$ .

El «GENERADOR-COMPARADOR DE PARIDAD», se utiliza para identificar los errores producidos por la introducción de ruidos en los sistemas de transmisión digitales. La información digital está compuesta por una serie de unos y ceros y el ruido puede convertir un uno en cero o viceversa, falseando la información.

Para detectar las alteraciones que falsean la información, se incorpora a cada "palabra de información" una clave de transmisión, formada por un bit, que debe ser «0» o «1» para que el número total de "1's" sea impar o par, según el criterio del sistema. Un cambio de un bit, será automáticamente detectado por el sistema.

#### 8.1.5.2 Circuitos secuenciales

El dispositivo fundamental de los circuitos «SECUENCIALES» es el «FLIP-FLOP» (v. pag. 112), circuito que tiene dos estados estables (biestable) cuyas salidas representan la lógica «0» y la lógica «1», respectivamente.

Mediante un «IMPULSO» de tensión, que se aplica a la entrada del «FLIP-FLOP», se produce el cambio de estado, que conserva indefinidamente (mientras esté alimentado) o hasta la llegada de otro impulso, que retornará el dispositivo al estado anterior.

Un biestable es un «ELEMENTO DE MEMORIA» básico para la composición de los sistemas secuenciales, que están constituidos por un conjunto de biestables (memorias) y un reloj maestro (CK), formando según su diseño, los «REGISTROS» y los «CONTADORES».

Un «REGISTRO» tienen la función de almacenar información binaria temporalmente y están formados por biestables, de los que cada uno almacena un «BIT» y el conjunto, formado por varios puntos de memoria, se llama «UNIDAD LOGICA DE INFORMACION».

Un «CONTADOR» computa el número de «PULSOS» que llegan a su entrada, procedentes del reloj maestro, siendo capaz de tomar un determinado número de estados diferentes, que define el «MODULO» del contador. Este módulo (M) es función del número de biestables (n), que forman el contador, según la fórmula.  $M = 2^n$ .

Existen diferentes tipos de registros y contadores, que hacen las funciones citadas de cada dispositivo; pero actuando con particularidades específicas, que tienen aplicación concreta para distintos procesos de la información.

#### 8.1.6 Memorias

Los sistemas digitales, procesan la información, que reciben del exterior constituyendo los datos, según un programa predetermi-

nado para generar una salida, que puede ser visual, impresa o grabada (ordenador) o actuar sobre circuitos electrónicos para controlar o regular cualquier sistema de: alumbrado, tráfico, elevadores, puesta a punto de aparatos, cadenas o procesos de fabricación, máquinas de producción, máquinas herramientas, etc.

Son imprescindibles las operaciones de: selección, registro, comparación, memorización y cómputo de la información.

La unidad que almacena la información en un sistema digital, disponible para su utilización, se le denomina «MEMORIA» y el lugar ocupado por un «BIT» se llama «PUNTO DE MEMORIA».

Existen memorias de tipo «ELECTRONICO ESTATICAS» constituidas por semiconductores y otras de «SUPERFICIE MOVIL» tales como disco magnético, tambor magnético y cinta cassette.

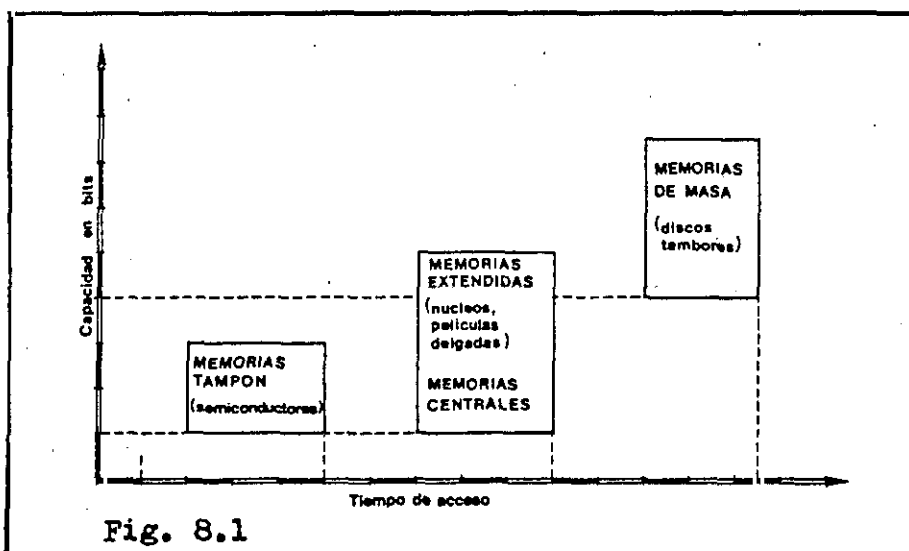
Las características más importantes son: capacidad de almacenamiento, rapidez de acceso a la información, velocidad o caudal de transferencia y consumo de energía.

La memoria estática de semiconductores es «VOLATIL», ya que al desconectar la alimentación de la unidad, queda borrada, hecho que no tiene lugar en las de superficie móvil.

Existen memorias tipo «RAM» («RANDOM ACCESS MEMORY») en las que los datos se pueden grabar y leer, incluso borrarse y repetir la grabación y lectura con otros datos.

Otras memorias para funciones muy específicas almacenan una información "de fábrica", que solamente puede leerse; pero no modificarse, son tipo «ROM» («READ ONLY MEMORY»). Muy utilizadas para grabar rutinas de encendido y comprobación, sistemas operativos o lenguajes de programación.

En la fig. 8.1 se muestra un gráfico, que destaca las características relativas, de velocidad de acceso y capacidad en bits, de los tipos de memoria más usuales.



### 8.1.6.1 Memorias de semiconductores

En las memorias de semiconductores, el «PUNTO DE MEMORIA» está constituido, generalmente por un biestable «FLIP-FLOP», formado por varias puertas lógicas, en circuitos integrados de escala LSI, con tecnología unipolar (MOS) o bipolar (PNP o NPN).

La tecnología MOS («METAL OXIDE SEMICONDUCTOR») con transistores FET («FIELD EFFECT TRANSISTOR»), tiene mayor capacidad de integración, (bits/chip); pero es más lenta, que la tecnología bipolar con transistores NPN y PNP.

Estas memorias de semiconductores estáticas, se fabrican en los tipos «RAM» volátiles, para grabar y leer datos y «ROM» sólo para lectura de información, en tres versiones: «RPROM», «EPROM» y «EERON», que fuera del equipo, utilizando distintos procedimientos para cada memoria, se pueden borrar y reprogramar.

Existe un tipo de memoria dinámica volátil, formada por condensadores integrados, que permiten un almacenaje, bits/chip, cuatro veces mayor que utilizando flip-flop's; pero para mantener el estado «1», precisan operaciones de «refresco», que consisten en reponer periódicamente la carga. Son adecuadas para grandes unidades de memoria, debido a su excelente relación, capacidad/precio.

### 8.1.6.2 Acceso a la memoria, ordenador

Es muy importante obtener de la memoria, la información solicitada, en el menor tiempo posible; es decir, un acceso rápido.

El tiempo de acceso depende del tipo de memoria y de la propia organización, aparte de que hay distintas formas de acceso, las más rápidas son las de semiconductores y las más lentas las de tambor y disco magnético.

El «TIEMPO DE ACCESO» de las memorias de semiconductores expresado en nanosegundos (ns), es del orden de: en tecnología bipolar (NPN y PNP) de 10 a 200 y en ECL de 10 a 40, en tecnología MOS de 200 a 700 y en Schottky de 100 a 300, siendo mayor, de 5 a 100 milisegundos, en las memorias magnéticas de tambor o disco.

En un «ORDENADOR» la memoria está organizada en forma matricial, un «BIT» ocupa una célula y un «OCTETO» forma un «BYTE» con los ocho bits que son necesarios para almacenar un carácter.

Se llama longitud de la «PALABRA», al conjunto de bits accesibles en una sólo operación de lectura o escritura. Puede variar según el ordenador, entre 8, 64 bits; pero los más usuales son de 8, 16 y 32.

El tamaño de una «MEMORIA» en bits es el producto del número de palabras por el número de bits por cada palabra. En binario, 1 Kbit equivale a 1024 bits y Mbit a 1048576 bits.

La capacidad de una memoria, usualmente se expresa en «BYTES» u «OCTETOS», anteponiendo kilo o Mega, siendo 1 Kbyte=1024 bytes y 1 Mbyte=1048576 bytes, respectivamente.

Las «C» células de la memoria, se numeran, desde el 0 al C-1 y se direccionan con «s» bits, siendo  $C = 2^s$ , o sea, el número de posiciones de memoria es igual al número de combinaciones diferentes de 0's y 1's formadas con «s» bits. La «DIRECCION» buscada con «s» bits, se almacena en el «REGISTRO DE SELECCION DE MEMORIA».

### 8.1.7 La «CPU»

Un «ORDENADOR» está formado, por una «MEMORIA CENTRAL» para almacenar: el programa, los datos, los resultados intermedios y la salida con los resultados finales y entre otras unidades la más importante, la «CPU» («CENTRAL PROCESSING UNIT»), además de un sistema de intercomunicación, formado por conductores múltiples paralelo, provistos de conectores que se llaman «BUSES».

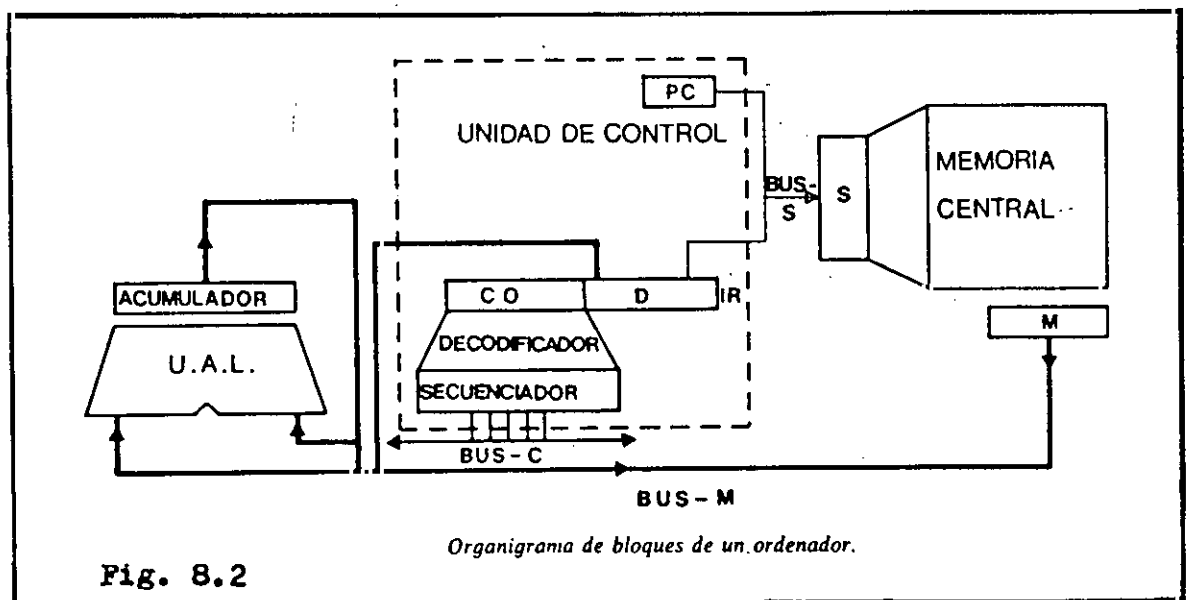
La «CPU», la forman las unidades «ALU» («ARITMETIT AND LOGID UNIT») y la «C.U.» («CONTROL UNIT»).

La «ALU», está formada básicamente por circuitos «SUMADORES» contruidos con puertas, se encarga de efectuar operaciones aritméticas y lógicas.

La «UNIDAD DE CONTROL» dirige la «CPU», enviando las señales que seleccionan, en cada caso, las operaciones que debe ejecutar.

La «CPU» ocupaba varios circuitos integrados; pero a partir del año 1.971, se integra en un solo circuito LSI, con la denominación de «MICROPROCESADOR».

En la fig. 8.2 se muestra un diagrama en bloques de un ordenador, donde se destacan la Memoria Central, la Unidad de Mando y la Unidad Aritmética Lógica.



(Lopez Rubio, 1986 : 6)

Un programa es un conjunto ordenado de instrucciones escritas en un «LENGUAJE DE PROGRAMACION» que resuelven un problema.

Para «CORRER» un programa en un ordenador, se «CARGA» en la memoria central y se «EJECUTA» en orden creciente de la correspondiente numeración que contiene las instrucciones.

Existe en la unidad de control un «CONTADOR DE PROGRAMA» conocido por «PC», que señala la dirección de la primera instrucción y que sucesivamente suma 1 a su contenido, para continuar el desarrollo de todo el programa.

La instrucción, con un "código de operación", se define y con una "dirección", facilita la localización de los datos en la memoria, para trasladarlos temporalmente a un "acumulador" formado por un registro.

Las instrucciones que requieren operaciones aritméticas o lógicas, las ejecuta la «ALU», recibiendo unos datos del acumulador y otros de la memoria central, respectivamente.

La unidad de mando interpreta las instrucciones y bajo su batuta se generan las «MICROINSTRUCCIONES» que tienen la finalidad de organizar la red lógica en la máquina; para ejecutar correctamente cada una de las instrucciones.

Las microinstrucciones, descomponen las instrucciones en las operaciones necesarias para su ejecución, haciendo el programa más sencillo al no tener que repetir estas subrutinas.

El microprocesador está asociado a las memorias ROM y RAM de la unidad central y a los demás circuitos, buffers (montaje de un C.I. con ganancia unidad e impedancia de entrada muy elevada), interfaces (adaptadores entre dos dispositivos, para conjuntar las características), reloj (señal C.K.) y alimentación.

La comunicación entre el ordenador y el exterior, ya sea el usuario, una línea u otra máquina, se hace a través de los dispositivos de entrada salida I/O, que comunican con los periféricos de distinto tipo, de almacenamiento de datos y de comunicación, como la pantalla, el teclado, la impresora, el trazador, etc.

Los circuitos integrados-microprocesadores de 16 bits, están encapsulados en una pastilla con 40 patillas de conexiones y unas dimensiones aproximadas a 52 x 15 mm y 8,5 mm de altura incluidas las patillas. El circuito integrado enchufa en un soporte hembra, preparado para soldarlo a la tarjeta de circuito impreso.

#### 8.1.8 Microprocesadores comerciales

La primera generación de microprocesadores fue con tecnología PMOS, en capsula DIL («DUAL IN LINE») de 16 patillas, que salió al mercado en 1.972, p.e INTEL-4004, para palabra de 4 bits.

Una segunda generación, con tecnología MOS, encapsulados en pastillas con 40 patillas, la formaron los INTEL-8080 y MOTOROLA-6800 en 1.974, para palabra de 8 bits y de muy bajo consumo.

A partir de 1.975, se produce una importante evolución, para combinar las características: capacidad de integración, velocidad y consumo, utilizando sucesivamente, tecnologías Schottky.

I<sup>2</sup>L y ECL, comenzó una fuerte competencia entre fabricantes.

En los últimos años, se ha pasado por los INTEL's 8086 80286 y actualmente se está utilizando el 80383.

#### 8.1.9 Evolución de los circuitos integrados

En general la industria mundial de los componentes electrónicos, pasa por un momento difícil, debido a la subida espectacular de los costes de investigación y desarrollo.

La creación y puesta a punto de un C.I. de tecnología muy avanzada, se estima que cuesta de 5 a 100 millones de ecus, resultando un importante riesgo, el hecho de que su demanda en el mercado puede ser tan corta, como sucede con algunos de los productos clasificados como "gran público", que la inversión se trueque en una considerable pérdida.

Es importantísimo y decisivo, mejorar continuamente los procedimientos de fabricación y elevar la producción, para conseguir el máximo rendimiento de las costosísimas instalaciones, que aumentan de precio vertiginosamente.

... A modo de ejemplo, si en 1985 una nueva fábrica de semiconductores costaba 145 millones de ecus, hoy en día una nueva fábrica costaría 225 millones de ecus. ...

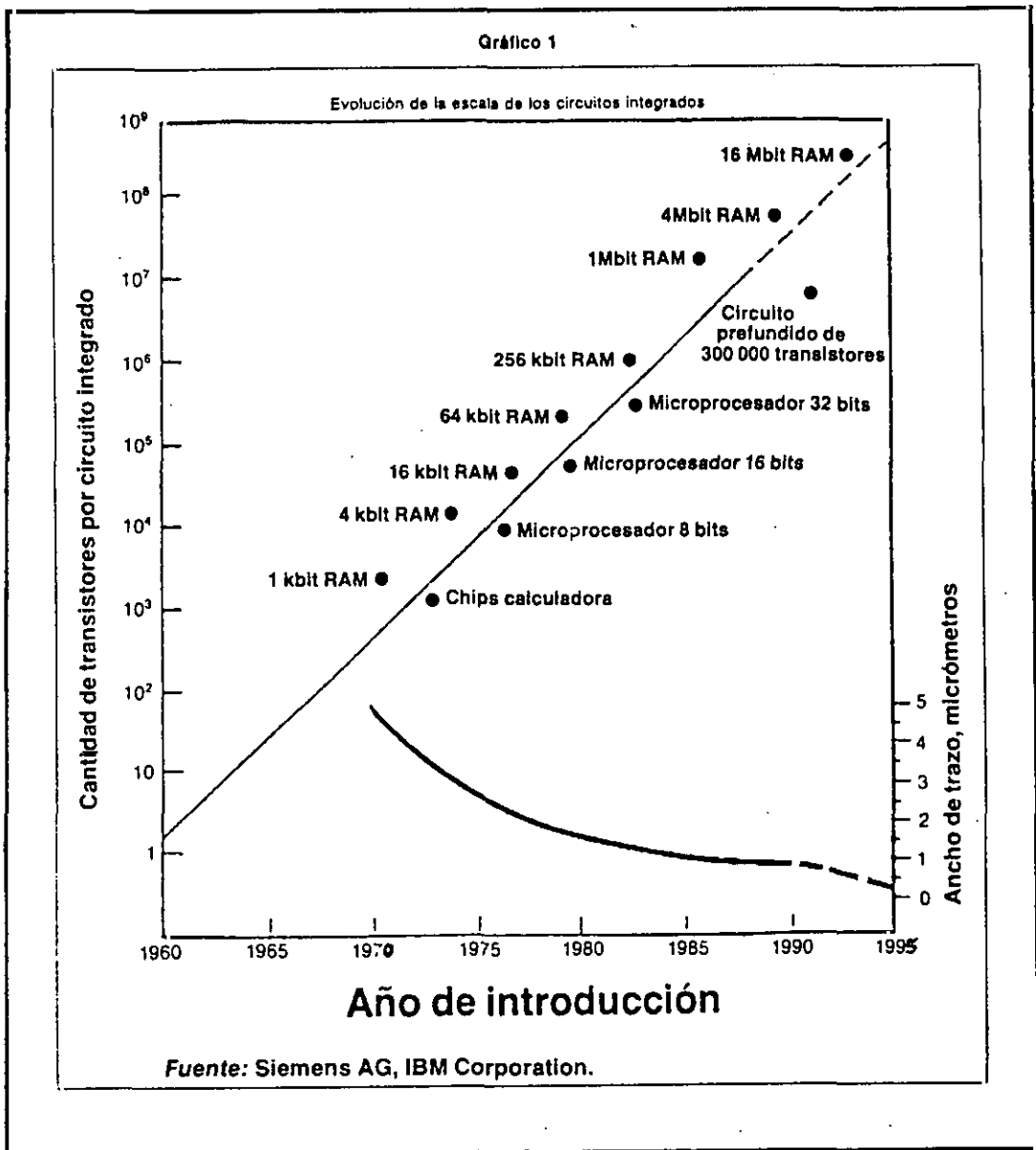
... Para ayudar a las industrias europeas de la informática y de los semiconductores a eliminar la distancia con respecto a sus competidores norteamericanos y japoneses, se ha lanzado un programa específico de investigación. Este programa se denomina JESSI (acrónimo de Joint European Submicrom Silicon) y representa una inversión de cerca de 3.400 millones de ecus. Los principales participantes en este proyecto de ocho años son las empresas Philips, Siemens, SGS/Thomson (ST). EL programa abarcará sectores tales como la tecnología, las aplicaciones finales (por ejemplo la electrónica del automóvil) y los útiles de producción, así como la investigación fundamental y el estudio de los materiales. JESSI goza de la participación de numerosas sociedades de punta europeas, entre las cuales se cuentan Philips, ST, Nixdorf, Bosch, Telefunken y Plessey. Dentro del marco de este programa, la sociedad ST ha sido encargada de la puesta a punto de memorias EPROM evolucionadas, por el contrario, Philips trabaja en las memorias RAM (memoria de acceso selectivo) estáticas, y Siemens en las memorias RAM dinámicas. Si aun se deben determinar las modalidades del financiamiento, este se repartirá, no obstante, entre las sociedades participantes (50 %), sus gobiernos (25 %) y ayudas de la CE (25 %).

... Desde 1981, la demanda de componentes activos aumentó con un promedio anual de 12 %, mientras que la tasa de crecimiento anual medio de la producción sólo fue del 10,5 %. En 1988, la producción de la Comunidad cubría el 72 % del consumo aparente.

En el sector de los componentes pasivos, el déficit comercial aumenta progresivamente desde 1984 hasta alcanzar 350 millones de ecus en 1988. En este momento, la producción de la Comunidad cubría el 87 % del consumo aparente. ...

(Panorama de la industria comunitaria 1990 , 12-8/9)

La densidad de integración se elevó de unos 2000 transistores (escala LSI) en los chips en la década de los sesenta, a la alta funcionalidad actual, que realiza en una sólo unidad la equivalencia a varios millones de transistores.



(Panorama de la industria comunitaria 1990 , 12-7)

En el Gráfico 1, anterior, se representa la evolución de la "cantidad de transistores por circuito integrado", entre los años 1960 y 1995 (previsión), el "Ancho de trazo, micrones" entre los años 1970 y 1995 (previsión), la cantidad de transistores por cir-

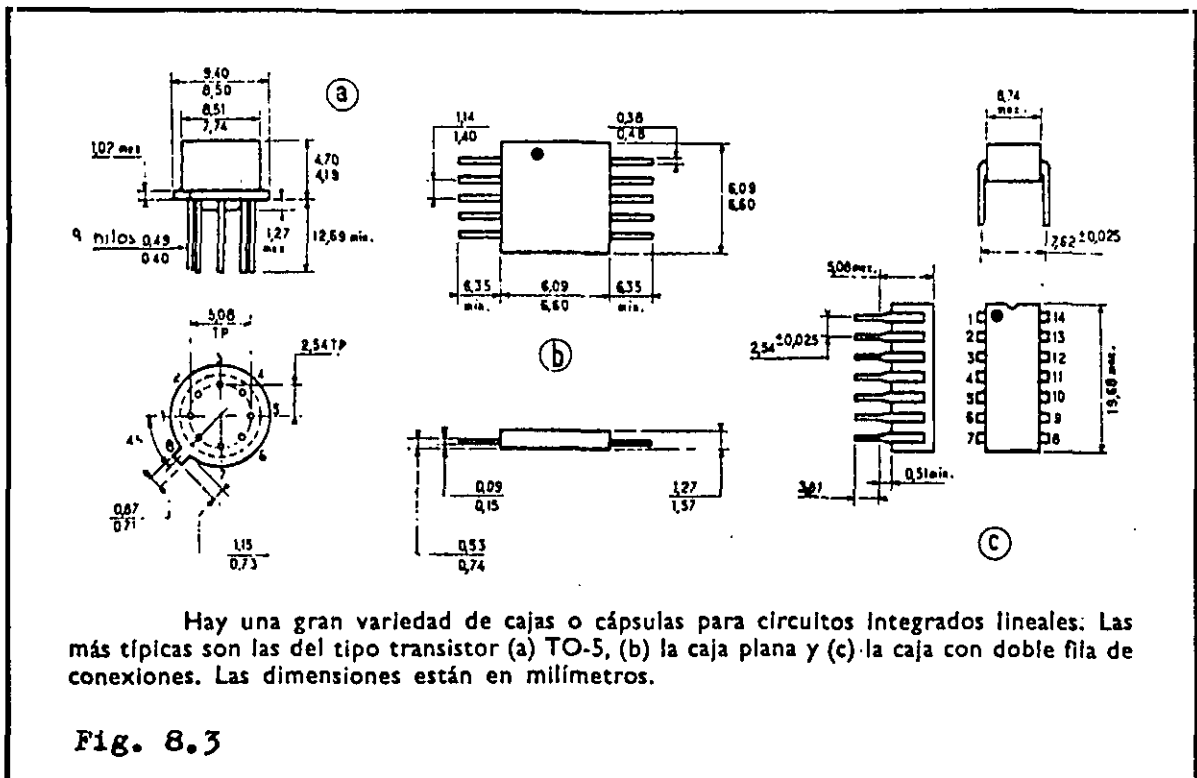
cuito integrado para las distintas capacidades de memoria RAM y para los microprocesadores de 8, 16, y 32 bits.

Según el gráfico, las memorias RAM de 4 Mbit, se han construido en un solo «CHIP» con más de diez millones de transistores, en el año 1990.

La denominación "trazo", se refiere a la longitud del canal del MOSFET, que al avanzar la tecnología, se ha ido reduciendo con el fin de disminuir el tamaño de cada transistor, para aumentar la densidad de integración. De la longitud de 5 micrones en 1970, se pasó a 1 en 1990 e incluso, en productos punta, se llega a 0,8 micrones y se estima será de 0,35 en 1995. La unidad indicada en este gráfico "micron", equivale a una millonésima de metro.

#### 8.1.10 Información de fabricantes

En la fig. 8.3 se muestran a título de ejemplos algunos tipos de cajas o cápsulas correspondientes a circuitos integrados analógicos, con indicación de las dimensiones. El tipo más utilizado actualmente, es el llamado «DUAL IN LINE», representado en C.



( H. Lilien, 1.975 : 31 )

En la fig. 8.4, se representa la caja, tipo «DUAL IN LINE» de 40 patillas, del microprocesador NEC  $\mu$ PD8080A, compatible con el INTEL 8080, es de 8 bits canal N y tiene unas dimensiones máximas de 51,5 x 15,24 x 3,7 milímetros, ha sido muy utilizado en ordenadores (PC's) y aun se utiliza en algunos periféricos.

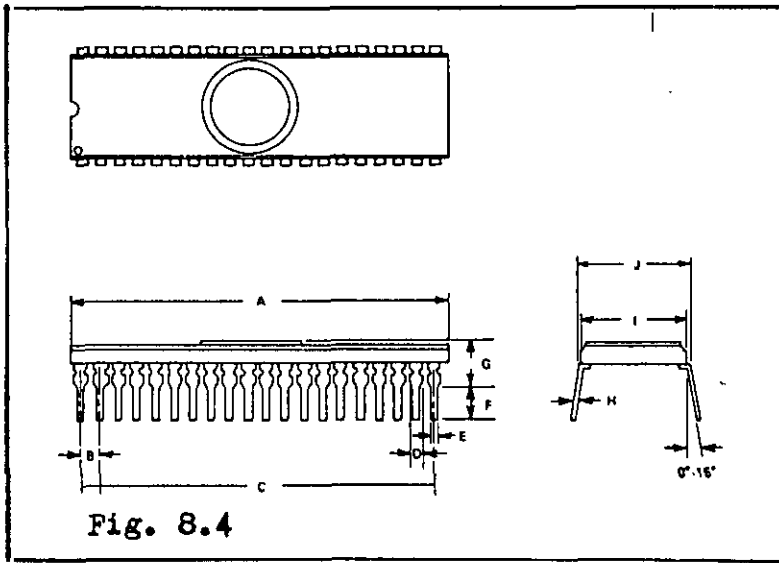


Fig. 8.4

	MILLIMETERS
A	51.5 MAX
B	2.54 ± 0.1
C	48.26 ± 0.2
D	1.27
E	0.50 ± 0.1
F	3.2 MIN
G	5.2 MAX
H	0.30 ± 0.1
I	13.5 ± $\begin{matrix} 0.2 \\ 0.25 \end{matrix}$
J	15.24 ± 0.1

Seguidamente, se encuentran cuatro tablas, marcadas desde la A a la D, en las que se relacionan con las características más importantes, algunos de los microprocesadores, que fueron más populares y utilizados en las décadas de los setenta y ochenta.

La tabla A se refiere a microprocesadores MOS canal N y la B a MOS canal P, la C a CMOS y la D a tipos bipolar. Destaca la mayor rapidez de los MOS N respecto del MOS P y los CMOS respecto al MOS P y los más rápidos de estos tipos, los bipolares.

Actualmente, se está equipando en PC's, el microprocesador INTEL 386TM SX de 32 bits, que corresponde a la tecnología de alta velocidad, CHMOS IV de 32 bits, contenido en una pastilla cuadrangular con 100 patillas.

TABLA A. Microprocesadores MOS canal P

Fabricante	Tipo	Número de CI por CPU	Longitud de palabra (bits)	Capacidad de direccionamiento de la memoria (palabras)	Duración de la suma ( $\mu$ s)	Número de Instrucciones	Potencia consumida (W)	Número de patillas de acceso a los encapsulados DIL
AEG-Telefunken	CP3F	1	8	4 K	10	48	0,55	40
Fairchild	PPS25	2	4	6,5 K	60	95	0,6	16, 18
General Instrument	LP8000	1	8	4 K	10	48	0,55	40
Intel	4004	1	4	4 K(o)	10	45	0,6	16
	4040	1	4	8 K(o)	10	60	0,8	24
	8008	1	8	16 K	20	48	0,8	18
	8008-1	1	8	16 K	12	48	1	18
Mostek	5065	1	8	32 K	10	51		40
National Semiconductor	GPC/P	3	4	64 K	6	43		
	IMP-4	3	4	64 K	12		1	22, 24, 40
	IMP-8	3	8	64 K	4	38	1	22, 24
	IMP-16	5	16	64 K	4	43 + 17	1,4	22, 24
	PACE	1	16	64 K	10	45	0,8	40
SC/MP	1	8	64 K	2	46			
Rockwell	PPS-4	1	4	4 K	4	50	0,22	42
	PPS-4/2	1	4	4 K		50		42
	PPS-8	1	8	16 K	4	109	0,3	42
SGS-Ates	CP3F	1	8					
Texas	TMS1000	1	4 N	8 K				28

( H. Lilen , 1978 : 196 )

**TABLA B. Microprocesadores MOS canal N**

Fabricante	Tipo	Número de CI por CPU	Longitud de la palabra (bits)	Capacidad de direccionamiento de la memoria (palabras)	Duración de la suma (ns)	Número de instrucciones	Potencia consumida (W)	Número de accesos a los encapsulados DIL
AMD	AM 9080	1	8	64 K		74		40
AMI	S 6800	1	8	64 K	2	72	0,25	40
Electronic Arrays	EA 902		8	64 K		48		28
Fairchild	F 8	2	8	64 K	2	101		40
General Instrument	CP 1600	1	16	64 K	3,5	87		40
Intel	8080	1	8	64 K	2	74	1	40
Mitsubishi-Oki	8080	1	8	64 K		74		40
MOS Technology	6501		8	64 K				
Motorola	6800	1	8	64 K	2	72	0,25	40
Mostek	F 8	2	8	64 K	2	101		40
National Semiconduc.	CMP-8	8	8	64 K	1,6			40
NEC	μPD 8080	1	8	64 K	2	72		40
Signetics	2650	1	8	32 K	4,8	74	0,5	40
Synertek (GA)		1	16					
Texas	TMS 8080 TMS 9000	1 1	8 16	64 K	2	74 69	1	40 64
Toshiba	TLCS-12		12	4 K	13	108		
Western Digital	CP 1611 MCP 1600	3	8 16	64 K	3,6 3,6	80		40

( H. Lilen , 1978 : 197 )

TABLA C. Microprocesadores CMOS

Fabricante	Tipo	Número de CI por CPU	Longitud de la palabra (bits)	Capacidad de direccionamiento de la memoria (palabras)	Duración de la suma ( $\mu$ s)	Número de instrucciones	Potencia consumida (W)	Número de accesos al encapsulado DIL
Harris	IM 6100	1	12	4 K	5	50	0,01	40
Intersil	IM 6100	1	12	4 K	5	50	0,01	40
RCA	COSMAC (CDP 1801)	2	8	64 K	6	59	0,01	28, 40
Solid State Scientific	SOS		8		0,25			

( H. Lilen, 1978 : 198 )

TABLA D. Microprocesadores bipolares

Fabricante	Tipo	Número de CI por CPU	Tecnología	Longitud de palabra (bits)	Capacidad de direccionamiento de la memoria (palabras)	Duración de la suma ( $\mu$ s)	Número de instrucciones	Potencia consumida (W)	Número de accesos al encapsulado DIL
AMD	AM 2901		LS	4	64 K				
Fairchild	9400			4 N	64 K				
Intel	3000	N + 1	TTL/S	2 N	22 N	0,16			28, 40
Motorola	10800	1	ECL	4 N	64 K				
Monolithic Memories	6701	24	TTL/S	4		0,2	22		40
Raytheon	RP 16			4	64 K	1			48
RTC			I <sup>2</sup> L						40
Texas	SBP 0400	1	I <sup>2</sup> L	4 N		1		0,12	
Transitron	TMC 1601	N		4 N	32 K	0,4			40

(H. Lilen, 1978 : 199)

Apéndice 1: Metrología

Siglo XVIII

Siglo XIX

Siglo XX

## APENDICE 1: Metrología

### Siglo XVIII

En 1.792, una comisión constituida por varios miembros de la Academia Francesa de las Ciencias, llega al acuerdo, de modificar la propuesta que en 1.670 hizo el teólogo francés Gabriel Mouton, para definir la unidad natural de longitud, que designó «mille» y definió como «un minuto del arco de meridiano».

Después de este acuerdo, varios geómetras midieron el arco del meridiano, entre Dunkerque y Barcelona, llegándose en 1.799, a fijarse las nuevas unidades fundamentales, de longitud y masa.

Pierre Simon de Laplace (1.749-1.827), físico, matemático y astrónomo francés, (al que se deben «Las leyes de Laplace» en Electromagnetismo), dirigió esta comisión, que fijó las nuevas unidades fundamentales, de longitud el «metro» y de masa el «kilogramo».

Definieron la longitud del «metro», como:

«la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano que pasa por París»

Depositaron, en París, un modelo de metro, constituido por una barra de platino iridiado, de 4x25,3 milímetros de sección, que a la temperatura de cero grados centígrados, tiene una longitud que corresponde al «metro primitivo».

Para definir la unidad de masa, también depositaron en París, una masa de platino iridiado, cuya masa establece la unidad de masa «kilogramo».

En 1.806, Pierre François-André Méchain (1.733-1.804) y Jean-Baptiste Joseph Delambre (1.749-1.822), matemáticos y astrónomos franceses, fueron los autores de las bases científicas, de la concreción del «Sistema Métrico Decimal» («SMD»).

Estos científicos, autores de la medición del arco de meridiano, partiendo del «metro primitivo», crearon los múltiplos y submúltiplos, las unidades de volumen y masa e incorporaron la unidad segundo, al Sistema Métrico Decimal.

Los prefijos definidos fueron: Kilo (1000), deci (1/10), centi (1/100) y mili (1/1000).

Designaron, como unidad de volumen el «litro», equivalente al «decímetro cúbico» y como derivado de esta unidad, definieron el «kilogramo»:

«la masa de un decímetro cúbico de agua, a una temperatura de 4°C»

El segundo, como unidad de tiempo, lo definieron:

«  $1/86400$  de la duración del día solar medio »

Finalmente, fueron depositados en París, los modelos de unidades, correspondientes a la unidad de volumen y masa.

Friedrich Wilhelm Bessel (1.784-1.846) notable astrónomo alemán fundador y director del observatorio de Koenigsberg, realizó la medición del cuadrante del meridiano, objetando una discrepancia, que cifró en 0,22883 milímetros más corta. Esta disconformidad, que no fué rebatida, obligó posteriormente, a definir el metro, como la longitud del patrón de París.

## Siglo XIX

En el año 1.872 se celebró en París, la «Conferencia Internacional de Pesas y Medidas» con participación de más de veinte países, acordándose nuevas normas y modelos hechos de platino iridiado, para el metro y el kilogramo. Se acordó depositar estos patrones en París y crear una nueva « Oficina Internacional de Pesas y Medidas » en Sevrès, lugar muy próximo a París.

Posteriormente, en el año 1.875, se redactó la «Convención Internacional del Metro», que firmaron, diecisiete de los veinte países presentes. Los países no firmantes, recomendaron; pero sin obligar por ley, el uso del sistema, razón por la que no se impuso en sus territorios, Estados Unidos y Gran Bretaña.

También en 1.875, Inglaterra es protagonista, en el campo de la metrología, creando y publicando un nuevo sistema absoluto de pesas y medidas, como una reacción a los acuerdos adoptados en 1.872 en París, en el marco de la Conferencia Internacional de Pesas y Medidas. Fue J.D. Everett, por encargo de la «British Association» el encargado de crear y publicar el nuevo sistema, tomando, en este caso, como unidades fundamentales, el centímetro, el gramo y el segundo. Este sistema llamado «C.G.S.», que se impuso en todo el mundo, tanto en la ciencia como en la técnica, hasta mediados del siglo XX, no logró, en cambio, imponerse en Gran Bretaña.

La «Conferencia General de Pesas y Medidas» ( « Conférence Générale des Poids et Mesures; CGPM » ) se consagró como la más alta organización internacional en la definición de unidades, en metrología.

Los países, asistentes, que firmaron la convención fueron:

Alemania, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Noruega, Países Bajos, Portugal, Rumanía, Rusia, Suecia y Suiza.

## Unidades del sistema métrico decimal:

Longitud: metro (m)  
 Superficie: metro cuadrado ( $m^2$ )  
 Volumen: metro cúbico ( $m^3$ )  
 Litro ( 1 l = 1 000  $cm^3$  )  
 Masa: kilogramo (kg)  
 Tiempo: segundo (s)  
 Velocidad: metro por segundo (m/s)  
 Aceleración: ( $m/s^2$ )  
 Peso, fuerza: ( $m.k/s^2$ )  
 Densidad: ( $kg/m^3$ )  
 Presión, tensión: atmósfera  
 (1 atm = 1 m.kg/( $s^2.cm^2$ ))  
 Trabajo, energía: ( $m^2.kg/s^2$ )  
 Potencia: ( $m^2.kg/s$ )  
 Momento de giro: ( $m^2.kg/s^2$ )  
 Longitud de onda de la luz:  
 angstromio (1 Å =  $10^{-10}$  m)  
 Carga eléctrica: culombio o amperio.segundo  
 (c o A.s)  
 Intensidad de la corriente: amperio (A)  
 Tensión: voltio (V)  
 Resistencia: ohmio ( $\Omega$ )  
 Trabajo eléctrico: vatio.segundo (W.s)  
 Potencia eléctrica: vatio ( 1 W = 1 V.1 A )  
 Capacidad: faradio (A.s/V)  
 Intensidad del campo eléctrico: voltio/metro  
 (V/m)  
 Las unidades eléctricas amperio y voltio se pueden obtener de las unidades métricas mediante diversas transformaciones, si bien en ellas desempeña un papel importante la cuestión de su definición. Más tarde, aparecerán dos sistemas de unidades eléctricas diferenciados: «sistema electrostático» y «sistema electrodinámico».  
 ( Plaza & Janes Editores S.A. 1.989 : 384 )

El primer congreso electrotécnico, se celebró en la ciudad de París, los días 21 y 22 de Septiembre de 1.881, en el que a propuestas del físico, matemático y astrónomo, Karl Friedrich Gauss (1.777-1.855) ya fallecido, y el físico, Whilhelm Eduard Weber (1.804-1.891), ambos alemanes, se aceptó el sistema de unidades CGS (centímetro, gramo, segundo), de obligado cumplimiento en electricidad y se establecieron las unidades eléctricas:

- 1 amperio (A) es la intensidad de corriente que durante la electrólisis de sales de plata hace que se deponga 1,118 mg de plata en 1 segundo.
- 1 culombio (C) es la carga eléctrica que permite se depositen 1.118 mg de plata, independientemente del tiempo empleado para ello. Se obtiene así que 1 C = 1 A.s.
- 1 voltio (V) se establece como la tensión de un elemento normal (1,01865 V)

- La unidad que permite expresar la resistencia eléctrica es el ohmio ( $\Omega$ ).  $1 \Omega$  es la resistencia en la que una tensión de 1 V genera una corriente con una intensidad de 1 A. Por lo tanto  $1 \Omega = 1 \text{ V} / 1 \text{ A}$ .
- La capacidad se mide en faradios (F), que se define como la relación  $C / V$ , es decir,  $1 \text{ F} = 1 \text{ C} / 1 \text{ V}$ .

Electrólisis, es descomposición de una sustancia en disolución o fundida, que se llama electrolito, por el paso de una corriente eléctrica, que entra por un electródo, llamado cátodo y sale por otro que se llama ánodo, ambos sumergidos en el electrolito.

Coincidiendo con la celebración, en 1.893, en la ciudad de Chicago (Estados Unidos), de la « XI Exposición Universal », el congreso de especialistas en electricidad, estableció, por definición y con carácter obligatorio, las unidades: henrio, julio y vatio, de esta forma:

- 1 henrio (H) es la unidad de inductividad. Indica la tensión inducida por variación de corriente y por unidad de tiempo:  $1 \text{ H} = 1 \text{ volt (V) } \cdot 1 \text{ seg/amp(s/A)}$
- 1 julio (J) es el trabajo que se realiza cuando una fuerza de un newtonio (N) actúa a lo largo de un camino de un metro.  $J = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ m}^2 \text{ Kg/s}^2$
- 1 vatio(W) es la potencia eléctrica que genera 1 amperio con una tensión de un voltio en una resistencia.  $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$ .

## Siglo XX

El ingeniero italiano, Giovanni Giorgi (1.871-1.950), propuso un nuevo sistema de unidades, basado en el metro, el kilogramo-masa, el segundo y el amperio. El inventor, pretendía eliminar los inconvenientes del sistema CGS en la utilización ordinaria de las unidades derivadas, en unos casos muy grandes y en otras demasiado pequeñas.

Este sistema de unidades, llamado en honor de su inventor « Sistema Giorgi » fue aceptado por la « Comisión Internacional de Electricidad » en el año 1.935 y es actualmente utilizado.

Existe otro sistema llamado « Sistema Técnico », en el que las unidades fundamentales son: el metro, el kilogramo-fuerza y el segundo. El kilogramo-fuerza, es por definición, el peso del kilogramo-masa a  $45^\circ$  de latitud y al nivel del mar, se le conoce como « kilopond ».

## Apéndice 2: Energía Eléctrica

### Producción y consumo total de España

---

Peninsular  
 Extrapeninsular (1990)

### Análisis

---

1990  
 1991  
 Gráficos

### Datos retrospectivos

---

Años 1917 a 1935

### Impacto de la guerra civil

---

Unesa

---

### Protocolo

---

### Red Eléctrica de España

---

### Líneas de transporte de energía eléctrica

---

### Energía nuclear

---

### Antecedentes

### Centrales eléctricas nucleares en el mundo

---

### Países más nuclearizados

---

### Influencia de los sistemas políticos

---

### Centrales nucleares españolas

---

Años 1917 a 1930

### Impacto de la guerra civil

---

UNESA

---

### Protocolo

---

### Red Eléctrica de España

---

### Líneas de transporte de energía eléctrica

---

APENDICE 2: Energía Eléctrica

Producción y consumo total de España

---

Peninsular (1990)

\* Producción

La producción bruta del equipo generador peninsular ha sido de 142.045 millones de KWh, superior en un 2,8 % a la del año 1989, anterior.

De esta producción, 25.021 millones de KWh corresponden a la producción hidroeléctrica que, a pesar de representar solamente un 83 % de la de un año hidráulico medio, supuso un crecimiento del 34 % sobre el año anterior que fue extremadamente seco.

La participación de la generación térmica de carbón ha sido de 59.319 millones de KWh, lo que representa la mayor aportación a la producción del Sistema. Su crecimiento respecto a la del año anterior fue sólo del 0,1 %.

Esta producción, llevada a cabo mediante la utilización de más de 35 millones de toneladas de carbón nacional y 3,6 millones de toneladas de carbón importado, permite comprobar la importancia de la contribución del Sector Eléctrico al mantenimiento de la minería española del carbón.

La producción térmica a partir del fuel-oil y del gas fue de 3.440 millones de KWh, un 16,3 % inferior a la producción total, al tratarse de un tipo de generación cuya utilización está determinada por la política energética nacional que la destina a la reserva de potencia.

La aportación de la generación nuclear ha sido de 54.265 millones de KWh, con un descenso del 3,3 % respecto al año anterior.

...

CUADRO 1.

PRODUCCION PENINSULAR	SEGUN TIPO DE GENERACION 1990	1990 / 89 (%)
Hidroeléctrica	25.021	34,0
Térmica de carbón	59.319	0,1
Térmica de fuel y gas	3.440	-16,3
Nuclear	54.265	-3,3
TOTAL	142.045	2,8

En Mill. KWh

CUADRO 2.  
ESTRUCT. DE POTENC. Y DE PRODUC. DEL SISTEMA PENINSUL.

	1973		1989		1990	
	Pot.	Prod.	Pot.	Prod.	Pot.	Prod.
Hidroeléctrica	51,1	39,8	37,8	13,5	38,5	17,6
Térmica carbón	18,0	24,1	28,0	42,9	28,4	41,8
Térm. fuel y gas	25,9	27,3	16,2	2,9	16,1	2,4
Nuclear	5,0	8,8	18,0	40,7	17,0	38,2
	En %					

(Informe Anual Hidroeléctrica Española S.A., 1990:19)

#### Extrapeeninsular (1990)

En cuanto a la demanda de energía eléctrica, en la zona extrapeeninsular, componente del mercado eléctrico de las empresas integradas en UNESA, ha sido en 1990,

Zona	Mill.KWh	% variación sobre 1989
...		
Extrapeeninsular	5.995	7,4
...		

(MEMORIA ESTADISTICA ELECTRICA. UNESA. 1990 : 127)

La zona extrapeeninsular, alcanzó un incremento en la demanda de 7,4 %, que fue superior a la media del mercado de las empresas que conforman UNESA.

#### DISTRIBUCION POR ZONAS DE LA POTENCIA INSTALADA A 31 DICIEMBRE DE 1990 (UNESA)

Zonas	Hidroélect.		Termoeléct. Clásica		Termoeléct. Nuclear		TOTAL	
	% Total MW Zona		% Total MW Zona		% Total MG Zona		% Total MW UNESA	
Extrapeeninsular	0,8	0,1	1821,6	99,9	-	-	1822,4	4,1

(MEMORIA ESTADISTICA ELECTRICA. UNESA. 1990 : 185)

La potencia instalada para atender la demanda extrapeeninsular, supone el 4,1 % de la total de UNESA, para toda España.

## Avance estadístico año 1991

En cuanto a los datos referentes al año 1991, UNESA ha publicado un informe provisional, cuyos datos damos seguidamente:

## Avance estadístico

BALANCE PROVISIONAL DE ENERGIA ELECTRICA DE 1991  
Y SU COMPARACION CON EL DE 1990.  
TOTAL DE ESPAÑA

	Millones de KWh		% variación
	1990	1991	
Producción:			
Hidroeléctrica .....	25.695	27.410	6,7
Termoeléctrica clásica ..	71.778	74.170	3,3
Termoeléctrica nuclear ..	54.265	55.580	2,4
Producción total .....	151.738	157.160	3,6

POTENCIA EN SERVICIO EN ESPAÑA A 31-12-91

	MW	%
	Hidroeléctrica .....	16.642
Termoeléctrica clásica ....	21.246	47,0
Termoeléctrica nuclear ....	7.378	16,2
TOTAL .....	45.266	100,0

(LA INDUSTRIA ELECTRICA EN 1991. UNESA, 1992 : 1)

Análisis

1990

El CUADRO 1. detalla la aportación de energía, durante el año 1990, de cada uno de los cuatro tipos de generación utilizados en la península, además, detalla en tanto por ciento, las variaciones respecto al año 1989. Es de destacar, un aumento en producción hidroeléctrica del 34,0 % y una reducción, en la térmica de fuel y gas del 16,3 % y en la nuclear del 3,3 %.

La producción total peninsular, aumentó en 1990, respecto el año anterior, un 2,8 %.

El CUADRO 2. informa de la distribución de potencia y producción, en tanto por ciento, en los años: 1973. 1989 y 1990.

En el año 1973, hubo una importante producción hidráulica, (39,8 %) un buen año de lluvias, con baja aportación de la producción térmica de carbón (24,1 %) e importante de la térmica de fuel y gas (27,3 %) y muy baja la de tipo nuclear (8,8 %).

El año 1989, muy parecido al 1990, seco con pocas lluvias, desciende la producción hidráulica (13,5 %) y también la de fuel y gas (2,9 %); impactos, de la subida del precio de estos productos, se aumenta la producción térmica de carbón (42,9 %), sobre todo utilizando carbón nacional y aumenta de una forma importante la de tipo nuclear (40,7 %).

La producción en España se ha multiplicado, muy aproximadamente, por 3 entre los años 1960 -> 1970 y por 2,68 entre 1970 -> 1990.

La potencia instalada, total peninsular, es 43.402 MW, distribuida en: 38,50 % hidroeléctrica, 28,39 % térmica de carbón, 16,11 % térmica de fuel y gas y 17 % nuclear.

La potencia instalada total extrapeninsular es 1.822,4 MW, distribuida en: 0,1 % hidroeléctrica y 99,9 % termoeléctrica clásica, no existiendo la de tipo nuclear.

La potencia en España total instalada, de 45.224,4 MW se ha multiplicado muy aproximadamente, por 2,7 entre los años 1960 y 1970 y por 4,2 entre 1970 y 1990.

Es muy significativo, para juzgar el grado de electrificación de un país, la comparación del consumo de energía eléctrica por habitante, como muestra el cuadro siguiente:

CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR HABITANTE EN 1990  
EN LOS PAISES DE LA COMUNIDAD EUROPEA (\*)

	KWh / Habitante		variación
	1989	1990	
Luxemburgo .....	10.897	10.982	0,8
Alemania .....	6.570	6.520	-0,8
Bélgica .....	6.086	6.266	3,0
Francia .....	6.064	6.185	2,0
Dinamarca .....	6.023	6.029	0,1
Reino Unido .....	5.280	5.355	1,4
Países Bajos .....	5.092	5.245	3,0
Italia .....	3.985	4.100	2,9
Irlanda .....	3.604	3.797	5,4
España .....	3.514	3.660	4,2
Grecia .....	3.143	3.200	1,8
Portugal .....	2.427	2.565	5,7
C. E. ....	5.081	5.165	1,7

(\*) Medido a través de la energía disponible para mercado.

(LA INDUSTRIA ELECTRICA EN 1991. UNESA, 1992 : 5)

España ocupa, el décimo lugar en consumo por habitante de electricidad y el quinto lugar en producción de energía eléctrica entre los países de la Comunidad Europea.

Es interesante, comparar la producción total de energía

eléctrica, en el año 1990, de los países de la Comunidad Europea, que desglosada en los distintos tipos de producción es:

PRODUCCION NETA DE ENERGIA ELECTRICA EN 1990  
EN LOS PAISES DE LA COMUNIDAD EUROPEA

Países	Hidroel.	T.Clásica	T.Nuclear	TOTAL
Alemania	17.645	259.633	139.237	416.515
Francia	57.010	45.190	297.825	400.025
Reino Unido	6.940	232.347	58.779	298.066
Italia	34.809	171.614	-	206.423
España	25.336	67.052	51.959	144.347
Países Bajos	168	65.703	3.296	69.167
Bélgica	894	25.719	40.547	67.160
Grecia	1.981	30.060	-	32.041
Portugal	9.140	17.624	-	26.764
Dinamarca	528	25.365	-	23.893
Irlanda	984	12.723	-	13.707
Luxemburgo	803	518	-	1.321
<b>TOTAL</b>	<b>156.238</b>	<b>951.548</b>	<b>591.643</b>	<b>1.699.429</b>

Mill. KWh

(LA INDUSTRIA ELECTRICA EN 1991. UNESA, 1992 : 4)

1991

En el "BALANCE PROVISIONAL DE ENERGIA ELECTRICA DE 1991" (v. pag.141), se puede ver en la distribución de la producción, que aumentaron: en un 6,7 % la hidráulica, en un 3,3 % la termoeléctrica clásica y en un 2,4 % la termoeléctrica nuclear; con un crecimiento total de energía eléctrica de un 3,6 por 100.

Comparando los cuadros, "POTENCIA EN SERVICIO EN ESPAÑA A 31-12-91" (v. pag.141) y el CUADRO 2 " ESTRUCTURA DE POTENCIA Y DE PRODUCCION DEL SISTEMA PENINSULAR" se pueden representar, muy aproximadamente, las variaciones porcentuales, de la distribución de potencias, en los sistemas de producción peninsular:

Distribución de potencias en %.

	1973	1989	1990	1991
Hidroeléctrica	51,1	37,8	38,5	36,8
Térmicas (clásicas)	43,9	44,2	44,5	47,0
Térmica nuclear	5,0	18,0	17,0	16,2

Gráficos

El gráfico de la fig. 1, representa la producción eléctrica en España en 1990, en tanto por ciento, distribuida en hidroeléctrica, térmicas de carbón y fuel-oil y nuclear. Es un año con baja participación de la producción hidráulica y de fuel-oil y alta contribución de la producción térmica, de carbón y nuclear.

El gráfico de la fig. 2, representa la producción eléctrica en España del año 1990 en GWh, distribuida en hidroeléctrica, térmica de carbón, térmica de fuel-oil y nuclear.

El gráfico de la fig. 3, representa la producción eléctrica en España en Mill.KWh (MWh) entre los años 1940 y 1990.

El gráfico de la fig. 4, representa la producción eléctrica mundial en Bill.KWh (Bill.KWh = 1000 x MWh), entre los años 1940 y 1990.

#### Datos retrospectivos

Años 1917 a 1935

Es interesante la información de la evolución de la potencia eléctrica Nacional, entre los años 1917 y 1930, que fue:

#### Potencia en KW instalada

1917	.....	390 x 10 <sup>3</sup>	,	( 390 MW)
1922	.....	600 x 10 <sup>3</sup>	,	( 600 MW)
1927	.....	1020 x 10 <sup>3</sup>	,	(1020 MW)
1928	.....	1100 x 10 <sup>3</sup>	,	(1100 MW)
1930	.....	1200 x 10 <sup>3</sup>	,	(1200 MW)
1930	Consumo total: 2,5 x 10 <sup>9</sup> KWh (2500 Mill. KWh)			
	(F.F. Sintés Oliver y F. Vidal 1933 : 173 )			

El consumo de energía eléctrica, aumenta en España, entre 1929 y 1935, con una tasa media anual de aproximadamente 5%, experimentando una importante paralización durante los años de la guerra civil, entre 1936 y 1939.

CUADRO 1

ENERGIA DURANTE	ENTREGADA EL	AL PERIODO	CONSUMO 1929-1958	EN (*)	ESPAÑA
Años	Consumo (Millones de KWh)		% sobre año anterior		
1929	2.668		-		
1930	2.862		7,2		
1931	2.950		3,0		
1932	3.073		4,1		
1933	3.174		3,2		
1934	3.317		4,5		
1935	3.582		7,9		
Guerra 1936-39	-		-		
1940	3.957		-		
1941	4.252		7,4		
1942	4.700		10,5		
1943	4.940		5,1		
1944	4.881		-1,1		
1945	4.651		-4,7		

1946	5.899	26.8
1947	6.455	9.4
1948	6.625	2.6
1949	6.024	-9.0
1950	7.326	21.6
1951	8.617	17.6
1952	9.720	12.8
1953	10.047	3.3
1954	10.679	6.2
1955	12.254	14.7
1956	13.688	11.7
1957	14.713	7.4
1958	16.367	11.2

-----  
(Iñigo de Oriol e Ibarra, 1988 : 31)

El gráfico de la fig. 5, corresponde a la evolución de la potencia instalada en España, en Mil.KW (Mil.KW = MW), entre los años 1917 y 1930.

El gráfico de la fig. 6, representa la evolución de la potencia instalada en España, en MW, entre los años 1940 y 1990, distribuida en hidráulica, térmica que comprende la de carbón y la de fuel-oil y la nuclear, además la total.

#### Impacto de la guerra civil

-----

##### La guerra civil

Al terminar la guerra española, tanto el consumo de electricidad como la industria productora de la misma registraron una serie de cambios importantes.

He aquí algunos de ellos:

- Aunque durante la guerra se realizaron algunas nuevas construcciones, se produjo una pequeña disminución de la potencia instalada como consecuencia de las destrucciones ocasionadas por el conflicto. La potencia en servicio se situó en 1.513 MW en 1939.

El crecimiento de la potencia instalada durante el periodo de 1940 a 1944 fue de tan solo el 1,3 por 100 de media anual acumulativa.

Esta escasa tasa de crecimiento estaba motivada por las dificultades económicas internas, que hacían muy difícil la importación de equipos. Esta situación se vió agravada más tarde por el bloqueo económico internacional.

- El consumo de energía eléctrica había crecido a una tasa media anual del 5 por 100 durante el periodo 1929 a 1936, pasando al 5,4 por 100 de crecimiento medio anual acumulativo entre 1940 y 1944. Posteriormente, este ritmo aumentó de modo considerable.

- La producción de energía eléctrica pasó de 3.272 millones de KWh en 1935 a 3.111 millones de KWh en

1939. Al llegar a 1944, la producción era de 4.720 millones de KWh, con un crecimiento anual acumulativo de 5,4 por 100 durante el periodo 1940-1944.

- Como un factor más de desequilibrio, hay que resaltar la intensa sequía padecida durante los años 1944-1945. Sequía cuyos efectos se vieron intensificados por el hecho de que el 92 por 100 de la potencia instalada en aquella época era hidroeléctrica.

(Cien años de luz, UNESA. 1990 : 11)

En 60 años, desde 1930 a 1990, la producción nacional de energía eléctrica, se multiplicó aproximadamente, por 60 y la potencia total instalada, aproximadamente, por 38.

## U N E S A

-----

### LA CREACION DE UNESA

La coincidencia de los factores citados generó a comienzos de los años cuarenta una situación difícil para los consumidores y productores de electricidad. Para los consumidores, porque, al lado de otra muchas escaseces padecidas por aquella época, se encontraban con que no podían satisfacer sus deseos de consumir electricidad en las mejores condiciones. Para los productores, porque, veían que la capacidad de absorción de mercado superaba sus posibilidades de producción.

Hay que tener en cuenta que la causa fundamental del problema no estaba en el crecimiento del consumo eléctrico, que tampoco podía ser considerado como excesivo o sorprendente, sino en el bloqueo internacional, en la escasez interior de medios para crear nueva potencia instalada y en la sequía de 1944-1945. Por aquella época, faltaba casi todo lo fundamental para la ampliación o simple reposición de equipos.

En estas circunstancias, los empresarios eléctricos españoles se plantearon la conveniencia de llevar a cabo una mayor y mejor utilización de las instalaciones y recursos eléctricos existentes en el país.

Para poner en marcha esta coordinación, fue creada Unidad Eléctrica, S.A. (UNESA) en agosto de 1944, entidad que iba a desarrollar un papel fundamental en la coordinación de las centrales existentes en las diferentes zonas eléctricas del país para realizar intercambios entre éstas y de este modo, conseguir un reparto más equitativo de la energía eléctrica disponible.

(Cien años de luz. UNESA, 1990 : 12)

UNESA no es una empresa mercantil, actualmente la forman 21 empresas nacionales del sector eléctrico, que abastecen a la totalidad del mercado español de energía eléctrica. La propiedad de estas 21 empresas está dividida, en aproximadamente 1.500.000 accionistas, con participación de distintas clases sociales.

Su objetivo, es la coordinación de las actividades comunes de sus integrantes, la representación ante los organismos internacionales y el diálogo con la Administración para el impulso y desarrollo racional, del sector eléctrico español.

UNESA promovió, la construcción de las interconexiones de los sistemas regionales entre sí y con las centrales, para completar la red eléctrica primaria, en beneficio de una mejor compaginación de los medios de producción y los centros de consumo.

### Protocolo

-----

Recoge un acuerdo entre el Sector Eléctrico y el Gobierno, que quiere implantar nuevos criterios, en la forma de gestionar el sistema eléctrico español.

... Los tres principios que sustentaban dicho acuerdo eran los siguientes: la voluntad del Ministerio de Industria y Energía de aplicar una "política tarifaria que permita una rentabilidad suficiente a las empresas, garantice una remuneración de los capitales y asegure la adecuada dotación a amortizaciones"; la nacionalización de la Red de Transporte a Alta Tensión mediante la participación mayoritaria de Sector Público en una sociedad mixta que tenga como objetivo la explotación óptima del conjunto de las instalaciones de producción y transporte y el compromiso del Gobierno de que "dicha nacionalización será la única programada por el gobierno en dicho sector, quedando garantizada a las actuales empresas la propiedad y la gestión del resto del mismo.

El 9 de mayo de 1984, el Consejo de Ministros aprobó un proyecto de ley sobre "explotación unificada del sistema eléctrico nacional, en el que se contemplaba la creación de la nueva sociedad anteriormente mencionada, con un capital que contaba con una participación pública del 51%, y se establecía un reglamento técnico de explotación, según el cual las empresas habrían de presentar a la nueva sociedad -diaria y semanalmente sus previsiones de demanda y sus programas de producción, e intercambios,

Tras un debate y aprobación por parte del Senado, el texto de la ley fue publicado en el Boletín Oficial del Estado (B.O.E) en su edición del 26 de diciembre de 1984 y es el que rige en la actualidad las actividades de explotación del sistema eléctrico.

(Cien años de luz. UNESA, 1990 : 17)

## Red Eléctrica de España

---

El día 28 de enero se publicó en el B.O.E. el Real Decreto 91/1985 por el que se autorizó la constitución de la sociedad Red Eléctrica de España S.A. como consecuencia lógica de Ley sobre "explotación unificada del sistema eléctrico nacional" mencionada anteriormente. En dicho Real Decreto se señala que "se autoriza la constitución de la sociedad estatal 'Red Eléctrica de España', que bajo la forma de Sociedad Anónima, tendrá encomendada la gestión del servicio público de explotación unificada del sistema eléctrico nacional a través de la red de alta tensión".

(Cien años de luz. UNESA, 1990 : 17 )

## Líneas de transporte de energía eléctrica

---

### 3. Red de transporte

Al término del año 1990, las líneas de transporte de energía eléctrica, una vez sumados los nuevos circuitos que entraron en servicio durante el ejercicio - y ajustados y revisados los datos correspondientes a UNESA y Red Eléctrica de España S.A. - alcanzaron una longitud total de 46.405 Kilómetros. Su estructura es la siguiente:

Tensión	Km	% sobre el total
A 380 KV	12.685	27,3
A 220 KV	14.991	32,3
A 110-132 KV	18.729	40,4
TOTAL	46.405	100.0

(MEMORIA ESTADISTICA ELECTRICA. UNESA, 1990 : 105)

En cuanto a los datos referentes a las líneas de transporte de energía, al finalizar el año 1991 UNESA ha facilitado el avance de información siguiente:

RED DE	Avance estadístico		DE LINEAS
	TRANSPORTE.	LONGITUD	
kilómetros			%
	A 31-12-90	A 31-12-91	Variación
A 380 KV	12.685	12.830	1,1
A 220 KV	14.991	15.046	0,4
A 132-100 KV	18.729	18.843	0,6
TOTAL	46.405	46.719	0,7

(LA INDUSTRIA ELECTRICA EN 1991. UNESA, 1992 : 4)

Por los datos anteriores se comprueba, que la red de transporte de energía eléctrica, ha experimentado un aumento en la longitud de sus líneas, en 1991, de un 0,7 %.

## Energía nuclear

### Antecedentes

La energía nuclear es la generada por el núcleo del átomo, realizando una «REACCION EN CADENA» de forma controlada.

Estos logros, tuvieron su principio en experimentos en los que se bombardeaban los átomos con partículas más pequeñas (átomos de uranio impactados por neutrones). Así, los átomos bombardeados resultaban con núcleos más pesados, al contener mayor número de neutrones, absorbidos en los impactos.

Cuando el núcleo del uranio, captura un neutrón aumenta su masa en una unidad, conservando el mismo número atómico (Z), es decir, se forma un «ISOTOPO», que es el mismo elemento químico; pero con mayor masa (93 neutrones) y energía. Es muy inestable, radioactivo y se desintegra por un proceso de «FISION».

Los químicos físicos alemanes, Otto Hahn (1.879-1.968) y Fritz Strassmann (1.902- 1.9 ), consiguieron en 1.938, en el Instituto Kaiser-Wilhelm de Berlín, la primera «FISION» de los núcleos de uranio, bombardeándolos con neutrones.

Hahn y su colaborador, observaron, que al bombardear con neutrones, núcleos de elementos muy pesados, en vez de absorber neutrones y aumentar su masa, se partían para formar dos núcleos diferentes más ligeros. Así, el uranio que tiene en el núcleo 92 protones (Z=92) y 146 neutrones, puede convertirse en bario (Z=56) y en cripton (Z=36), cumpliéndose que:  $92 = 56 + 36$ .

Otto Hahn fue galardonado con el premio Nobel de Química en 1.944, por sus importantísimos trabajos, sobre la radioactividad y los isótopos.

La primera «REACCION EN CADENA», la consiguió en 1.942, el matemático y científico italiano Enrico Fermi (1.901-1.954), en un laboratorio situado en los bajos de la Universidad de Chicago, con su llamada «PILA DE FERMI».

Este «REACTOR» nuclear fue bautizado como «CHICAGO-I» y es considerado, con derecho propio, el primero del mundo.

Es la llamada «FISION DEL NUCLEO» que se repite millones de veces en un cortísimo espacio de tiempo, originando una «REACCION EN CADENA» que libera una cuantiosísima cantidad de energía.

A Enrico Fermi, le concedieron el premio NOBEL de Física en 1.938, por sus importantísimos trabajos de investigación.

A esta experiencia siguieron otras, en los países de tecno-

gía más avanzada, siendo El Comisariado Francés de Energía Atómica el que consiguió en Zee, la segunda reacción nuclear de forma controlada a finales del año 1946.

### Centrales eléctricas nucleares en el mundo

La producción de electricidad en el mundo se había circunscrito, a la utilización, de energía hidráulica y energía térmica procedente del carbón y de los derivados del petróleo.

Con la crisis energética, que impactó duramente a partir de 1973, principalmente, a los países desarrollados y en vías de desarrollo, aparece como única alternativa energética la «NUCLEAR», que permitía, la liberación de la dependencia del petróleo.

La década de los cincuenta, fue prolífera en la aparición de las centrales nucleares, tanto en el bloque occidental, Europa Occidental y EE. UU. como en el bloque dominado por la Unión Soviética.

La primera central del planeta, productora de electricidad con energía nuclear, se la atribuyó la Unión Soviética, al informar al resto del mundo, de la entrada en servicio de la central nuclear de Obninsk, en Junio de 1954.

Continuó Inglaterra, con la inauguración, presidida por la reina, de la central eléctrica nuclear de Calder Hall en 1956.

Los alemanes instalaron su primera central nuclear a finales de 1959, comenzó con gran ímpetu; pero se vió frenado en su carrera, por problemas de tipo político.

En Estados Unidos la primera central nuclear, productora de energía eléctrica, entró en servicio en el año 1961, en la ciudad de Shippingport, con una potencia de 90 MW. Las obras de construcción e instalación de esta central duraron cuatro años.

En España la Junta de Energía Nuclear, instaló en Madrid en 1958 el primer «REACTOR» de investigación, denominado «JEN-1» y la primera central productora con energía nuclear, en 1966, en Zorita de los Canes, en la provincia de Guadalajara, con una potencia de 160 MW, conocida como central nuclear «José Cabrera».

### Países más nuclearizados

En Europa occidental, Francia se destaca como país puntero en el desarrollo nuclear, utilizando en un principio una tecnología de reactores de uranio natural, que más tarde abandonó, en beneficio de la utilización de reactores de agua a presión; pero siguiendo, su propia e independiente tecnología nuclear, que continúa desarrollando en nuevos tipos de reactores.

Estados Unidos es, la primera potencia mundial en centrales

nucleares, con mayor número, instaladas y en funcionamiento y su tecnología es de primerísima línea mundial, que exporta a Europa y a numerosos países del mundo.

La Unión Soviética, era la segunda potencia electronuclear, del mundo, a tenor con el número de centrales productoras de energía eléctrica y además tiene, su propia tecnología, que ha utilizado en su territorio y en los países que tenía dominados.

#### LOS PAISES MAS NUCLEARIZADOS.

En el cuadro 3, se recogen los diez países con mayor potencia electronuclear en funcionamiento y construcción.

Cuadro 3 \_\_\_\_\_ Países con mayor potencia nuclear (En funcionamiento y construcción) (A 31 de Diciembre de 1984)

Países	Núm. de unidades	Potencia (MW)
Estados Unidos .....	130	122.295
Unión Soviética .....	85	66.310
Francia .....	64	62.199
Japón .....	41	31.890
Alemania Federal .....	27	25.493
Canadá .....	23	15.776
Gran Bretaña .....	42	14.992
Suecia .....	12	9.866
España .....	10	7.838
Corea del Sur .....	9	7.546

(CENTRALES NUCLEARES EN EL MUNDO. UNESA, 1985 : 11)

Como se ve en el cuadro anterior, Francia es el país de Europa occidental, con mayor potencia en centrales nucleares, que asciende a 62.199 MW y también, con mayor participación nuclear en la producción de energía eléctrica, un 58,7 % de la total.

#### Influencia de los sistemas políticos

##### CENTRALES NUCLEARES Y SISTEMAS POLITICOS.

... ,se ha pretendido poner de manifiesto que las centrales nucleares se han construido gracias a sistemas políticos antidemocráticos y en contra de los deseos de la población.

La realidad mundial pone de manifiesto todo lo contrario. De los 32 países que a finales de 1984 contaban con centrales nucleares en funcionamiento o en construcción, 20 se caracterizan por poseer un sistema político pluripartidista, es decir, democrático, y

son considerados como tales a nivel internacional; 11 se basan en un sistema político que pone fuerte resistencia al pluripartidismo o que permiten la existencia de un solo partido, generalmente el comunista y tan sólo 1 país sigue un sistema político en el que están prohibidos los partidos políticos. ... En primer lugar diversidad de sistemas políticos; y, en segundo lugar, predominio de los sistemas democráticos. ... (CENTRALES NUCLEARES EN EL MUNDO. UNESA, 1985 : 9)

### Centrales nucleares Españolas

---

España tiene diez centrales nucleares en servicio con una potencia total de 7.838 MW, que pueden aportar una participación, de aproximadamente un 38 % del consumo total nacional y cuenta, con cinco reactores que tienen una potencia de 4.851 MW, en vías de instalación; pero con las obras paralizadas, debido a la «congelación», ordenada en el «Plan Energético Nacional (PEN)» aprobado en 1984.

Las diez centrales nucleares en servicio, que se citan en "EL MUNDO DE LA ELECTRICIDAD, UNESA, 1990", son:

Denominación	Localización	Potencia (MW)	En servicio
José Cabrera	Guadalajara	160	1968
Sta. Ma. Garoña	Burgos	460	1971
Vandellós I	Tarragona	500	1972
Almaraz I	Cáceres	930	1981
Ascó I	Tarragona	930	1983
Almaráz II	Cáceres	930	1983
Cofrentes	Valencia	975	1984
Ascó II	Tarragona	930	1985
Vandellós II	Tarragona	982	1987
Trillo I	Guadalajara	1.041	1989
TOTAL .....		7.838	

Según la misma información, los cinco reactores nucleares, en vías de instalación y con las obras detenidas, por la moratoria nuclear prevista en el Plan Energético Nacional (PEN), son:

Denominación	Localización	Potencia (MW)
Valdecaballeros I y II	Badaloz	2 x 975
Lemoniz I y II	Vizcaya	2 x 930
Trillo II	Guadalajara	1.041
TOTAL .....		4.851

A excepción de la central de Trillo II, el resto de las centrales estaban en fase de instalación muy avanzada en la fecha de la paralización de las obras, por la normativa del PEN.

## PRODUCCION ELECTRICA

En España - Año 1990

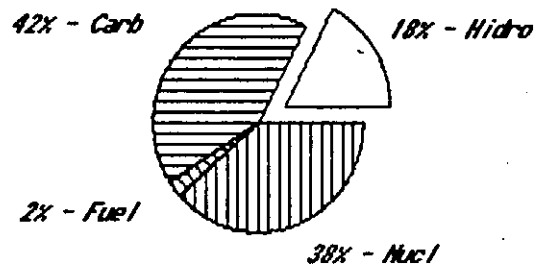


Fig. 1

## PRODUCCION ELECTRICA

En España - Año 1990

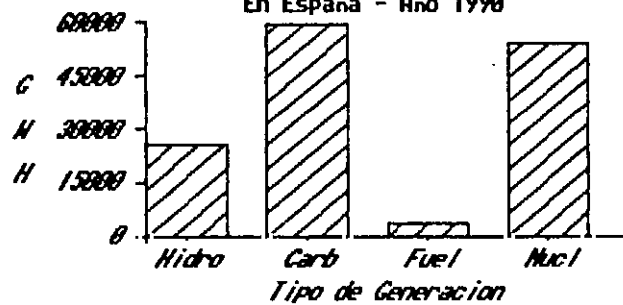


Fig. 2

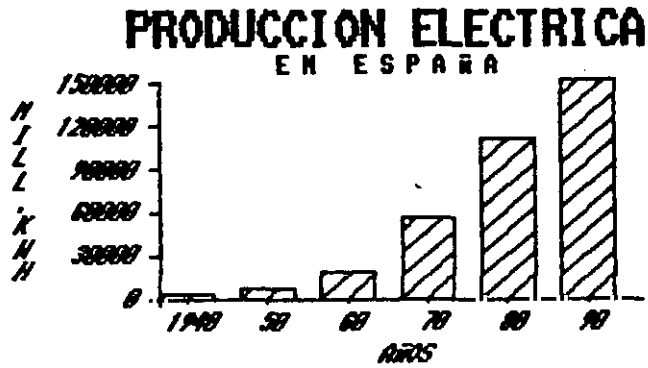


Fig. 3

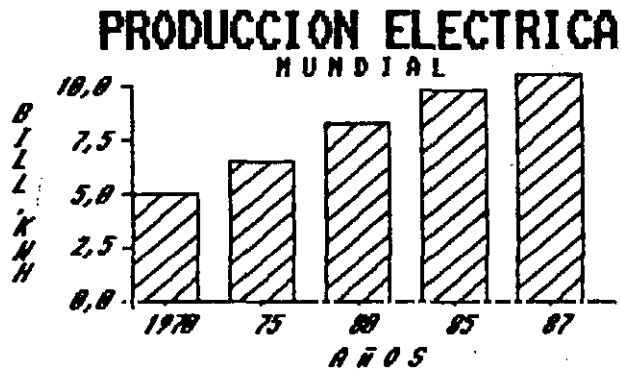


Fig. 4

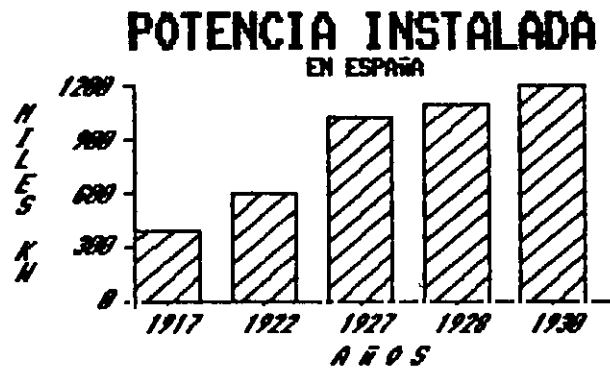


Fig. 5

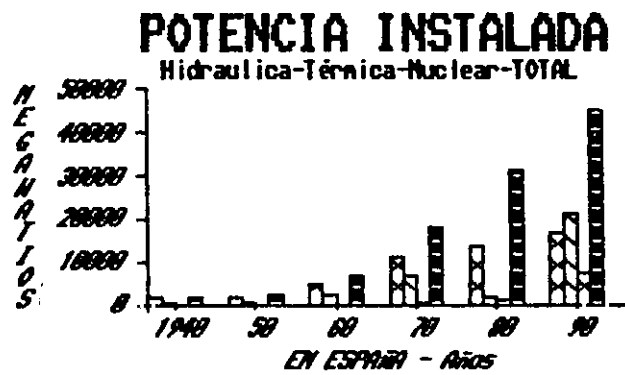


Fig. 6

Apéndice 3: Cine sonoro

Breve historia de la cinematografía

---

La cinematografía

Los hermanos Lumière

La cruz de malta

Primeras películas

Estudios cinematográficos europeos y americanos

Impacto de la guerra en Europa

Superproducciones

Agonía del cine mudo y comienzos del cine sonoro

Sistemas de sonido: sincronizado y con banda sonora

Cine en color, cinemascope y cinerama

La industria cinematográfica, el doblaje.

### APENDICE 3 : CINE SONORO

#### Breve historia de la cinematografía

---

La «CINEMATOGRAFIA» es una aplicación de la fotografía, para captar el movimiento, que consiste, en hacer una sucesiva toma de «CUADROS» o «FOTOGRAMAS» a una velocidad constante, utilizando como soporte una «CINTA», en un principio de celuloide, con una cara sensibilizada a la luz, que una vez procesada en el laboratorio fotográfico, da como resultado, la «PELICULA».

La «PROYECCION» es la operación inversa, para conseguir las imágenes sobre una pantalla, dotadas de movimiento. El proyector utiliza un foco de luz y la película, debe desplazarse a la misma velocidad que lo hizo en la grabación.

Desde el principio y durante la época del cine mudo, la grabación y la proyección se hacía a una velocidad de 16 cuadros por segundo; pero con el cine sonoro a finales de la década de 19(20) se elevó a 24 cuadros por segundo.

Este juego, grabación-proyección, con los resultados de la ilusión del movimiento, tan bien conseguidos, es posible gracias a una propiedad fisiológica de la vista del ser humano, que hace que las imágenes persistan en la retina, durante un dieciseisavo de segundo (1/16 segundo).

Los hermanos Lumière, fueron los inventores de lo que llamaron «CINEMATOGRAFHE». En el año 1.895, hicieron en público una proyección sobre una pantalla, que sirvió para presentar el proyector de su invención, aparato, que a pesar de sus imperfecciones, significó el comienzo de la era del «CINEMATOGRAFO».

Lumière, apellido de una familia de científicos franceses: ANTOINE (1839-1911), artista francés; fotógrafo en Lyon; comenzó los estudios sobre fotografía que tan brillantemente habrían de continuar sus dos hijos.- AUGUSTE MARIE (1862-1954), químico e industrial francés, n. en Besançon y m. en Lyon; colaboró con Louis Jean en sus investigaciones y estableció una fábrica de materiales fotográficos; realizó estudios sobre farmacología y medicina biológica; miembro de la Academia de Medicina.- Su hermano LUIS JEAN (1864-1948), n. en Besançon y m. en Bandol; continuó el trabajo de su padre y aportó grandes mejoras a la fotografía; patentó el cinematógrafo en (1.895); inventó la cinematografía en colores (1935), e ideó un método perfeccionado de proyección tridimensional; realizó la primera película de la historia del cine: La sortie des usines Lumière; de la Acad. de Ciencias (1919).

(Reader's Digest, 1973 : tomo 5, 73)

Era necesario, cumplir una doble premisa, al tomar el fotograma la película tenía que estar inmóvil y lo mismo debería suceder, al realizar la proyección.

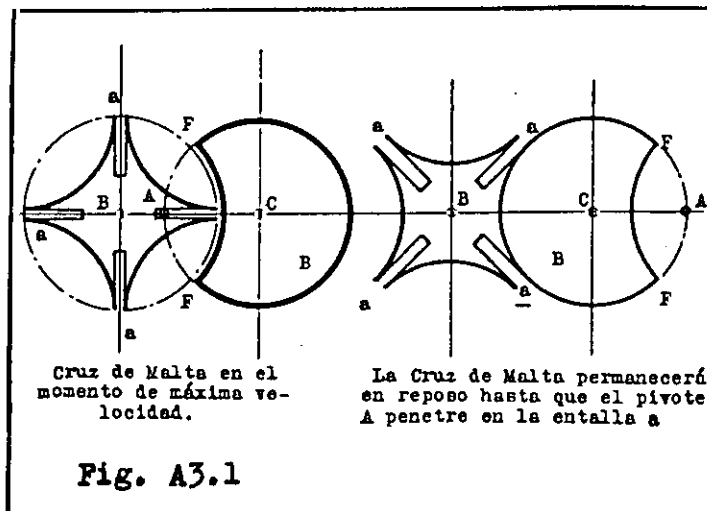
El primer procedimiento, para poder desplazar la película, intermitentemente, consistió, en dotarla de una serie de perfora-

ciones, en posiciones simétricas, en ambos lados, sobre las que encajaba una horquilla que la empuja alternativamente.

Este procedimiento, que no era muy satisfactorio en cuanto a la calidad de la grabación y proyección de imágenes, fue abandonado, principalmente, porque deterioraba la perforación y producía continuas roturas, que terminaban destruyendo la película.

La solución definitiva, para el desplazamiento intermitente periódico, de la película, se consiguió con la invención de la «CRUZ DE MALTA», que funciona con una gran precisión y produce un desplazamiento con suavidad y con una cadencia de 24 imágenes por segundo, parando alternativamente la película, con cada fotograma perfectamente centrado en la ventanilla de proyección.

La figura A3.1, muestra la cruz de malta, el eje motriz C gira a velocidad constante, al entrar el pivote A en los canales a gira 90° el eje B y después se inmoviliza 270°. Un obturador inter-cepta el foco de luz, durante el tiempo de giro del eje B...



El extraordinario inventor Thomas Edison, también investigó en EE.UU. en el campo de la fotografía, para conseguir las imágenes en movimiento y en 1.891 patentó una cámara de rollo para la toma de fotografías sucesivas que llamó «KINETOGRAFO» y otro aparato para visionar las imágenes, para utilización individual, que llamó «KINETOSCOPIO». Edison una vez más (v. pags. 15 y 27), puso de manifiesto, su faceta de hombre práctico y sus dotes comerciales, fundando una compañía para la construcción y venta de los aparatos patentados, que llamó «KINETOSCOPE COMPANY» y a partir de 1.894 comenzaron la producción de películas, extendiendo su fructífero negocio a Europa.

Edison, años más tarde intentó combinar su kinetoscopio con el fonógrafo también de su invención, para sonorizar las imágenes; pero debido posiblemente a que solamente podían verlas una persona no tuvo éxito y este sistema, que trataron de mantenerlo como máquina "tragaperras" desapareció completamente.

En 1.895 comienzan los hermanos Lumière, la proyección y exhibición de películas mudas en París con gran éxito, que motivó la dedicación de teatros a la nueva industria, semi-artista.

Se fue alargando la duración y mejorando la calidad de las películas, iniciando la introducción de efectos dramáticos y trucos cinematográficos, que dieron excelentes resultados.

A principios del siglo XX se hicieron varias películas que tuvieron un gran impacto social, en Francia, la "La Cenicienta" y "Viaje a la luna" y en Italia, "Quo Vadis" y "Los últimos días de Pompeya" y en EE. UU. "El gran robo del tren".

Se había puesto en marcha la gran industria cinematográfica y lo que comenzó siendo una exhibición de barraca, se transformaba en un medio de comunicación, aceptado multitudinariamente.

Se suceden continuos perfeccionamientos técnicos, en la producción de películas, se construyen «ESTUDIOS CINEMATOGRAFICOS» en Francia e Italia, con las adecuadas instalaciones de iluminación y los actores empiezan a elevarse al estrellato.

En los equipos de grabación se perfecciona la mecánica y la óptica y los estudios empiezan a equiparse con medios especiales, para la localización y el desplazamiento de las cámaras y se mejoró la proyección, aumentado la potencia del arco voltaico para intensificar el foco de luz y con objetivos de mayor calidad.

Los estudios franceses Phatè Frerès y Léon Gaumont fueron importantes productores de películas que exportaron a todo el mundo. En EE. UU. hubo un importante brote de la industria cinematográfica, que a partir de 1.913 se trasladó a Hollywood en California, convirtiéndose en la «MECA» del cine, como primera potencia mundial de la industria cinematográfica, sin ser ajeno a este gran auge, el éxito, del género de películas del viejo Oeste plagado de legendarios personajes.

Se crean en Europa, estudios en Alemania, Dinamarca, Inglaterra y Suecia, con pocos argumentos para competir con Francia e Italia, que conservaban la hegemonía del Continente.

La guerra en Europa, entre 1.914 y 1.918, impuso una obligada interrupción en la producción de películas, que no afectó de igual forma a los EE. UU. que intensificó la producción de películas del Oeste, con pieles rojas galopando por la inmensa pradera, películas que aún en la actualidad tienen numerosísimos adeptos y que fueron exportadas a todos los confines de la tierra.

En EE.UU. la industria cinematográfica, se desarrolla espléndidamente, con toda clase de medios financieros y técnicos que les permitió optimizar las cámaras de grabación y los estudios, con potentes instalaciones de iluminación y nuevas gruas para el emplazamiento de las cámaras, que podían desplazarse para filmar.

En esta época, surgieron grandes «ESTRELLAS»: Mary Pickford, Max Linder, Charlie Chaplin, Douglas Fairbank, John Barrymore, el seductor Rodolfo Valentine y Pola Negri, así como directores de talla internacional: D. W. Griffith y Cecil B. de Mile, cerebros de grandes «SUPERPRODUCCIONES», entre ellas: "Los diez mandamientos" y "Rey de reyes", que compitieron con las producidas en Europa.

Finalizando el año 1.925, empieza la agonía del cine mudo al conocerse la posibilidad de un «CINE SONORO», que se hace rea-

lidad el 6 de Agosto del año 1926, con la proyección de una "película noticiario hablada", en el cine de New York "Teatro Warner".

Siguieron dos películas sonoras de larga duración, la primera sin diálogo «DON JUAN», interpretada por John Barrymore y después en 1.927, "El cantante del Jazz", dirigida por Alan Crosland e interpretada por el cantante Al Jolson, con algunas canciones y muy poco diálogo, la realizó la Warner Bross, por el sistema de sincronización «VITAPHONE».

La película, que impactó de forma muy decisiva en el público y que se considera, el punto de partida del cine sonoro fue "Luces de Nueva York", proyectada en el año 1.928.

En el sistema «VITAPHONE», el sonido se conseguía por la sincronización de un disco gramofónico, con las imágenes; pero los resultados no eran muy satisfactorios en cuanto a la perfección de funcionamiento y requería durante la proyección mucha atención del operador, para mantener mediante reajustes, la sincronización.

La plena realización técnica del cine sonoro, se alcanzó con la adopción del registro de sonido «FOTOELECTRICO» incorporado en la película en una «BANDA SONORA».

Existió una gran pugna, entre las productoras de películas, por un sistema de registro incorporado en la película y algunas adoptaron el sistema óptico «FOTOPHONE» creado por R.C.A. que introdujo una banda sonora óptica junto al fotograma.

En la fig. A5.4 del Apéndice 5, se muestran dos trozos de película sonorizada, de 35 mm de anchura, con las perforaciones para el arrastre y las bandas sonoras ópticas, de los los sistemas de registro y reproducción: de densidad variable y de densidad constante (o ancho variable), utilizados durante más de cuatro décadas, como sistemas fundamentales de sonido en cine sonoro.

Actualmente se ha abandonado este sistema óptico y se utilizan varias bandas sonoras magnéticas, que proporcionan utilizando un sistema más sencillo (magnético), un sonido de alta fidelidad e incluso «ESTEREOFONICO», que hace el registro y la reproducción del sonido correspondiente seleccionado por zonas, en varios canales independientes, para conseguir mayor sensación de realidad.

Otro avance importante del cinematógrafo, ha sido la imagen en color, conseguida con nuevos sistemas, que han superado el patentado por los hermanos Lumière en 1.935, son muy utilizados, el «TECNICOLOR» y «CINECOLOR» americanos y el «Agfacolor» alemán.

El sistema «CINEMASCOPE», además de introducir un sistema de sonido de «ALTA FIDELIDAD», con varios canales, cambia el formato de la imagen, para conseguir una visión panorámica.

También se presentó en New York en el año 1.952, el sistema denominado «CINERAMA», con la proyección de la película "This is Cinerama", creado por el estadounidense Fred Walter. Consiste en filmar, con tres películas y sendas cámaras sincronizadas, exactamente distribuidas para abarcar un ángulo de cobertura de 146° y utilizar seis bandas de registro para conseguir un sonido «ESTEREOFONICO» de alta fidelidad.

La industria cinematográfica ha movido billones de dólares y proporcionado cientos de miles de puestos de trabajo, creando ilu-

sión y entretenimiento a millones de personas, de todas las razas, sirviendo para la extensión de la cultura y aunque con el cine hablado surgieron los problemas de los idiomas, se soslayó en parte, en un primer intento con la repetición del rodaje en diferentes idiomas, que al resultar insostenible económicamente, se sustituyó por la incorporación de rótulos (traducción) en la misma imagen y finalmente por el «DOBLAJE» de las películas a distintos idiomas, sustituyendo el diálogo original, por una traducción en la que se cuida acoplar las inflexiones de la voz y el movimiento de los labios al nuevo texto traducido.

## Apendice 4: Radiodifusión

Definiciones de términos usuales

---

Portadora, modulación y detección

Modulación de amplitud y modulación de frecuencia

Normalización de servicios

Bandas de frecuencia

Breve historia de la radiodifusión

## APENDICE 4 : Radiodifusión

### Definiciones de términos usuales

---

#### Portadora, modulación y detección

La frecuencia de emisión de cualquier servicio de radio es la correspondiente a la «PORTADORA», llamada así, por ser la que se «MODULA», que es la operación de hacer, que su amplitud, frecuencia u otro parámetro, varíe proporcionalmente, con la baja frecuencia (sonido), código telegráfico (Morse) o videofrecuencia (sonido e imagen), que se ha de transmitir.

La función de la «PORTADORA» es transportar el mensaje que lleva "impreso", modulado.

La «DETECCION» o «DEMULACION» es el proceso, que sigue a la amplificación de la señal de radiofrecuencia, que se capta en antena, para obtener la señal modulada (mensaje): de baja frecuencia (sonido), código telegráfico (Morse) o videofrecuencia, conjunto de imagen y sonido.

La portadora es una señal senoidal, que se genera, en una etapa con una válvula termoiónica u otro componente activo, funcionando como osciladora y que en las emisoras de radio, se conoce con el sobrenombre de «OSCILADOR MAESTRO».

La portadora se define por su frecuencia  $f$ , que es el número de «CICLOS» por segundo, que se abrevia diciendo «HERTZIOS».

Se utilizan los múltiplos:

Kilociclo / s	(Kc/s)	=	1.000	c/s	< >	1	KHz
Megaciclo / s	(Mc/s)	=	$10^6$	c/s	< >	1	MHz
Gigaciclo / s	(Gc/s)	=	$10^9$	c/s	< >	1	GHz

La velocidad de las ondas electromagnéticas es la misma que la de la luz, que es 299.792,5 kilómetros por segundo, aunque es normal en la técnica, redondear a 300.000 Km/s.

Al tiempo que se invierte en la realización de un ciclo se le llama «PERIODO» que es: un segundo dividido por la frecuencia  $f$ , es decir, «la inversa de la frecuencia», se designa por  $T$ .

$$\text{Periodo:} \quad T = 1 / f(\text{Hz}) \quad (\text{en segundos})$$

También se utiliza mucho, sobre todo en algunos servicios de emisoras de radio, lo que se llama «LONGITUD DE ONDA».

«LONGITUD DE ONDA» es la distancia expresada en metros recorrida por la señal en el tiempo correspondiente a un periodo, es decir, en la realización de un ciclo, se designa con la letra griega lambda  $\lambda$ .

Longitud de onda:

$$\lambda = 300.000.000 / f(\text{Hz}) \quad (\text{metros})$$

$$\lambda = 300.000 / f(\text{kHz}) \quad (\text{metros})$$

$$\lambda = 300 / f(\text{MHz}) \quad (\text{metros})$$

Frecuencia:

$$f = 300.000.000 / \lambda \quad (\text{Hz})$$

$$f = 300.000 / \lambda \quad (\text{KHz})$$

$$f = 300 / \lambda \quad (\text{MHz})$$

### Modulación de amplitud y modulación de frecuencia

Las emisoras de radio que transmiten una portadora cuya amplitud varía con la señal moduladora, se designan como emisoras de «MODULACION DE AMPLITUD» y las que emiten una portadora con una frecuencia que varía con la señal moduladora, se conocen como emisoras de «MODULACION DE FRECUENCIA».

Estos dos tipos de modulación, no son únicos; pero sí los más utilizados en «RADIODIFUSION», existen otros sistemas, que se utilizan en diferentes servicios de «RADIOCOMUNICACION».

### Normalización de servicios

La frecuencia de la portadora, de cualquier tipo de emisora, está ubicada en bandas, designadas y reguladas por Convenios Internacionales, según el tipo de servicio.

La distribución y concesión en cada país, la realiza la propia Administración, a través de sus Direcciones Generales, siguiendo, la normalización internacional.

En los Convenios Internacionales, se dictan definiciones, recomendaciones y normas restrictivas legales y técnicas, obligatorias, para ordenar el ámbito de las ondas electromagnéticas.

La primera Conferencia Plenipotenciaria, después de la Segunda Guerra Mundial, se concretó con motivo del Convenio Internacional de «Atlantic City 1947» que adjudicó las bandas de frecuencia y servicios.

Como es sabido, la I Conferencia de Plenipotenciarios, y fundacional de la Unión Telegráfica Internacional, se celebró en París en 1865; la II, en Viena (1867); la III, en Roma (1871); la IV, en San Petersburgo (1875); la V, en Madrid (1932); la VI, en Atlantic City (1947); la VII, en Buenos Aires (1952); la VIII, en Ginebra (1959); la IX, en Montreux (1965).

(Felix Fernández-Shaw, 1974 : 107)

El « Convenio Internacional de Telecomunicaciones de Montreux (1965) » introdujo importantes definiciones en relación con la Radiodifusión.

... y en su anexo 2, se concibe la radiodifusión como un « servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general ». Este servicio comprende bien las emisiones sonoras y visuales (televisión), bien las emisiones de otros géneros (facsimil, etc.). Es decir, que tanto las emisiones de radio como de televisión son servicios de radiodifusión.  
(Felix Fernández-Shaw, 1973 : 122)

En 1973 se celebró en Málaga, en el Palacio de Exposiciones y Congresos de Málaga - Torremolinos la « Décima conferencia de Plenipotenciarios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) », en estas sesiones se destacaron los temas administrativos, políticos y el técnico jurídico.

La décima primera Conferencia de Plenipotenciarios se celebró en Nairobi (Kenia) en 1.982 y la décima segunda se desarrolló en Niza (Francia) en 1.989.

Está prevista, para 1.994, la próxima reunión que se celebrará en Kioto (Japón).

También se ha celebrado, en el presente año de 1.992, en Torremolinos (Málaga), entre los días 3 de febrero y 3 de Marzo, con la asistencia de representantes de 163 países, la Conferencia Administrativa Mundial Radiocomunicación (C.A.M.R.).

En la Conferencia Internacional de Torremolinos, recientemente celebrada, se han establecido nuevas distribuciones de frecuencias, principalmente de servicios móviles, televisión de alta definición y radiodifusión.

A la sazón de las primeras Conferencias, se establecieron juntas, comisiones, reglamentos y el instrumento jurídico de UIT, Convenio Internacional de Telecomunicaciones (CIT).

La estructura de la UIT, está compuesta por dos tipos de órganos que acabamos de citar:

- Por un lado tenemos los no permanentes:
  - Las Conferencias Plenipotenciarias
  - Las Conferencias Administrativas
  - El Consejo de Administración
- Por otra parte están los permanentes:
  - La Secretaría General
  - La Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB)
  - Los Comités Consultivos Internacionales (CCI), que son:
    - El Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR)
    - El Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT)

Las principales normas restrictivas, de tipo técnico, están orientadas a evitar las interferencias entre las diferentes emisoras de radio, en cada tipo de servicio, de tal forma que la recepción de la señal sea de la calidad adecuada en cada caso.

Existen distintos servicios, que se regulan, tales como de radiodifusión, navegación, protección de vuelo, comunicaciones con buques y aeronaves, forestales, radioaficionados, etc..

La FCC (Federal Communications Commission), tiene atribuciones para dar normas sobre las licencias, potencias, radiación, número de emisoras por cada zona, etc.

A título de ejemplo, de estas normas, se limita la potencia radiada, la emisión de « ARMONICOS » y las desviaciones de la frecuencia de trabajo asignada.

La potencia radiada está relacionada con el área cubierta por la emisora y su alcance.

Los «ARMONICOS» son frecuencias múltiplos (x2, x3, x4, x5) de la frecuencia portadora, que producen interferencias a otras emisoras de radio, en el mismo u otro servicio.

La desviación de frecuencia, respecto de la asignada a la emisora, puede ser causa de interferencias a otras emisoras y también influir en la calidad de la recepción de la propia emisora.

Cuando una emisora de radio, es objeto de una interferencia, se sintoniza con una calidad de recepción deteriorada.

#### Bandas de frecuencias

Tabla 1.3	Designaciones	de	frecuencias
VLF (muy bajas frecuencias)	3 Hz	a	30 KHz
LF (bajas frecuencias)	30 KHz	a	300 KHz
MF (frecuencias medias)	300 KHz	a	3 MHz
HF (altas frecuencias)	3 MHz	a	30 MHz
VHF (muy altas frecuencias)	30 MHz	a	300 MHz
UHF (ultraaltas frecuencias)	300 MHz	a	3.000 MHz
SHF (superaltas frecuencias)	3 GHz	a	30 GHz
EHF (extraaltas frecuencias)	30 GHz	a	300 GHz

( Matthew Mandl, 1976 : 9 )

Las emisoras comerciales de radio:onda media, frecuencia modulada y radiotelevisión, están integradas, como sigue:

Onda media de AM.	(banda MF)	-	535 a 1.605 KHz
Frecuencia modulada	(banda II VHF)	-	87,5 a 108 MHz
T.V. canales bajos	(banda I VHF)	-	47 a 68 MHz
T.V. canales altos	(banda III VHF)	-	174 a 230 MHz
T.V. can.21->69	UHF (bandas IV y V)	-	470 a 860 MHz

## Breve historia de la Radiodifusión

Guglielmo Marconi (1.874-1.937), inventor italiano, autodidacta, doctor honoris causa de Oxford, Glassgow y Pensilvania, senador en 1.914 y premio Nobel de Física en 1.909 (compartido), galardonado con el título de marqués en 1.929 y elevado a la presidencia de la Academia de Italia en 1.930, fue el primero en establecer una comunicación, entre un «EMISOR» y un «RECEPTOR», separados por una distancia de tres kilómetros, utilizando las ondas electromagnéticas; es decir, sin hilos, en el año 1.894.

Esta primera comunicación, punto a punto, predecesora del inmenso mundo de la comunicación, la realizó Marconi, fundándose y queriendo aplicar, las ondas electromagnéticas, que había descubierto Hertz en 1.887 (v. pag. 13).

Construyó un emisor de chispa, inspirado en el que utilizó Hertz, formado por una batería que alimentaba a través de un ruptor, un circuito oscilante «LC», acoplado, a otra bobina que tiene dos electrodos a guisa de chispómetro, y a la antena.

El receptor consistía en una bobina conectada a la antena y a tierra, acoplada a un circuito «LC», igual al del emisor, entre cuyos extremos se conecta el tubo «RADIOCONDUCTOR» también llamado «COHESOR», descubierto por Edouard Branly en 1.890 y un teléfono o timbre, que hace audible el mensaje.

El «COHESOR» de Branly es un pequeño tubo de cristal con sendos electrodos en sus dos extremos, que delimitan una pequeña cantidad de finísimas limaduras de hierro. Las limaduras de hierro conducen, por un efecto llamado «COHERENTIZACION» cuando son atravesadas por las señales de radio y dejan de conducir, sin señal, al recibir el tubo una serie continua, de pequeños golpes.

Marconi, hizo también, las primeras pruebas de radiodifusión instalando una emisora de radio en un buque, el «ELECTRA».

A partir de 1.896, Marconi registró varias patentes en Inglaterra, mejorando su emisor y receptor y continuó sus demostraciones, consiguiendo comunicaciones cada vez más distantes, lo que le permitió mantener, la primera radiocomunicación a través del Canal de La Mancha en 1898.

La contribución de Marconi fue extraordinaria, sus continuos trabajos de investigación, para mejorar sus comunicaciones le llevaron a utilizar la antena, la sintonía (1.899), el detector magnético (1.902), la antena dirigida (1.905) y las redes de antenas directrices, antecesoras de las utilizadas en los servicios de radiocomunicación y radiodifusión.

El «DETECTOR MAGNETICO» que utilizó Marconi, estaba fundado en la propiedad de las ondas electromagnéticas, descubierta por el físico británico Ernest Rutherford (1.871-1.937), en 1.894 de modificar la imantación del acero.

Este curiosísimo dispositivo, capaz de detectar las ondas de radio, consiste en un alambre sin fin de hilo de hierro, que movido por un aparato de relojería y dos poleas, se desplaza a

una velocidad de 5 a 10 centímetros por segundo, frente a los polos de un imán de herradura, y por el interior de dos bobinas acopladas inductivamente, una de las bobinas está conectada a la antena y a tierra y la otra a un timbre o al teléfono, para percibir la señal acústica.

En la aparición y desarrollo de la Radiodifusión han intervenido de forma muy decisiva, además, dos acontecimientos, siendo ambos partícipes de la concreción de este medio de comunicación, que es la « RADIO », que ha tenido y cada día tiene mayor importancia socio-económico-político, lo que le hace estar en constante expansión en todo el mundo.

A partir de la primera década del siglo XX, por una parte, las aplicaciones de la electricidad y su producción, crecieron de una forma vertiginosa y por otra, la aparición de la válvula termoiónica de tres electrodos, impulsaron la electrónica, con rápidas aplicaciones a diversos sectores de la industria y muy coyunturalmente, al uso militar, con su sobresaliente aparato de la propaganda política, que requería más potentes y eficaces medios de difusión, dentro de la comunicación.

Se habían realizado, desde finales del siglo XIX, intensos estudios e investigaciones, para mejorar la grabación del sonido (v. Apéndice 6), con logros, que tuvieron importantes aplicaciones por parte de los alemanes, durante la primera guerra europea, entre los años de 1.914 a 1.918.

El tipo de receptor más utilizado, en aquella época e incluso hasta más o menos 1.930, fue el de amplificación directa, llamado de «RADIOFRECUENCIA SINTONIZADA».

Estos receptores, con características mediocres, lo formaban tres o cuatro etapas amplificadoras de radiofrecuencia en cascada, con circuitos LC sintonizados, cuyos condensadores variables (C) se mandaban con el mismo eje «TANDEM», con mando exterior para la selección de las emisoras de onda media ( 535 a 1.605 KHz ) o conmutando las bobinas (L), onda larga (135 a 405 KHz). Seguían a las etapas de radiofrecuencia una etapa detectora y otra amplificadora de baja frecuencia, que movía un altavoz del tipo magnético, llamados de hierro móvil (v. Apéndice 6).

En la primera década de 1.9(20), se produce un extraordinario auge de la radiodifusión, que nace en los Estados Unidos, donde Frank Conrad, fundó en 1.919 la emisora 8XK, con una programación que incluía informativos y programas musicales.

El desarrollo de la Radio fue extraordinariamente rápido en todo el mundo. Para 1922, en Estados Unidos existían ya quinientas emisoras y treinta y cuatro en Canadá, Bélgica, Holanda, Suecia, Finlandia, Italia, Alemania, Austria y Yugoslavia crean sus primeros servicios regulares en 1923 (19).

( Faus, 1973 : 41 )

Al principio, las emisiones eran de corta duración, de mala calidad y de mensaje muy sencillo, ya que además, la escucha era

muy limitada.

Así, si el periódico es el segundero de la historia, la Radio, desde 1920, es la historia contada a viva voz y accesible en grado máximo.  
( Faus, 1973 : 33 )

En el año 1.918 el oficial de telecomunicaciones norteamericano Edwing Howard Armstrong, inventó el receptor de radio tipo «SUPERHETERODINO», este receptor mejoraba las características, de sensibilidad (condición de captar señales muy débiles) y selectividad (capaz de seleccionar sin interferencia una emisora); pero a pesar de ello, el superheterodino no se impuso hasta el primer lustro de la década de 19(30) y no ha sido sustituido, ya que es el tipo de receptor, incluso de «DOBLE CONVERSION», que desde los años treinta sigue utilizándose en la actualidad.

El receptor tipo superheterodino popular, consiste en hacer una conversión de frecuencia en la primera etapa, «HETERODINANDO» (mezclando) la señal recibida con la producida en un oscilador local, cuya frecuencia variable es superior en el valor de la frecuencia intermedia (F.I.), que es la «HETERODINA» producida.

La placa de la válvula conversora, y la rejilla y la placa de la válvula que constituye la etapa amplificadora siguiente, que es llamada «AMPLIFICADORA DE F.I.» están presintonizadas al valor de la F.I. con sendos circuitos LC. A continuación siguen la etapa detectora, amplificador de baja frecuencia y el altavoz.

En los receptores superheterodinos, se utilizaron altavoces electrodinámicos (v. Apéndice 6), que mejoraban las características acústicas de los del tipo magnético.

Ya en la década de 19(30), se fabricaron millones de receptores populares de cinco válvulas, equipados con las tipo R.C.A., 77, 78, 75, 43 y 25Z5 y después, con las 6A7, 6D6, 75, 43 y 25Z5, los primeros receptores, con una sola banda de onda media y los segundos (con 6A7), con dos ondas, media (O.M.) y corta (O.C.).

Las agencias de noticias de prensa no se adaptan al aire de la Radio; pero en 1.920, aparece en Estados Unidos, el primer servicio radiofónico comercial, que más bien a largo plazo, en 1.933, culminó con la creación de la primera agencia de noticias, exclusiva para la Radio.

Otro hecho, muy importante, en el desarrollo comercial de la Radiodifusión, fue la creación en Estados Unidos, en 1.919, de la gran empresa R.C.A. (Radio Corporation of America); ya que la radio permanecía muy vinculada y con carácter muy experimental a la Universidad, tanto en Estados Unidos como en Europa.

También Frank Konrad, por encargo de Westinghouse, instauró la Emisora KDKA en Pittsburgh (EE. UU. Pensilvania), que a partir de 1.920 dió el primer servicio regular de radio. En 1.921 ya funcionaban en los EE.UU. treinta y dos emisoras de radio y en 1.925 tres en Europa.

En España Radio Castilla, que pertenecía a la Compañía Ibérica de Telecomunicaciones, realizó en 1.921 sus primeras pruebas de emisiones radiofónicas.

Definitivamente en 1.924, empezó con el indicativo EAJ-1, Radio Barcelona, año que fue muy importante para la iniciación de nuevas emisoras en otros continentes, con servicios regulares.

La radiodifusión mundial, alcanza un importante desarrollo y fundamentales avances técnicos, en 1.926, al crearse en Estados Unidos la NBC y paralelamente en Inglaterra la BBC.

Estas dos cadenas de radiodifusión la National Broadcasting Corporation (NBC) y la British Broadcasting Corporation (BBC), influyeron en todo el mundo, para la expansión de la radiodifusión.

Los norteamericanos mantuvieron la supremacía del mercado mundial en todos los aspectos, ya que su avanzada tecnología e industrialización les permitía, introducir mejoras en los equipos de radiofrecuencia y baja frecuencia y una gran producción de receptores de radio, populares y de gran calidad, a precios muy competitivos, consiguiendo cifras de exportación muy importantes.

En el periodo, 1926 - 1939

Dentro de este panorama político-económico, los hechos específicamente radiofónicos más importantes fueron:

- El "Radio-act" de 1927
- La creación de la CBS en 1928
- Los enfrentamientos radio-prensa por razones económicas.

( Gutierrez Espada, 1982 : 49 )

La "Radio Act" creó la FRC (Federal Radio Commission), para legalizar, ordenar y reglamentar, las emisiones radiofónicas, cuya profusión había creado un caos. Esta organización fue sustituida por la FCC (Federal Communications Commission) por el Congreso de U.S.A. en 1.934, siguiendo actualmente vigente.

La cadena CBS (Columbia Broadcasting System) comenzó con 16 emisoras en fuerte competencia con la NBC, que motivó un mayor desarrollo y mejora de las técnicas de programación, dando lugar a importantes contratos de campañas de publicidad, que rendían pingües beneficios.

... en 1930, se calcula el número de receptores en trece millones en Estados Unidos, frente a ocho millones en Europa.

( Faus, 1973 : 47 )

Los intereses económicos y la crisis, promovieron el enfrentamiento radio-prensa, durante la grave recesión que sufrió norteamérica en 1.929, que impactó muy negativamente en las campañas publicitarias en radio y también en los periódicos y revistas.

Para hacer frente a esta situación, la radio aumentó su participación en campañas publicitarias sencillas, propias para productos económicos de gran consumo, combinadas con programas de

gran audiencia, a lo que los editores respondieron presionando sobre las agencias para que limitaran la información que suministraban a las cadenas de radio.

La reacción de las cadenas de radiodifusión no se hizo esperar, la CBS creó en 1.933, la Columbia News Service, agencia exclusiva para la radio, a la que siguieron otras y por fin en 1.934, se hicieron acuerdos entre la radio, prensa y agencias de noticias.

En este mismo periodo, 1.926 -1.939, la B.B.C. evoluciona mejorando y ampliando sus programas, especialmente informativos y educativos en varios idiomas y musicales, convirtiéndose en la mejor red de radiodifusión mundial. En cuanto a sus logros técnicos, se amplían a las emisiones en ondas cortas, influenciado por los trabajos de Marconi.

En 1939, Francia tenía trece emisoras de radio y contaba con cinco millones de receptores.

En este periodo, se producen avances importantes en los campos puramente técnico y de programación.

En cuanto a cambios técnicos se mejora la calidad de emisión con mejor equipamiento de baja frecuencia y simultáneamente, la de recepción, con la aparición de los receptores tipo superheterodino dotados con altavoces electrodinámicos.

Se hace la separación física, entre las instalaciones de los centros de emisión de radiofrecuencia y de baja frecuencia o estudios y se introduce la «MESA DE MEZCLAS», consiguiéndose en 1.938, poner en funcionamiento el «SISTEMA MULTIPLEX», de interconexión telefónica, para el diálogo simultáneo y directo, con todas las emisoras de la red, en las distintas ciudades nacionales y con los corresponsales en el extranjero.

En la parte concerniente a la programación, se introduce el nuevo concepto de programación, con más tiempo de emisión y espacios ante el micrófono muy elaborados, hablados y musicales.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la radio se utiliza como medio de propaganda y se manipula con fines muy concretos, en ocasiones, con directrices poco honestas.

Alemania contaba en 1.943 con deiciseis millones de receptores de radio y radiaba boletines informativos en 53 idiomas.

La Unión Soviética, ejercía un control total y exclusivo de la radiodifusión dentro de sus territorios.

La red de la B.B.C. inglesa y A.B.C. (American Broadcasting Company) norteamericana, creada por decisión de la F.C.C., formaban el bloque más importante de la propaganda aliada, con emisiones dirigidas a los países ocupados por los alemanes.

Terminada la guerra, todos los países reorganizaron sus estructuras radiofónicas y los Estados Unidos por la parte occidental y la Unión Soviética como dominadora de los países del este,

representaban los dos bloques antogónicos, que se cuidaron de intensificar sus programas de radio, politizados, proliferando las emisiones en distintos idiomas, la mayoría en onda corta, que les garantizaba un mayor alcance y cobertura.

En U.S.A. a partir de 1.961 se imponen las emisoras locales de frecuencia modulada y en Europa la B.B.C. intensifica los programas educativos, autorizando en 1.967 las emisoras locales.

En Francia e Italia se crearon sociedades públicas RTF y EIAR, respectivamente y aumentaron las actividades educativas.

Italia y Alemania comenzaron emisiones en frecuencia modulada y en onda corta.

La Unión Soviética, a partir de 1.960, inició un importante desarrollo técnico, introduciendo la frecuencia modulada y la estereofonía.

Al referirnos a España, vamos primero a recordar los antecedentes históricos en el campo de las ondas hertzianas, cuya andadura comenzó en la primera década del siglo XX.

#### Normativa jurídica de RTVE

Por ley de 26 de Octubre de 1907 se autoriza al Gobierno para plantear o desarrollar los servicios de radiotelegrafía y teléfonos, lo que se efectúa mediante dos decretos del 24 de enero de 1908.

En uno de ellos se aprueban las Bases y el Reglamento para el servicio radiotelegráfico, determinándose que se « considerará comprendido entre los monopolios del Estado relativos al servicio de toda clase de comunicaciones eléctricas el establecimiento y explotación de todos los sistemas y aparatos aplicables a la llamada 'telegrafía hertziana', 'telegrafía etérica', 'radiotelegrafía' y demás procedimientos similares ya inventados o que puedan inventarse en el porvenir ».

Por el segundo de los decretos citados se aplican las condiciones para la adjudicación en pública subasta de la construcción y explotación de las estaciones de servicio radiotelegráfico, aprobándose el Pliego de Condiciones por R. O. de 18 de febrero de 1908.

El Servicio se encuentra, en aquel entonces, en el Ministerio de la Gobernación, y así el R. D. de 27 de febrero de 1923 autoriza a dicho Departamento ministerial para que redacte y publique un Reglamento de estaciones privadas, señalando que el monopolio podrá ser explotado por el mismo Estado o mediante concesión.

El R. D. de 26 de julio de 1926 crea el Servicio Nacional de Radiodifusión, en el que se integran la red de estaciones radiodifusoras, la Administración económica, Junta Técnica e Inspectoría y una Comisión de Programas llamada de Asistencia Social.

En el año 1931 se crea el Ministerio de Comunicaciones, por decreto de 15 de abril, al que se le atribuyen las competencias y los servicios hasta entonces atribuidos a la Dirección General de Correos y Telégrafos del Ministerio de la Gobernación. Aclaratorio es el Decreto de 25 de abril de 1931 que dispone que se desglose del Ministerio de la Gobernación todos los asuntos referentes a la telecomunicación en general, de los que entenderá, en lo sucesivo, el Ministerio de Comunicaciones.

La ley de 9 de marzo de 1932 autoriza al gobierno a reorganizar los servicios de telecomunicación, pasando la Dirección General de Telégrafos a denominarse Dirección General de Telecomunicación, encargándole, entre otros, del servicio de radiodifusión.

La ley de 26 de junio de 1934 estructura, técnica y económicamente, el Servicio de Radiodifusión Nacional, que seguía adscrito al Ministerio de Comunicaciones.

...  
 Por decreto de 22 de noviembre de 1935 se aprueba el Reglamento del Servicio Nacional de Radiodifusión. La competencia del Servicio se atribuye al nuevo Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones a través de la Subsecretaría de Comunicaciones. Señala la norma que el servicio de Radiodifusión Nacional es una función esencial y privada del Estado; que al Gobierno corresponde desarrollar el servicio y que la explotación técnica y administrativa del servicio corresponde a la Dirección General de Telecomunicación.

...  
 ( rtve 1976 : 8 )

La Guerra Civil, retrasó en España, el desarrollo de la radiodifusión nacional, por su impacto en la situación económica del país y el aislamiento internacional, que imposibilitaba la importación del equipo técnico necesario.

En plena guerra, el 19 de Enero de 1.937, se creó Radio Nacional de España, definida como " periódico sin papel y sin fronteras ", por sus creadores.

...  
 Tras diversas reestructuraciones de la referida Dirección General, el decreto de 11 de octubre de 1973, número 2509/73, crea el Servicio Público Centralizado denominado « Radiotelevisión Española » (RTVE)...  
 ( rtve 1976 : 10 )

Entre el 22 de Diciembre de 1.973 y 12 de Enero de 1.974, se celebró en Madrid el " 50 años de la Radio en España ", 1.923-1.973, que fue organizado por el entonces Ministerio de Información y Turismo, en cuyo momento, según el folleto explicativo que editó el correspondiente Ministerio, existían en,

#### ONDA MEDIA

Radio Nacional de España dispone de:

- 11 emisoras de Onda Media con el indicativo de Radio Nacional de España, para el primer programa (Madrid, Barcelona, Sevilla, Murcia, La Coruña, Tenerife, Oviedo, San Sebastian, Zaragoza, Bilbao, Santander).
- 1 emisora de Onda Media con el indicativo de Radio Nacional de España, para el tercer programa.
- 8 emisoras de Onda Media con el indicativo de Radio Peninsular (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, Cuenca, Huelva, Campo de Gibraltar).
- 2 emisoras también de Onda Media, con el indicativo de Radio Sahara (Aaiun y Villa Cisneros, respectivamente).

#### FRECUENCIA MODULADA

El dispositivo de Radio Nacional de España en Frecuencia Modulada comprende:

- 32 emisoras que difunden el Segundo Programa(musical).
- 29 emisoras que difunden el Tercer Programa(cultural).

#### ONDA CORTA

En el campo de la Onda Corta, Radio Nacional se sirve de los Centros Emisores de Noblejas (Toledo), Arganda del Rey (Madrid), Santa Cruz de Tenerife y Aaiun (Sahara).

El Centro de Noblejas inaugurado en 1971, está integrado por seis equipos emisores de 350 Kw, que acoplados de dos en dos permiten transmitir con una potencia de 700 Kw y garantizan así la penetración radiofónica en todos los continentes.

Arganda del Rey dispone de otros seis equipos, cinco de 100 y uno de 50 Kw. ...

#### HORAS DE EMISION

Desde el Centro de Producción de Programas de Prado del Rey (Casa de la Radio), Radio Nacional de España emite un total de 142 horas diarias ... A ellas hay que añadir las 127 de las estaciones de Radio Peninsular, las 18 que en Onda Corta, difunde el Centro Emisor del Atlántico (Santa Cruz de Tenerife), las 19,

en Onda Media, y 17, en Onda Corta, que emite Radio Sahara (Aaiun) y las 14 que en Onda Media se emiten desde Villa Cisneros. Todo ello suman 337 horas diarias.

( 50 años de la Radio en España, 1923-1973 )

La Radiodifusión privada, estaba circunscrita a cinco cadenas, de las que tres, CAR (Cadena Azul Radio), REM (Red Emisoras Movimiento) pertenecían al aparato político y una, COPE (Cadena Ondas Populares) a la Iglesia.

La frecuencia modulada privada, se retraso mucho en España autorizándose, las primeras emisoras, entre 1.965 y 1970.

#### Frecuencia Modulada

Con trece mil horas de programación en frecuencia modulada, en la que se ha emitido tanto el Segundo como el Tercer Programa de Radio Nacional de España, se puede decir, que esta frecuencia ha adquirido en el país su mayoría de edad. ...

En el orden técnico, 1976 ha sido un año fecundo en realizaciones para el sector de FM de Radio Nacional de España, ya que han sido ampliadas las emisoras correspondientes al Segundo y tercer Programa de Cuenca, Ares, Oviedo, Peña Cabarga, Archanda, Aitana, Torrente y Cartagena. Han sido instalados nuevos centros de reemisión en La Mancha, Domayo, Meda, Musara, Alpicat, Desierto e Isleta.

... la red de FM en que radian el Segundo y Tercer programa, musical el uno y cultural el otro, cubren desde 1976 el 60 por 100 del territorio nacional.

( rtve 1976 : 256 )

Como resumen de medios técnicos y en forma aproximada se puede decir que se utilizan:

- 18 centros emisores.
  - 13 transmisores de O.M. de 5 a 125 Kw.
  - 13 transmisores de O.C. de 50 a 350 Kw.
  - 100 transmisores F.M. de 50 w a 10 Kw.
  - 67 estudios
  - 100 mezcladores para control.
  - 200 magnetófonos profesionales.
  - 150 tocadiscos profesionales.
  - 10 unidades móviles.
  - 500 magnetófonos portátiles para reportaje.
- ( rtve 1976 : 247 )

## Apéndice 5 : Sonido, transmisión, grabación y reproducción

### Sonido

---

Nivel de presión acústica  
 Nivel en decibelios de potencia acústica  
 Amplificación o atenuación expresada en decibelios  
 Nivel de potencia eléctrica en decibelios  
 Canales de sonido  
 Ruido e interferencia  
 Relación señal / ruido  
 Transmisión del sonido su historia  
 Grabación del sonido  
 Registro mecánico

### Registro óptico

---

Registro de densidad variable  
 Registro de densidad constante  
 Reproducción o lectura

### Registro magnético

---

Breve historia  
 Técnica de la grabación  
 El cassette

### Registro de reproducción óptica con laser

---

Técnica digital  
 Registro con rayo laser  
 Reproducción óptica con rayo laser

### Altavoces

## Apéndice 5 : Sonido, transmisión, grabación y reproducción

### Sonido

El sonido es una sensación auditiva por la presencia de una onda acústica.

La onda acústica, es engendrada por una vibración del aire como resultado de una serie de expansiones y compresiones, que se transmiten desde una «FUENTE SONORA», a través de un medio material conductor, sólido, líquido o gas.

La velocidad de propagación de las ondas sonoras, que lo hacen en todas las direcciones, depende del medio transmisor, en el aire a 20°C, es de 340 metros por segundo aproximadamente.

Las onda acústica o sonora, produce variaciones positivas y negativas, de la presión atmosférica estática del aire, un cierto número de veces por segundo, de acuerdo con su frecuencia, definida en ciclos por segundo (c/s) o simplemente hertzios (Hz).

Las diferencias entre los -valores instantáneos de presión- que produce la onda acústica y la -presión estática atmosférica-, en un determinado punto del medio de transmisión, es la «PRESION DEL SONIDO». Es una magnitud de signo variable, que también se la conoce como «PRESION REDUNDANTE» o «SOBREPRESION DEL MEDIO».

Esta presión definida como fuerza por unidad de superficie,  $p = F/S$ , tiene por unidad el «PASCAL», newton/metro cuadrado en el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el «BARIO», en dina/centímetro cuadrado en el Sistema Cegesimal (SCG).

La relación entre ambas unidades, Pascal y Bario, es:

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa (Pascal)} = 10 \text{ dinas/cm}^2 = 10 \text{ Ba}$$

El sonido se caracteriza por su:

#### Frecuencia (f)

Se manifiesta por la «ALTURA» del sonido, siendo mayor al aumentar la frecuencia.

#### Timbre

Permite diferenciar dos sonidos de la misma frecuencia, cuando no son puros, es decir, que tienen un contenido de armónicos, que son frecuencias múltiples de la fundamental (f), así: 2·f, 3·f, 4·f, 5·f, etc.

#### Nivel acústico

Que es función de la presión acústica.

Según su frecuencia, los sonidos se clasifican en graves, medios y agudos, que corresponde aproximadamente, a frecuencias comprendidas entre 20-360 Hz, 360-1.400 Hz y 1.400-20.000 Hz.

## Nivel de presión acústica

El oído humano se adapta a un amplio margen de presiones acústicas, que van desde un nivel mínimo de percepción de  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, a un nivel máximo, por la sensación de dolor, de 20 Pa.

Este amplísimo margen, de presiones acústicas, que arrojan una relación de  $10^6$  (1.000.000) y el hecho de que según la ley de Weber-Fechner, la sensación acústica para frecuencias medias, es « proporcional al logaritmo de la excitación que recibe el oído » ha motivado, la utilización del «DECIBELIO», para medir el « NIVEL DE PRESION ACUSTICA » también llamado « NIVEL SONORO ».

Nivel («LEVEL») de presión, en decibelios,  $L(\text{dB})$  :

$$L(\text{dB}) = 10 \cdot \log (p_1^2 / p_0^2) = 20 \cdot \log(p_1/p_0); \text{ (SPL)}$$

$p_1$  es la presión acústica expresada en Pascales o en Barias y  $p_0$  es la presión acústica de referencia, que es  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa ó  $2 \cdot 10^{-4}$  Barias, según uno u otro caso, y  $\log$  es el logaritmo de base 10.

## Nivel en decibelios de potencia acústica

Conociendo la potencia acústica, de una fuente sonora, que es la energía liberada en la unidad de tiempo y utilizando, como referencia, la potencia acústica en vatios que corresponde al nivel cero expresado en decibelios, se define el nivel de potencia sonora de la siguiente forma,

$$L_p (\text{dB}) = 10 \log W_1/W_0, \quad (\text{nivel equivalente en dB})$$

$W_0$ , corresponde al nivel cero en  $\text{dB} = 10^{-12}$  vatios.

## Amplificación o atenuación expresada en decibelios

Es muy útil y práctico, expresar las amplificaciones y atenuaciones de potencia, para un amplificador o un atenuador, en decibelios.

$$\text{dB} = 10 \log W_2/W_1 = 20 \log V_1/V_2 = 20 \log (I_1/I_2)$$

Siendo  $W_1$ ,  $V_1$  e  $I_1$  y  $W_2$ ,  $V_2$  e  $I_2$ , las potencias, tensiones y corrientes, de entrada y salida respectivamente. Sobre el mismo valor de carga ( $Z_L$  o  $R_c$ ), en el caso de utilizar tensiones o corrientes.

Si  $W_2 > W_1$ , el resultado es positivo y existe amplificación y si  $W_1 > W_2$ , el resultado es negativo y se produce atenuación.

Resulta fácil obtener ganancias o atenuaciones totales, del resultado de varias etapas, con amplificación y/o atenuación, por la simple suma algebraica de los decibelios de cada etapa.

## Nivel de potencia eléctrica en decibelios

En las características, de los amplificadores y de los «TRANSDUCTORES» tales como micrófonos y sensores de todo tipo, se utilizan los decibelios, para especificar los niveles de potencia eléctrica de salida, sobre una determinada carga.

Para este cómputo, se utiliza una referencia de potencia eléctrica, que no es está internacionalmente estandarizada, ya que según el ámbito, se utilizan: 1 mW, 6 mW y 12 mW, sobre una carga de 600 ohmios.

$$\text{dB} = 10 \cdot \log (W / W_0), \quad (\text{nivel de potencia en dB})$$

Es muy utilizada la referencia de  $W_0 = 1$  milivatio.

## Canales de sonido

Los sistemas de radiodifusión y radiocomunicación, según el servicio de que se trate, transmiten canales de sonido de diferente anchura (frecuencia superior - frecuencia inferior), dentro de la gama de frecuencias audibles por el ser humano, que puede considerarse, aproximadamente, de 20 Hz a 20.000 Hz.

En Radiodifusión, se emiten programas hablados y musicales, que requieren la máxima calidad de recepción posible, por lo que se transmite el canal de sonido más ancho, compatible con las condiciones impuestas por el sistema de modulación y transmisión.

En las emisoras de radiodifusión, de onda media, con modulación de amplitud (v. Apéndice 4), se tiene que limitar por razones técnicas, la anchura del canal de sonido a unos 4.500 Hz.

En cambio, en las emisoras de radiodifusión de frecuencia modulada (v. Apéndice 4), transmiten un canal de sonido que tiene una anchura de unos 16.000 Hz (de 30 a 16.000 Hz).

Algunos sistemas de «RADAR» pueden funcionar satisfactoriamente con una relación señal/ruido, tan baja, como 3 dB.

En los sistemas de radiocomunicación de telefonía y también en el sistema telefónico, nacional e internacional, se transmite un canal de sonido que comprende frecuencias de 300 a 3.200 Hz.

La eliminación de la gama de frecuencias más bajas <300 Hz, aumenta la inteligibilidad de la comunicación, en estos casos.

A pesar de las diferencias expuestas anteriormente, en la anchura de los canales de sonido, cada servicio tiene unas características de calidad adecuadas a su función, constituyendo en cada caso, una cadena de eslabones: servicio, calidad, transmisor y receptor, completamente concordantes.

El ruido, en un sistema de transmisión, aumenta al extender la anchura del canal que se transmite y cuando se requiere una amplificación, se amplifican simultáneamente la señal y el rui-

do, incluso se introduce más ruido del propio amplificador y se deteriora aún más, la relación señal / ruido.

Así se ha llegado a la necesidad de introducir criterios capaces de dar una medida del comportamiento de un sistema, tal como la «FIGURA, CIFRA O FACTOR DE RUIDO», designada por F, que se define como el cociente entre las potencias de ruido a la entrada y a la salida del sistema,

$$F = (S_i/N_i) / (S_o/N_o) \quad \begin{array}{l} (S_i, S_o \text{ potenc. señal ent. y sal.}) \\ (N_i, N_o \text{ potenc. ruido ent. y sal.}) \end{array}$$

Estando adaptadas las impedancias a la entrada y a la salida.

## Ruido e interferencia

El «RUIDO» bajo el aspecto físico es un sonido; pero que subjetivamente lo consideramos desagradable o indeseado, molestandonos en nuestra cotidiana actividad y en el descanso.

El Comité de Electrotecnia francés incorporó en 1956 al vocabulario de Acústica la siguiente definición de ruido:

- 1o. Toda sensación auditiva desagradable o molesta.
- 2o. Todo fenómeno acústico que produzca esta sensación.
- 3o. Sonido generalmente de carácter aleatorio que no posee componentes definidos.

( Miñana, 1956 : 467 )

En todo sistema de transmisión, tiene una destacadísima importancia, el «RUIDO ELECTRICO», que puede definirse como una señal indeseable que está siempre presente en los sistemas de comunicación.

Los efectos del ruido eléctrico y de la interferencia son similares, pero de naturaleza distinta; sin embargo, hay que considerarlos conjuntamente, al analizar un sistema de comunicación.

El ruido eléctrico, está constituido por tensiones eléctricas producidas de una forma aleatoria, sin que exista una relación de fase, de frecuencia o de amplitud y además, cubre un margen muy amplio de frecuencias; pero de forma irregular.

La interferencia es más bien, de tipo regular y periódico.

Existen muchos fenómenos productores de ruido, que interfieren los sistemas de radiodifusión, radiocomunicación y telefónicos, el natural, es causado por la radiación cósmica, los fenómenos atmosféricos y los más comunes, presentes en los circuitos electrónicos, que se conocen como ruidos térmico y de granalla.

El ruido térmico se produce por el movimiento aleatorio de los electrones «LIBRES» contenidos en un conductor, que originan una tensión de ruido variable, en circuito abierto.

En un centímetro cúbico de cobre, que es el material con-

ductor más utilizado, existe la enorme cantidad, de  $8,5 \times 10^{22}$  electrones libres.

El ruido de granalla, se produce por variaciones aleatorias en la emisión, es decir, en el número de electrones emitidos por una superficie catódica, es propio de las válvulas electrónicas y debido a la difusión de los portadores de carga, también se produce en los semiconductores, diodos y transistores.

Estos ruidos, son muy difíciles de combatir en los sistemas de comunicación y en general para reducirles, es necesario seleccionar con mucha atención los componentes y en casos muy especiales, también se utiliza la refrigeración de los equipos, incluso recurriendo a bajas temperaturas, conseguidas con helio.

Los ruidos e interferencias de generación artificial, producido, principalmente, en las máquinas eléctricas, luminosos, alumbrado fluorescente, timbres, afeitadoras, interruptores, encendido de motores de explosión, etc. son más fáciles de combatir instalando localmente supresores adecuados, constituidos por condensadores, bobinas, resistencias y blindajes electro-magnéticos, conectados a tierra. La Federal Communications Commission, conocida por las siglas F.C.C. establece normas de obligado cumplimiento, limitando la radiación de interferencias.

#### Relación señal / ruido

Como el ruido eléctrico, siempre está presente, en la recepción de señales de cualquier sistema de comunicación, ha sido de gran interés el tener una forma de cuantificar su presencia e influencia, en la calidad de la recepción de las señales.

Para comparar diferentes sistemas, se ha llegado a la definición de la «RELACION SENAL/RUIDO» (signal/noise), conocida como S/N, que es el cociente entre las potencias medias de la señal y del ruido, a la salida o a la entrada del sistema.

Analizando, la influencia del ruido, se ha determinado que las exigencias mínimas de S/N, para la calidad requerida en cada servicio, difieren para cada tipo de sistema.

El valor de S/N se expresa en decibelios, de acuerdo con la fórmula general, al relacionar dos potencias.

Los sistemas de T.V. o de F.M. exigen una S/N de 60 dB, en cambio un sistema de radiocomunicación telefónico será aceptable con una relación S/N de 30 dB.

#### Transmisión del sonido, su historia

Al transformarse el sonido en corriente eléctrica se engendra, el fenómeno de la comunicación hablada a distancia.

Cuando el físico y médico norteamericano, Alexander Graham

182

Bell (1.847-1.922) inventó el «MICROFONO», que después perfeccionó su compatriota el inventor Thomas Alva Edison (1.847-1.931), consiguió convertir el sonido en corriente eléctrica, transformando, la energía acústica de las ondas en energía eléctrica.

Este descubrimiento, permitió, transmitir el sonido en forma de corriente eléctrica, a través de conductores eléctricos.

Bell realizó sus primeras pruebas positivas, de transmisión de señales eléctricas producidas por el sonido, en el año 1.875.

Y después de introducir algunos perfeccionamientos y de patentar sus aparatos, hizo una importante demostración en 1.876, consiguiendo, mantener, una conferencia telefónica ante importantes personalidades, entre las ciudades de Boston y Salem, distanciadas 22 kilómetros.

Utilizó, tanto para el emisor (micrófono), como para el receptor (auricular), un aparato que consistía en una membrana fina de hierro, ubicada muy próxima y con cierta holgura, frente a los polos de un imán ( $\Omega$ ), dotado con un devanado de hilo de cobre.

Las bobinas, del emisor y del receptor, estaban unidas por una línea bifilar de hilo de cobre, que estaba a su vez alimentada por la corriente de una batería eléctrica.

En el emisor las ondas acústicas hacen vibrar a la membrana que produce un campo magnético variable, inductor de una corriente modulada en la bobina del imán, que se superpone a la continua producida por la batería.

Este micrófono, es un aparato reversible, ya que también es útil como receptor. La corriente modulada, enviada por la línea, recorre la bobina del receptor y hace vibrar la membrana, generando las ondas acústicas productoras del sonido, en una transformación inversa a la realizada en el emisor.

Edison tomando como base el micrófono de Bell, realizó modificaciones que dieron como resultado el micrófono de carbón, constituido por un pequeño receptáculo con carbón pulverizado, sobre el que descansa la membrana de hierro que al vibrar por la acción de las ondas sonoras, comprime con fuerza variable al carbón.

La pequeña masa de carbón contenida en el micrófono, de resistencia eléctrica variable según la presión de la membrana, es atravesada por la corriente de la línea, que resulta modulada por ondas sonoras.

El micrófono, al transformar, el sonido en señales eléctricas, abrió nuevos e inmensos campos de aplicaciones técnicas, comenzando con la comunicación telefónica local (urbana) que se extendió a la interurbana y a la internacional.

El micrófono de carbón, ha sido y es, el tipo más utilizado en los sistemas telefónicos y de radiocomunicación, por lo que su fabricación, ha llegado a cifras millonarias en todo el mundo.

A. Bell contribuye a que se imponga el teléfono  
 ... A pesar del éxito técnico del teléfono de Bell, esta invención pasa inicialmente desapercibida del todo, ya que nadie puede imaginarse que pueda llegar a emplearse como medio de comunicación. ... Incluso durante la celebración de la exposición universal que se celebra en el año 1876 en Filadelfia, la instalación telefónica que se presentó pasa inicialmente desapercibida. ... Sólo después de que el emperador de Brasil la descubre y manifieste su gran interés por ella, el jurado de la exposición distingue a Bell con una medalla de oro. ... Un año más tarde, el 9 de Julio de 1877, Bell crea en colaboración Watson, G. Hubbard y Sanders la Bell Telephone Company, Gardina G. Hubbard Trustee, en la ciudad de Boston e inicia la fabricación a gran escala de teléfonos. ... la sociedad no vende los teléfonos sino que los alquila. A partir de 1878, la compañía cambia su nombre pasando a denominarse Bell Telephone Company y finalmente en 1889 y una vez incorporados los derechos de la patente de Gray a la empresa American Telephone & Telegraph Company, fundada en Nueva York el 28 de febrero de 1885, adopta el nombre de esta última. El objetivo de la empresa es gestionar todas las comunicaciones telefónicas de Norteamérica. En la primavera del año 1877, Werner von Siemens aplica en Alemania el teléfono de Bell. ...  
 (Crónica de la técnica, 1989 : 399)

En España, las primeras pruebas de comunicaciones telefónicas, se realizaron en el año 1.877, entre la Ciudadela militar de Barcelona y Montjuic y después, entre Gerona y Barcelona, utilizando un tendido de cables que seguía el trazado del ferrocarril, se trataban de enlaces punto a punto muy rudimentarios, que utilizaban una pila seca y una magneto de llamada, locales

A partir de 1898, se utilizó lá batería central, que mejoró notablemente la audición y eliminó la magneto de llamada, ya que se producía, por el mero hecho de descolgar el aparato.

La explotación del servicio telefónico en España, estuvo en manos de diversas sociedades privadas, hasta el año 1.924, formando redes independientes, sin objetivos comunes, que retrasaron el desarrollo del teléfono. La nacionalización, que excluía la red de San Sebastián, permitió mejorar el equipamiento, unificar las redes y aplicar técnicas más avanzadas de explotación, que aceleraron la expansión del teléfono en todo el territorio nacional.

Todos los abonados, tenían conexión directa con la central, donde la «TELEFONISTA» que atendía la llamada, manejaba un cuadro dotado de jacks y cordones con clavijas, para establecer la conexión entre los dos abonados, solicitante y solicitado.

Una importante aportación, para la implantación de las centrales automáticas, fue la invención del «DISCO», para hacer las llamadas. Produce secuencias de impulsos, que se descodifican en la central, para manejar los selectores de abonados, que establecen las comunicaciones, simultáneamente.

En Europa, las primeras centrales telefónicas automáticas, las instaló la firma Siemens & Halske en 1.909, a las centrales urbanas de las localidades de Hildesheim y Munich, siguió la interurbana de Munich.

En España, en 1926, el gobierno civil, presidido por el general Primo de Rivera, suscribió, el famoso contrato de la Dictadura con la compañía americana I.T.T. (International Telephone and Telegraph Corporation)

... La ITT fue una de las primeras corporaciones multinacionales, en el sentido moderno, que estableció fábricas y cuerpos de dirección en todo el mundo; pero desde su fundación en 1920, fue siempre una empresa vagabunda. Al relacionarse con la forma más nueva de comunicación instantánea, el teléfono, podía abarcar el mundo con una rapidez y una movilidad que, como los navios de los antiguos aventureros, como Drake o Colón, dejaba a la zaga a naciones y a políticos. No sólo creó un nuevo tipo de negocios, sino también un nuevo género de diplomacia. ...

(Anthony Sampson, 1.973 : 24)

Del contrato a I.T.T. nació la empresa Standard Eléctrica, S.A., fabricante de material, componentes y centrales telefónicas y concretamente, del sistema telefónico automático, tipo electro-mecánico «ROTARY», que se implantó en España. Esta empresa llegó a tener en la década de los 60, alrededor de 10.000 empleados.

Este sistema «ROTARY», funcionó durante muchos años en todo el territorio nacional y se fue sustituyendo a partir de 1.965, por el sistema ITT «PENTACONTA», basado en el sistema «CROSSBAR» conocido internacionalmente como sistema de barras cruzadas.

El sistema telefónico de barras cruzadas se presentó en los EE.UU. en el año 1.915. Utiliza selectores, para comunicar automáticamente a dos abonados, basados en un sistema de barras coodenadas, con las líneas de entrada en las horizontales y las de salida en las verticales, al recibir las llamadas simultáneamente produce los cruces, para establecer las conexiones solicitadas.

#### Desarrollo de la red telefónica española, 1904-1934

Año	teléfonos	Aumento ( % )
1904	15.594	- - -
1914	33.647	116
1924	66.687	98
1934	303.766	356

(ESPAÑA: 200 AÑOS DE TECNOLOGIA, 1988 : 141)

La radiocomunicación también utilizó los micrófonos tipo de carbón, perfeccionados, principalmente para reducir el ruido de fondo; pero en radiodifusión, estos micrófonos de carbón, no cumplían las características técnicas de calidad, exigibles para los programas hablados y musicales, en cuanto a distorsión y respuesta de frecuencia; por lo que se sustituyeron por otros tipos.

Se desarrollaron nuevos tipos de micrófonos, unos basados en las leyes de inducción magnética enunciadas por Faraday en el año 1.831, en los que un "elemento" vibra movido por las ondas sonoras, que puede ser, una bobina en el llamado «DINAMICO» o una cinta en el que se conoce como de «VELOCIDAD», en ambos casos, se genera una tensión inducida de aproximadamente dos milivoltios, sobre una carga de baja impedancia.

Otro tipo de micrófono, el «CAPACITIVO», está constituido por dos placas metálicas aisladas por una finísima capa de barniz conformando un condensador. Para funcionar, necesita una tensión continua de excitación, que produce una carga electrostática, que varía con las ondas sonoras que inciden sobre las placas. La tensión de salida es de aproximadamente un milivoltio, sobre una carga de alta impedancia. Los micrófonos capacitivos son de gran utilidad para las medidas acústicas y son de tamaño muy reducido.

También ha sido y es muy utilizado, por su buena relación calidad / precio el llamado «PIEZOELECTRICO», cuyo funcionamiento está basado en el principio del mismo nombre, que fue descubierto en el año 1.880 (v. pag. 9), la tensión de salida es de aproximadamente cinco milivoltios, sobre una carga de alta impedancia.

Las características principales, que definen un micrófono, son: la distorsión máxima, la respuesta de frecuencia, la salida expresada generalmente en milivoltios sobre una determinada carga y la impedancia interna (v. Apéndice 8).

#### Grabación del sonido

La «GRABACION» o «REGISTRO» del sonido, consiste en conservar o retener una determinada información sonora cuando se produce, para reproducirla a voluntad, cuando interese.

No obstante, las acepciones de grabación y registro, también se aplican, no al hecho de realizarlas, sino también, al soporte que contiene la información sonora conservada.

La recuperación de la información sonora, es la operación llamada «LECTURA», que debe reproducirse con la máxima fidelidad.

Se han utilizado, principalmente tres sistemas de grabación de sonido:

El «REGISTRO MECANICO» está basado en una deformación mecánica, relacionada con el sonido, del material que conservará impresa la información sonora.

El «REGISTRO OPTICO» utiliza la modificación de la transparencia, relacionada con el sonido, del material que conservará la grabación.

El «REGISTRO MAGNETICO», procedimiento que conserva la grabación en forma de magnetismo remanente, utilizando como soportes materiales ferromagnéticos.

El registro mecánico se encuentra perfectamente representado en la industria del disco, el registro óptico ha sido utilizado principalmente en cinematografía y el registro magnético se utiliza actualmente en cinematografía y en los magnetófonos.

### Registro mecánico

Fue el primero que se utilizó y sigue aún en vigor, actualmente se realiza con operaciones semejantes, aunque con aparatos muy distintos, que han perfeccionado el sistema, consiguiéndose unas cotas muy altas de calidad, tanto en la grabación como en la reproducción, que se realizan con una reducidísima distorsión y una amplísima respuesta de frecuencias.

Existieron, meritorios trabajos de varios investigadores, Thomas Young (1.807) y Leon Eduardo Scott de Martinville (1.859) que hicieron las primeras tentativas de grabación del sonido; pero en cambio, fue Charles Cros como continuador de los trabajos de Leon E. Scott el que perfiló la idea básica del fonógrafo, que plasmó en un informe que presentó en el año 1.877, en la Academia de Ciencias de París.

El inventor norteamericano Thomas Alva Edison (1.847-1.931) llevó a la práctica, algunas de las ideas recogidas en el informe de Scott y las perfeccionó, introduciendo el recorrido helicoidal del cilindro y diferentes tipos de soportes de grabación, además, mejoró el sistema para la grabación y la reproducción.

A Edison se le atribuye el invento del «FONOGRFO», cuyas patentes las inscribió en EE.UU. en 1.877 y 1.878.

Utilizó distintos materiales como soportes de la grabación, cubriendo la superficie exterior de un cilindro, tales como papel con una capa gruesa de parafina, que sucesivamente, sustituyó por láminas de plata y de aluminio, para conseguir grabaciones, que permitiesen mayor número de reproducciones, ya que el aparato era reversible, servía para grabar y para reproducir.

La cabeza "grabadora-reproductora" tenía un punzón de acero, que estaba fijado en el centro de una membrana que oscilaba al impacto de las ondas sonoras, reforzadas mediante un cono acústico.

El punzón de acero, se apoyaba sobre el soporte de la grabación, en la superficie del cilindro y era desplazado longitudinalmente, movido por un tornillo sin fin accionado por manivela.

El fonógrafo de Edison fue superado técnicamente por el ingeniero norteamericano nacido en Alemania, Emil Berliner (1.851-1.929), que realizó también, importantes trabajos sobre la transmisión telefónica y la consecución del micrófono.

Berliner, inventó en 1.887 el «DISCO» de fonógrafo, utilizando en las primeras pruebas, un disco de vidrio impregnado de hollín y aceite de linaza, que endurecía con una capa de barniz después de hacer la grabación.

Utilizó una "cabeza de grabación" semejante a la de Edison y el disco grabado lo pasaba a una placa de zinc por procedimientos de huecograbado. Finalmente, consiguió realizar la grabación directamente sobre el disco de zinc, recubierto con cera y tratado después de la grabación con ácidos, además, amplió la capacidad de grabación, con un surco continuo en espiral, que aprovechaba, casi la totalidad de la superficie del disco.

Berliner, continuó sus trabajos y progresos en la utilización de discos, llegando en 1.892 a la fabricación en serie, para lo que ideó el «DISCO MATRIZ» o negativo, construido de cobre niquelado, que después de grabado utilizaba como molde, para reproducir en serie los discos que lanzaba al mercado, en un principio de goma vulcanizada y a partir de 1.895 de goma laca.

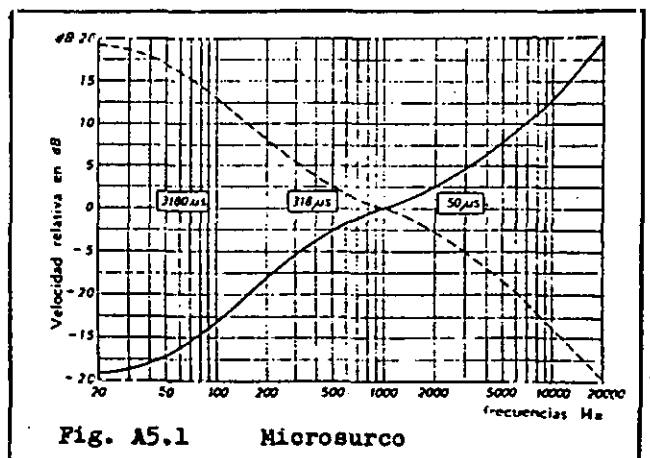
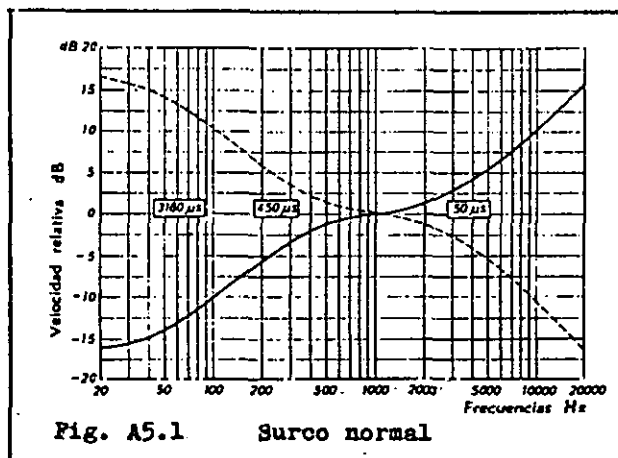
Con el nuevo siglo XX, la industria del disco, dió sus primeros pasos y aparecieron los primeros fabricantes.

En el año 1.919, se creó la empresa norteamericana R.C.A. (Radio Corporation of Americam), que hizo popular la marca de fonógrafos "La voz de su amo", en un principio, producto de la pura aplicación de la mecánica y de la acústica, sin participación de la electrónica ni de la electricidad.

La rotación continuada del disco, se conseguía con la energía mecánica almacenada en una cinta de acero en espiral (cuerda) enrollada con una manivela, la reproducción, con una aguja de acero montada elásticamente, que transmitía las vibraciones producidas al recorrer el surco del disco, a un diafragma al que se aplicaba un cono acústico o bocina para amplificar el sonido.

La aplicación de la válvula triodo, inventada en 1.905, que era capaz de amplificar las señales eléctricas y el consecuente desarrollo de los brazos y cabezas lectoras magnéticas «PICK-UP» y de los altavoces, fueron los principales propulsores de la expansión de la gran industria del disco, con la creación en América y en Europa, de importantes empresas discográficas y fabricantes de equipos reproductores de sonido, el popular «TOCADISCOS».

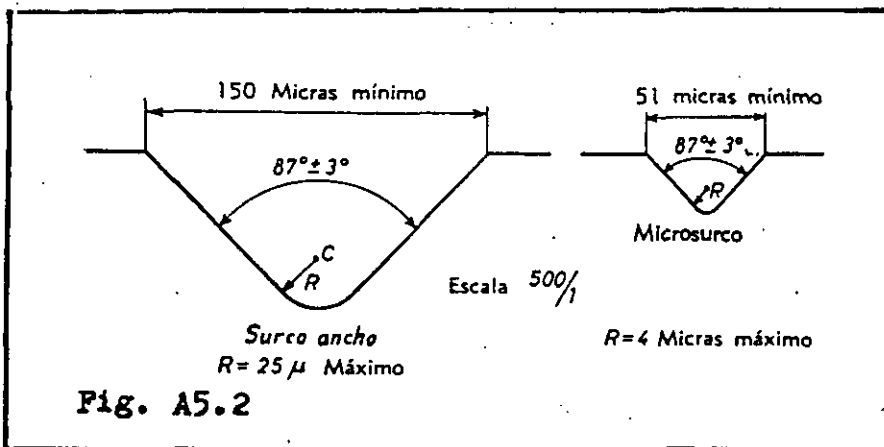
Fue necesario, normalizar la velocidad de rotación de los discos, que en principio se fijó en 78 revoluciones por minuto y después, a partir de 1.947, se impusieron las de 45 y 33 1/3 (r.p.m.) que aumentan la duración del disco y mejoran la relación señal ruido y la respuesta de frecuencia.



En la fig. A5.1, se pueden ver las curvas normalizadas para el registro y la reproducción, tanto para discos de 78 r.p.m. como para los tipos microsurdos de 33 1/3 y 45 r.p.m.

Esta normalización mejora las características de grabación y reproducción, principalmente eleva la relación señal / ruido tanto en el registro como en la reproducción, obteniéndose en ambas casos, para 78 r.p.m. y para 33 1/3 y 45 r.p.m. curvas globales de transmisión, de respuesta lineal.

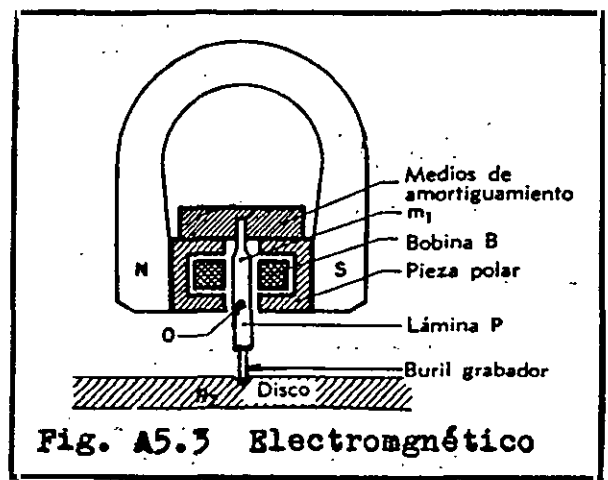
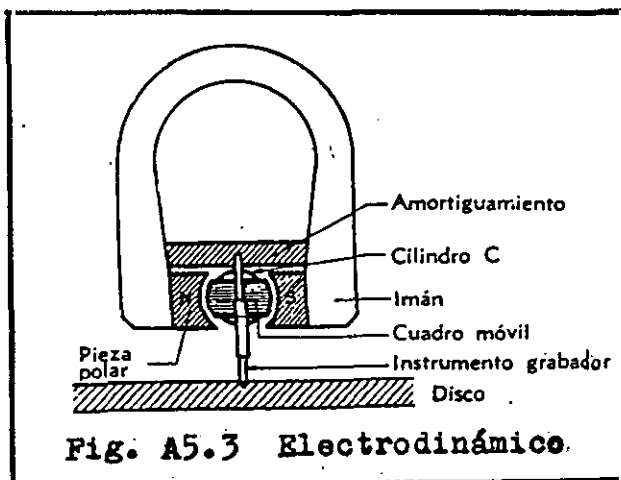
Actualmente el surco (v. fig. A5.2) en espiral del disco, se graba mediante un estilite de acero o zafiro, que es accionado por la corriente modulada, ya sea en grabadores del tipo electrodinámico o electromagnéticos.



En ambos tipos de grabadores, existe un imán en forma de herradura, con piezas polares para reducir los entrehierros y una pieza de goma dura, sobre la que se empotra y fija un extremo del estilite grabador.

En el grabador tipo electrodinámico, la transformación de la energía eléctrica modulada, en energía mecánica, se hace a través del campo magnético producido por una bobina («CUADRO MOVIL»), solidaria a un cilindro metálico (núcleo) y al propio estilite, al reaccionar con el campo magnético fijo producido por el imán.

En el grabador tipo electromagnético, la bobina que recibe la corriente modulada, es fija y está situada entre las piezas polares del imán, siendo su campo magnético variable el que reacciona sobre la imantación de la lámina del estilite.



En la fig. A5.3 se representan las cabezas grabadoras, tipos electrodinámico y electromagnético, explicadas en los párrafos anteriores.

Para promocionar el mercado mundial del sonido, se hacen anualmente en Europa, América y Japón, importantísimas ferias internacionales, que son fundamentales, para incrementar la demanda mundial de estos productos.

Esta rama del sonido es muy amplia, se creó principalmente alrededor del disco y ha sido potenciada, con los modernos magnetófonos. Promociona empresas discográficas, publicitarias, comercios, medios de comunicación, emisoras comerciales, talleres post venta, servicios generales y de distribución y además, es importante, su participación en el sector de componentes electrónicos.

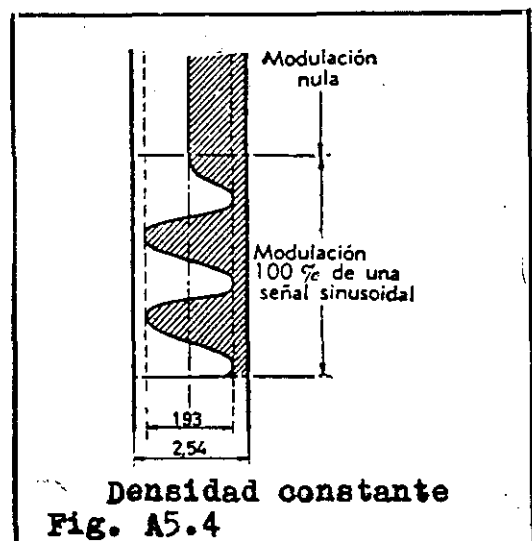
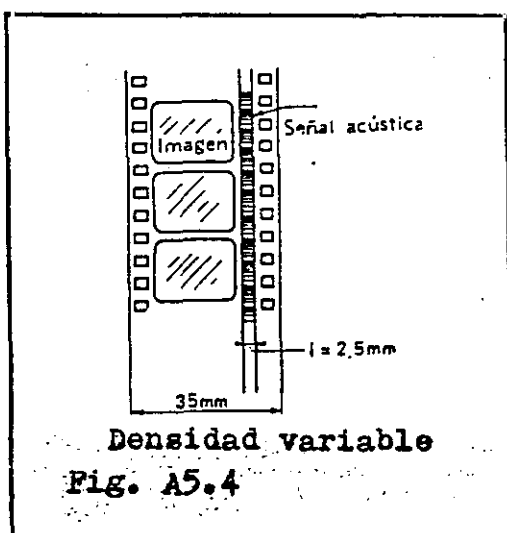
El volumen de negocio mundial, reportado por la venta de discos, alcanza cifras fabulosas.

#### Registro óptico

---

El registro óptico, ha sido utilizado durante más de cuarenta años en cinematografía, con película de 35 mm, se hacía, en la banda sonora óptica de 2,54 mm de anchura, situada en el borde derecho, entre los fotogramas y las perforaciones del paso. La velocidad de desplazamiento es de 24 imágenes por segundo, que corresponde a una «CADENCIA SONORA» de 0,456 m/s.

Se han utilizado principalmente dos procedimientos básicos, el de Fleming de «DENSIDAD VARIABLE» o el de «DENSIDAD CONSTANTE» también conocido como de «ANCHO VARIABLE» (v. fig. A5.4).



La banda de registro del sistema de «DENSIDAD CONSTANTE» es más estrecha, ya que para el 100 % de modulación se limita a una anchura a 1,93 mm, sin embargo, en el registro con densidad variable puede utilizarse una anchura de hasta 2,54 mm; aunque el campo útil de lectura se limita a una anchura de 2,13 mm.

## Registro de densidad variable

Consiste en «obtener una imagen del sonido», sometiendo la energía acústica de las ondas sonoras a una serie de transformaciones sucesivas, que comienzan en el diafragma del micrófono que al ser excitado por las ondas sonoras vibra y su energía mecánica de movimiento (cinética), se transforma en pequeñísima energía eléctrica, señales que se amplifican electrónicamente.

Ya amplificadas las señales eléctricas procedentes del sonido actuarán sobre una «VALVULA DE LUZ» que hace una transformación de energía eléctrica en energía mecánica, para controlar (modular) el paso de luz, entre dos cintas de duroaluminio de 13 x 15 milésimas de milímetro, separadas 3 milésimas de milímetro y de longitud adecuada para que su propia frecuencia de oscilación esté por encima de 8,5 Kz.

Las dos láminas están situadas entre los polos de un imán y son recorridas por la corriente en direcciones opuestas en cada una de ellas. Cuando no hay paso de corriente el campo magnético no tiene ningún efecto sobre las láminas, que permanecerán en reposo; pero como "la corriente produce un campo magnético alrededor del conductor", los campos reaccionan entre sí y con el del imán y se mueven las láminas, ya sea separándose o acercándose, según el sentido de la corriente, acciones que controlan el paso de la luz.

El aparato se completa con una lámpara de incandescencia que proporciona una luz intensa y estable y un sistema de lentes que concentra la luz en un pequeño "segmento lineal" que tiene una longitud de 2,13 milímetros y una anchura de 25 a 32 micras, para hacerlo incidir en la banda sonora virgen, sensible a la luz, que tiene una anchura de 2,54 mm.

En la película virgen hay una transformación de energía luminosa en energía química, impresionando la banda sensible, con una serie sucesiva de "segmentos lineales" de diferente opacidad, según la luz que los producen. Finalmente, la película tiene que ser procesada en el laboratorio fotográfico.

El funcionamiento de la válvula de luz, está basado en las investigaciones realizadas por Hans Christian Oersted en 1.820, continuadas por André M. Ampère, acerca de las acciones entre los campos magnéticos y las corrientes eléctricas (v. pags 8 y 9).

Se han utilizado varios tipos de moduladores de luz, todos tienen una fuente luminosa y un sistema óptico para concentrar y enfocar un flujo luminoso, con un sistema que permite modularlo, en función de la corriente eléctrica modulada.

Podemos citar, entre los que más se utilizaron, la lámpara de destellos, que es un tubo de gas a baja presión ( argón, neón o helio ) y entre los menos usuales, el modulador de penumbra, que consiste en obturar el foco de luz con un obtáculo, al incidir sobre el espejo de un oscilógrafo, accionado por la corriente modulada. Con mayor o menor calidad todos han tenido utilidad.

En la fig. A5.4, se muestra un trozo de película de 35 mm

con la banda sonora impresionada en densidad variable, viéndose las posiciones relativas de la imagen, la banda sonora, las perforaciones para el arraste y las dimensiones generales.

En lo que respecta a la imagen y al sonido, existe en la película un adelanto de 21 cuadros en la banda sonora. Esto tiene que ser así, porque en el momento de la proyección de un cuadro, la película se "para" encuadrada en la ventanilla, a razón de 24 imágenes / segundo, mientras que en la cabeza sonora, para la lectura, la película se desplaza con cuidada uniformidad.

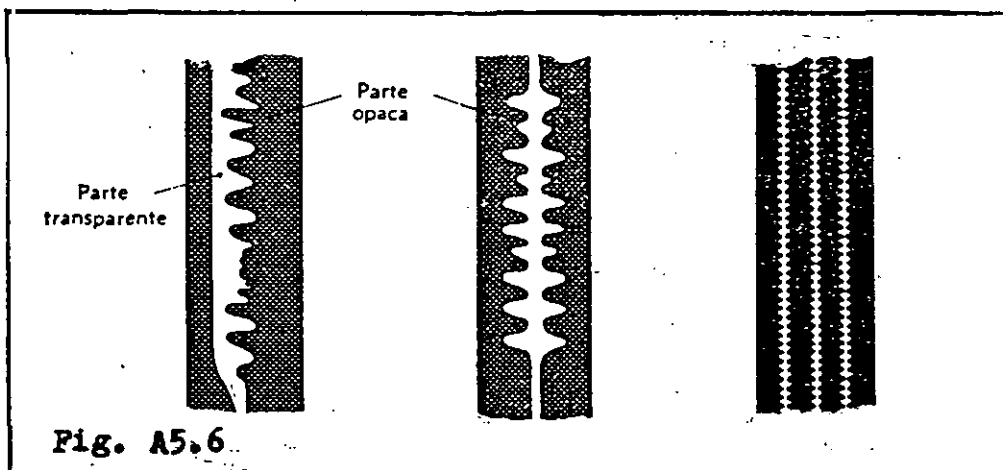
La señal modulada, es una corriente alterna "pura", p. e. una nota de 400 Hz o un conjunto de corrientes alternas. Como al modular el flujo luminoso, no es posible hacer una inversión de signo (semiperiodos positivo y negativo de la señal), para conseguir la correlación, se hace una superposición de las fluctuaciones de luz producidas por las diferencias en la transparencia de la banda sonora, sobre un valor medio, que actuará, también alrededor de un valor medio, de la corriente de la fotocelula.

#### Registro de densidad constante

En el sistema de registro, llamado de «DENSIDAD CONSTANTE» se producen las mismas transformaciones sucesivas, entre las energías: acústica, mecánica, eléctrica, luminosa y química, que en el sistema de «DENSIDAD VARIABLE».

Las diferencias, entre los dos sistemas, consisten en como se modula la luz y en la forma, de los registros obtenidos; pero existe la ventaja, de que el mismo tipo de lector fotoeléctrico del sonido, es válido para los dos sistemas.

La «VALVULA DE LUZ», explicada anteriormente y utilizada en el registro de densidad variable, es válida para los registros con densidad constante; pero hay que girar la posición de las láminas 90°, que serán paralelas al eje de simetría de la banda sonora.



En las fig. A5.6 se muestran distintos tipos de bandas sonoras, según el procedimiento utilizado dentro del mismo sistema de «DENSIDAD CONSTANTE», requiere una banda sonora más estrecha que en densidad variable, para 100 % de modulación es de 1,93 mm.

En este sistema de grabación, según el tipo de modulador que se utilice se obtienen oscilogramas diferentes, pero todos dividen la banda sonora, en zonas opacas y transparentes.

### Reproducción o lectura

La reproducción del sonido a partir del registro óptico, se basa en la «EMISION FOTOELECTRICA», descubierta por Hertz en año 1.887 (v. pag. 13), utilizando una «CELULA FOTOELECTRICA», que transforma las variaciones de luz en variaciones proporcionales de corriente eléctrica.

En la película cinematográfica, el fotograma de la imagen y el sonido correspondiente, registrado en la banda sonora, no están en la misma posición de la película, debido a que cuando se proyecta la imagen - está parada frente a la ventanilla de proyección - y se obtura el haz luminoso cuando salta al siguiente fotograma.

El sonido está adelantado 21 cuadros de la imagen para que la película pueda desplazarse con velocidad uniforme en la cabeza sonora, que está a continuación de la ventanilla de proyección, dejándose entre ellas un bucle de película que absorbe los tirones de la proyección.

La «CABEZA DE SONIDO» para la reproducción de registros, tanto de densidad variable como constante, tiene una lámpara excitadora (incandescente), un sistema de lentes ópticas, condensador y objetivo, además del sistema mecánico para el arrastre uniforme de la película y la célula fotoeléctrica.

Los rayos luminosos de la lámpara excitadora al pasar a través del sistema óptico y la ranura, enfoca un segmento de luz lector de  $0,03 \times 2,13$  mm, sobre la banda sonora de la película, que controla (modula) el paso de luz que incide sobre el cátodo de la célula fotoeléctrica, que transforma las variaciones de luz en variaciones proporcionales de corriente eléctrica.

La célula fotoeléctrica está constituida por una pequeña ampolla de cristal, sin aire, con dos electrodos, el ánodo y el cátodo, con sus conexiones exteriores terminadas en sendas patillas.

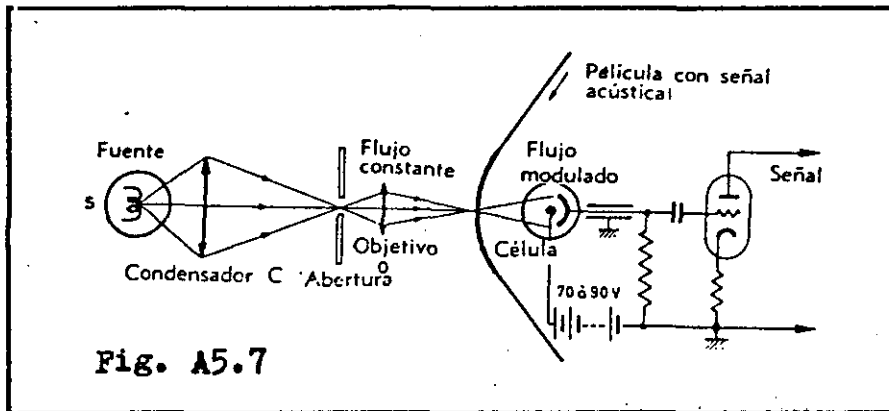
La superficie interna de la ampolla, excepto un pequeño círculo, está recubierta con una capa de plata, formando una cámara casi oscura.

La luz modulada, pasa a través del círculo transparente y de un anillo metálico, que es el ánodo, para impactar sobre el cátodo, formado por un depósito de óxidos de metales alcalinos tales como potasio, calcio, estroncio, bario, etc. Los fotones de la luz desprenden electrones del cátodo, que capta el ánodo.

Las variaciones de corriente, producidas por la célula fotoeléctrica al atravesar la resistencia de carga ( $R_c \approx 100.000 \Omega$ ), intercalada en la alimentación del ánodo (+90 V) se transforman en variaciones de tensión, que se aplican a la rejilla del primer paso del amplificador, llamado generalmente «PREVIO».

En la fig. A5.7, se muestra esquemáticamente todo el sistema reproductor, constituido por la «CABEZA SONORA» y el «PREVIO», este formado por un triodo termoiónico, a cuya rejilla se aplica la señal modulada, mediante una cable «COAXIAL», que es un conductor de cobre fino, aislado en el interior de una malla metálica cilíndrica (conectada masa) cubierta con una funda aislante.

El cable coaxial, apantallado, evita que se induzcan en el canal de sonido, interferencias y ruidos muy molestos.



## Registro magnético

### Breve historia

Las primeras iniciativas de grabación del sonido sobre soportes magnéticos, datan del año 1.888, protagonizadas por Janet y Oberlin Smith. Este último investigador era un colaborador habitual de la revista «The Electrical World» en la que publicó un artículo sobre la utilización de soportes de grabación textiles, formados por hilos o cintas con una capa de limaduras de hierro.

El físico danés, Valdemar Poulsen (1.869-1.942), hizo las primeras grabaciones de sonido, sobre un hilo de acero, con un aparato de su invención que servía para grabar y reproducir, que llamó «TELEGRAPHON». Este aparato lo patentó en EE. UU. en 1.889 y en Dinamarca en 1.898 y lo presentó con gran éxito, en la Exposición Universal de París del año 1.900.

El telegraphon, que se puede considerar el primitivo magnetófono, tenía el alambre de acero devanado en hélice sobre un cilindro que podía girar accionado por una rueda dentada y un piñón solidario a una manivela, sobre el alambre se apoyaba un pequeño electroimán (conectado en serie con un micrófono de carbón y una batería) que se deslizaba en una corredera, para desplazarse, de un extremo al otro del cilindro; es decir, recorría, contactando en todo su desarrollo, la longitud del alambre de acero.

Al principio se utilizaba una velocidad de desplazamiento del alambre ante el electroimán, de 20 metros por segundo; pero se fue reduciendo buscando un compromiso entre la calidad y duración de la grabación, se cambió a 2 metros por segundo y llegó a reducirse a 60 centímetros por segundo, velocidad que se acerca a las velocidades actuales, que aún son más reducidas.

Cuando se conectaba la batería, que cerraba el circuito a través del micrófono de carbón y del electroiman, se establecía una corriente eléctrica estable, que se modulaba cuando incidían sobre el micrófono las ondas sonoras del sonido. Las corrientes moduladas producían en el electroiman campos magnéticos variables y producían en el alambre de acero pequeñas zonas de imanación remanente, formando un mapa magnético del sonido, que quedaba grabado sobre el alambre de acero.

Para la reproducción o lectura del sonido, se sustituía el el micrófono por un receptor telefónico, cerrando en este caso la batería, el circuito formado por el electroimán y el receptor telefónico. Así las cosas, explorando de nuevo todo el recorrido del cilindro se obtenían la reproducción del sonido original.

El electroiman, se utiliza en las funciones de grabación y de reproducción y también para borrar la grabación. Para borrar se conecta la batería al electroimán y se recorre la grabación.

Poulsen continuó sus trabajos de perfeccionamiento y obtuvo una importante mejora, en la calidad de reproducción y en la sensibilidad del sistema, al introducir la « polarización magnética por campo uniforme » que patentó en EE.UU. en 1.903.

Este sistema, consiste en someter al soporte magnético a una cierta imantación, para alcanzar la zona lineal de la curva de imantación (ciclo de histéresis) con lo que se obtienen relaciones lineales, entre los valores instantáneos de la inducción remanente y de la señal modulada.

Al iniciarse el siglo XX, comenzaba con fuerza la industria del disco fonográfico, siendo el motivo principal de que se abandonase, en cierto modo, la carrera interesante que había iniciado la grabación por el sistema magnético. La oferta de discos estaba siendo muy promocionada y de momento, ganaba la partida, hasta el punto, que la sociedad «American Telegraphone Company», que había creado Poulsen en EE.UU. en 1.903, fue a la quiebra.

El sistema de grabación magnético, presentaba interesantes características, que promovían específicas aplicaciones:

- El soporte de grabación, no sufría alteraciones, pues podía grabarse y después borrarse y ser utilizado nuevamente, teóricamente sin limitación.
- La grabación podía hacerse a velocidad normal y transmitirse por radio o teléfono a mayor velocidad, para ser recibida a la misma velocidad de emisión con otro grabador, lo que reportaría dos importantes ventajas:
  - menor tiempo de ocupación del servicio
  - la escucha directa es ininteligible

Estas ventajas, ya las vieron y vivieron los alemanes durante la primera guerra mundial (1.914-1.918), que utilizaron unidades «TELEGRAPHON», instaladas en los submarinos y las bases, para realizar sus comunicaciones en «MORSE» a alta velocidad.

Estas señales, misteriosas e ininteligibles, las escucharon los radioaficionados en las costas del Pacífico, por lo que informaron a las autoridades de los EE.UU. quienes, después de diversas comprobaciones y estudio de documentación y fotografías tomadas en algunos submarinos alemanes que habían visitado puertos norteamericanos, con anterioridad a la guerra, comprobaron la existencia de un «TELEGRAPHON» en la cabina de radio de uno de los submarinos visitantes. Este hallazgo aclaró toda la investigación, que fue de gran utilidad para la armada de los EE.UU.

Otros investigadores continuaron trabajando con el sistema de grabación magnético, concretamente en Europa y en los EE. UU, aunque fueron los alemanes los que consiguieron resultados.

En norteamérica, dos físicos W.L. Carlson y G. W. Carpenter pertenecientes al Naval Research Laboratory, descubrieron la polarización magnética por campo alterno de alta frecuencia, sistema que patentaron, como Radio Telegraph System en EE.UU. en 1.927.

Este sistema mejora el patentado por Poulsen en 1.903 de polarización magnética por campo uniforme, ya que consigue mejores características de fidelidad, relación señal/ruido y sensibilidad.

En 1.927, otros investigadores intentaron en los EE. UU. utilizar como soportes de grabación cintas formadas por aglomerantes y limaduras finas de hierro; pero sin resultado aceptable.

Continuaron numerosos investigadores, en América y en Europa, probando diferentes tipos de soportes de grabación, buscando uno de fácil fabricación y que cumpliera las características técnicas necesarias, para una buena grabación y reproducción.

En el año 1.929 el alemán Fritz Pflüger patentó un tipo de soporte magnético, constituido por una cinta flexible, hecha con materias orgánicas para aglutinar el polvo magnético.

En 1930 la fusión con la compañía inglesa Marconi dio lugar a la creación del equipo Marconi-Stille destinado a la British Broadcasting Company (B.B.C.).

El aparato consistía en una cinta de acero (anchura 3 mm, espesor 0,08 mm) que se desplazaba a 1,50 m/s delante de tres cabezas o capsulas: de borrado, registro y reproducción.

Los amplificadores de registro y lectura están constituidos por circuitos correctores y el dispositivo queda notablemente mejorado ...

En 1931, Pflüger continúa sus trabajos en Alemania en unión con la A.E.G. e I.G.FARBEN; esta colaboración consigue poner definitivamente a punto una máquina para registro magnético llamada «MAGNETOPHON», dando lugar a la fabricación ya industrial de las cintas magnéticas. (A. Didier, 1966 : 280)

La empresa I. G. Farben, tenía gran experiencia en la fabricación de material magnético pulverizado, que utilizaba en los núcleos de las bobinas que suministraba para telefonía.

Fue Mihajlo Idvorsky Pupin (1.858-1.935), físico norteamericano de origen húngaro, inventor destacado en el campo de la telefonía, el que propuso en 1.899 la «PUPINIZACION» de las líneas telefónicas interurbanas, que eran inutilizables a partir de unos 100 kilómetros. Consistía en intercalar en las líneas a distancias regulares, unas bobinas bautizadas «BOBINAS PUPIN», calculadas para cancelar el -valor capacitivo parásito- de la línea, que era el causante de una transmisión de calidad inaceptable.

La colaboración Pfleumer, A.E.G. e I.G. Farben. en Alemania a partir de 1.931, fue decisiva para que I.G. Farben comenzara la fabricación de la cinta magnética plástica, revestida de óxido de hierro, liviana y muy flexible, que utilizó A.E.G. ventajosamente en el lanzamiento de su «MAGNETOPHON», que ha servido de base para el desarrollo de esta poderosa industria. La I.G. Farben se la conoce actualmente como BASF, empresa de primera línea fabricante de cintas magnéticas, para toda clase de grabaciones.

El magnetophon, que hizo su aparición oficial en el mercado europeo en 1.935, se utilizó para grabar una obra de Mozart, que interpretó la Orquesta Filarmónica de Londres en 1.936. Esta grabación se conserva como una primicia en este campo.

En 1941, Camras y Woolridge en los Estados Unidos, y Von Braunmuhl y Weber en Alemania, utilizaron campos alternos de alta frecuencia para la fase de borrado y la polarización magnética del medio del registro. Esto dió como resultado una mejora enorme de la relación señal/ruido y una reducción de las distorsiones.  
(A. Didier, 1966 : 280/281)

La industria de la grabación magnética, por fin disponía de aparatos muy perfeccionados, que se ganaban un lugar muy preferente e indiscutible en la radiodifusión, daban vida a los programas grabados («ENLATADOS») e irrumpían en un mercado, dominado por el disco, que finalmente dominarían.

#### Técnica de grabación

No hay duda de que los europeos ganaron a los norteamericanos, en esta lucha de investigación, para llegar a la perfección en la grabación magnética del sonido, siendo en Europa los alemanes los que más participaron en el éxito alcanzado.

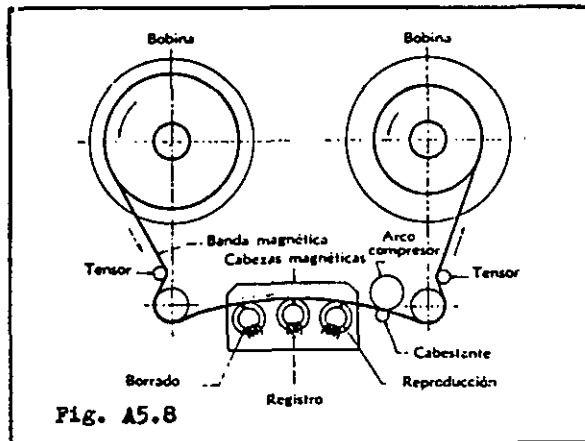
En EE. UU. los acontecimientos sobre la grabación magnética del sonido, se desarrollaba con mayor lentitud y sus fuerzas armadas en Europa, al final de la segunda guerra mundial, encontraron en servicio, en emisoras alemanas o capturadas por ellos, magnetófonos que les causaron sorpresa, por sus avances técnicos.

Es sorprendente, que las emisoras de U.S.A. no utilizaran programas grabados, en sus emisoras de radiodifusión hasta 1.947.

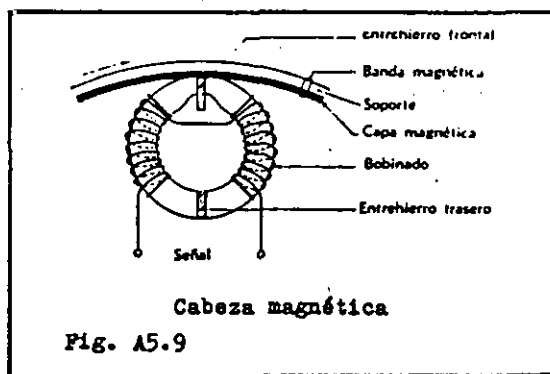
Con la llegada a los EE. UU. de los primeros aparatos alemanes, se espoleó el desarrollo de la grabación magnética en aquel país. El cantante Bing Crosby fue

uno de los introductores de los magnetófonos en el campo de la radiodifusión. Su «Show» (patrocinado por la conocida «Philco») fue el primer programa que en 1947 se emitió en «diferido». Para ello se emplearon 50 bobinas de cinta capturadas a los alemanes, pues hasta el siguiente año la «3M» no tuvo a punto su cinta. En aquella época «AMPEX» inició la construcción de aparatos de estudio, basándose en el método alemán. (Rede, 1980 : 11)

El método alemán "se llamaba A.E.G.", su «MAGNETOPHON» creado en 1.931, utilizaba tres cabezas: de borrado, de registro y de reproducción, respectivamente (v. fig. A5.8).



La cinta se desplaza con velocidad uniforme en contacto continuo con los entrehierros de las tres cabezas, de tal forma hace de "puente" para el paso más fácil de las líneas de fuerza que recorren el circuito magnético, en la cabeza que está realizando su función. El registro o la lectura es longitudinal (v. fig. A5.9).



Las velocidades de desplazamiento de la cinta, normalizadas, actualmente, son: 4,75, 9,5 y 19 centímetros por segundo.

Lo que motivó un extraordinario avance en la fabricación de magnetófonos, a partir de la década de los cincuenta, fue la transistorización de los amplificadores, que ya supuso una importante reducción de tamaño y peso, además de la posibilidad de la alimentación con pilas, que potenciaba el magnetofón portátil. En la década de los setenta, el uso de los circuitos integrados ha simplificado la fabricación de magnetófonos y permitido reducir el tamaño, manteniendo muy buena calidad de reproducción.

Estos principios generales, del sistema de grabación y reproducción magnético del sonido, siguen siendo actualmente aplicados en los modernos magnetófonos con los consiguientes avances en cuanto a los procedimientos de fabricación, materiales utilizados, procesos de miniaturización y formas.

La cabeza magnética es un «TRANSDUCTOR» reversible, del tipo electromagnético, que transforma la corriente eléctrica modulada en campos magnéticos variables y viceversa, según sus funciones de cabeza grabadora o cabeza reproductora; ahora bien, cada operación tiene sus peculiaridades y en virtud de ellas, se busca en el diseño, ajustes para la máxima eficiencia en cada caso.

Así la longitud del «ENTREHIERRO» del circuito magnético de las cabezas, cambia de unas micras para las de registro y lectura a unas décimas de milímetro para las de borrado. El entrehierro se hace con un material no magnético.

Los materiales del circuito magnético más utilizados son las aleaciones de hierro, níquel y cromo, que se conocen con nombres comerciales tales como «MUMETAL», «PERMALLOY» utilizado en láminas aisladas con una finísima capa de barniz para reducir las pérdidas de «FOUCAULT» (v. pag. 11), són productos de muy elevada permeabilidad, es decir, con pequeñas señales de corriente se obtienen campos magnéticos muy fuertes.

Sobre el circuito magnético se devana la bobina, hecha con hilo de cobre aislado. Esta bobina funciona, como inductora o como inducido, ya que produce o recibe el campo magnético variable, según su función de grabar o reproducir.

La cinta magnética para sonido, es de  $6,25 \pm 0,05$  mm de anchura y de 55 micras de espesor máximo (se utilizan entre 25 y 55 micras) y la composición, tanto del soporte plástico como del material ferromagnético, ha pasado por numerosos cambios, acetatos de celulosa, cloruro de polivinilo, mylar, etc. y óxidos de hierro, bióxido de cromo, etc. respectivamente.

Los fabricantes alemanes de magnetófonos, homologan sus equipos por la norma «DIN» («Deutsches Institut für Normung»), concretamente la 45.500 se refiere a las características exigidas a una cadena sonora catalogada como alta fidelidad («HI-FI»).

Para reducir el ruido de fondo, presente en la reproducción magnética, se han patentado circuitos electrónicos «DNL» («Dynamic Noise Limiter») de «Philips» y «DOLBY» desarrollado por un laboratorio inglés del mismo nombre, que utilizan según los fabricantes.

## El cassette

En un sector tan importante como el automóvil, no tenía una aplicación práctica, o al menos cómoda y atractiva, el magnetófono con sus engorrosas bobinas, incluso utilizado como aparato independiente, como ya demostraron los intentos de «CHRYSLER» y «PHILIPS» con sus tocadiscos para automóviles, que tampoco tuvieron resultados satisfactorios.

Los sistemas «cinta sin fin», «FIDELIPACK» y «LEAR JET» para

reproducción, tuvieron cierta popularidad en los EE. UU.; pero recibieron menor aceptación, los sistemas que lanzaron «RCA», «SABA», «CBS» y «DC International».

«PHILIPS» presentó en la feria de Berlín de 1.963 el sistema «CASSETTE», que barrió, a los numerosos sistemas que habían lanzado importantes fabricantes, sobre todo en EE. UU., tratando de presentar un tipo de grabador-reproductor que resultara operativo y adaptable a todo uso, incluso al automóvil.

El hermanamiento del cassette con la radio transistorizada, formando el «RADIOCASSETTE» ha sido otro importante logro, que tuvo un fértil impacto en el mercado mundial.

### Registro y reproducción óptica con laser

---

Es una combinación de técnicas «LASER» y «DIGITAL», aplicadas al registro y reproducción de imágenes y sonido.

#### Laser

«LASER» es una sigla, que corresponde a las primeras letras de «LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION».

La investigación y estudios sobre el «LASER» adquirió popularidad a partir de 1.960, que fue anunciado su descubrimiento.

Genera una luz que tiene propiedades importantes y una muy destacada es la «COHERENCIA». Todos los rayos que emite son de la misma frecuencia («MONOCROMATICOS»), están en fase, en el tiempo y en el espacio y pueden concentrar una enorme energía, en un foco muy puntual, del orden de  $10^{-7}$  centímetros de diámetro, ya que los rayos son casi exactamente paralelos.

Existe cierta analogía con el «MASER», que toma el nombre de «MICROWAVE AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION», con la diferencia importante, de que este emite microondas y el «LASER» ondas luminosas. El «MASER» se utilizan como preamplificador de señales, en los radiotelescopios y en los equipos para comunicaciones espaciales.

Se pueden citar como los más importantes tipos de generadores laser,

Los «GASEOSOS» emiten en la región infrarroja del espectro (11.530 Å) y producen la luz de mayor coherencia de los diferentes tipos, se usan, generalmente en régimen continuo y se utilizan preferentemente en trabajos de investigación científica e industrialmente en el campo de la telecomunicación.

Funcionan incluso a temperatura ambiente, con descargadores que contienen dos gases a muy reducida presión, tales como, helio y neón (1 mm y 0,1 mm de columna de mercurio respectivamente) en un tubo de vidrio «PYREX» de aproximadamente 17 mm de diámetro y

1 m de longitud. Los dos extremos del tubo se sellan con sendas placas de cuarzo pulidas y recubiertas interiormente con un dieléctrico. Se excitan con un campo eléctrico, producido entre sus extremos, por una tensión continua de muy alta tensión, alcanzando una potencia de 200 mW.

El «OPTICO», que pueden ser cristalinos, de líquido o gas, son muy utilizados, en general cuando se precisa cierta potencia, siendo el más usual la variedad «RUBI» que produce un haz de luz visible. Se utiliza en operaciones quirúrgicas delicadas e industrialmente en soldadura y mecanizado de piezas. Estos tipos rubí, precisan excitadores de luz, tales como emisores de destellos de xenón y emiten rayos de una longitud de onda alrededor de 0,7A.

Como el rubí natural es una piedra preciosa, cara y poco abundante, se utilizan variedades artificiales producidas fundiendo a una temperatura de 2000°C, una mezcla pulverizada de óxido de aluminio y una pequeña parte (0,05 a 0,5 %) de óxido de cromo.

Los «DE INYECCION» son de los más simples ya que como medio de excitación se utiliza una fuente normal de suministro de corriente continua (10 a 25 A) y como productor del haz luminoso, un diodo de arseniuro de galio, con impurezas de cinc o telurio y otros cristales con indio, fósforo, plomo, etc. Este tipo de laser, funciona en forma de impulsos -de nanosegundos- o en régimen continuo; pero como el diodo produce un gran desprendimiento de calor, es necesario refrigerarlo sobre todo en régimen continuo, a temperaturas que pueden llegar a -269° C, utilizando helio líquido, lo que limita en cierto modo el uso de este laser, que produce luz coherente en las regiones, roja e infrarroja del espectro.

Se ha utilizado con éxito, sin refrigeración, en sistemas portátiles de comunicación, aunque su potencia tiene que limitarse a unos pocos milivatios.

Un modelo de laser de gas, de dos milivatios y de dimensiones más reducidas; pero de precio más adecuado para equipos electrónicos, tiene unas dimensiones de 30 mm de diámetro por 255 cm de longitud y requiere para funcionar, una tensión continua de 1.300 voltios con una corriente de 4,5 miliamperios.

Hay una gran variedad de tipos de láseres que utilizan diferentes medios, sólidos y gases; pero todos tienen un factor de conversión de potencia inferior al uno por ciento.

El principio de funcionamiento del «LASER», se basa en la estructura atómica (v. pag. 22). Dentro del equilibrio existente entre las fuerza de atracción electrostática entre el núcleo (+) y los electrones (-) y la propia fuerza centrífuga de los mismos en cada capa, existen diferencias en cuanto a sus magnitudes.

La mayor fuerza ejercida por el núcleo sobre los electrones de la primera capa, por su proximidad (v. pag.7), respecto de la correspondiente a la última capa, a mayor distancia, está compensada por la fuerza centrífuga que en la primera capa es mayor, ya

que los electrones giran a mayor velocidad que los electrones de la última capa. Esto significa, que los electrones de la primera capa interna, tienen mayor energía cinética que los de la última.

Si un electrón recibe energía exterior, que puede ser luminosa, electromagnética, térmica, etc. cambiará de órbita, pasando a otra interior de más energía.

En el caso de tratarse de radiación luminosa sabemos que la unidad más pequeña de energía es el cuanto o fotón (v. pag. 20); por lo que, si suponemos que por efecto de una radiación luminosa un fotón penetra en el átomo y choca con un electrón, cabe considerar, que ambos (fotón y electrón), pueden moverse en trayectorias: a) perpendiculares o b) en el mismo plano y en este caso, que ambos se desplacen en sentido opuesto o el mismo.

En el caso a) lo más presumible es que el fotón sea rechazado del átomo y el electrón no sufra un cambio importante.

En el caso b) si el fotón y el electrón se desplazan en sentido opuesto (choque frontal), el fotón desaparece al ser absorbida toda su energía por el electrón, que se trasladará a una órbita interna de mayor energía.

En el caso b) si el fotón y el electrón se desplazan en el mismo sentido, el electrón pierde velocidad y se desplaza a una órbita externa de menor velocidad y energía, para lo que emite un cuanto de radiación, cuya frecuencia está relacionada con la energía del fotón, según la expresión:  $E = h \cdot f$ , (v. pag. 20).

La conclusión final, es que el átomo radiado, expulsa la luz recibida y además libera un cuanto o fotón de luz monocromática.

Este proceso se repite, siempre que se restituya continuamente a los átomos, la energía que pierden en forma de luz y que los choques entre los fotones y los electrones tengan lugar con trayectorias en planos paralelos y desplazándose en el mismo sentido, así es como funciona el laser.

## Técnica digital

La técnica digital utiliza el «ALGEBRA DE BOOLE» y se basa en expresar sus magnitudes físicas, haciendo una previa división finita de intervalos iguales, cuyo valor unitario se define.

Las magnitudes físicas digitales, varían de forma incremental, mientras que las analógicas lo hacen de forma continua.

El matemático inglés George Boole (1.815-1.864), creó en el año 1.854 su «ALGEBRA DE BOOLE», algebra lógica que trata del estudio, de variables y expresiones que sólo admiten dos valores, que son cero y uno, que concuerda con la lógica que admite exclusivamente los estados falso y verdadero.

En la técnica digital, «BIT» («BINARY DIGIT») es la mínima información, tiene dos estados que suele asociarse a "cero" o "uno"; pero pueden asociarse a dos situaciones cualesquiera.

## Registro con rayo laser

Una explicación muy simplificada del proceso de registro, es la siguiente:

La señal del micrófono analógica, se transforma en una señal digital, para cuya cuantificación, hay que dividirla en un determinado número de segmentos. Cada segmento compuesto por un número fijo de «BITS» (p.e. 12) define según la secuencia de unos y ceros una tensión, codificada por el sistema «P.C.M.» (« PULSE CODE MODULATED »).

La operación siguiente es cambiar la modulación digital a modulación de frecuencia (v. Apéndice 4) y después, con la señal modulada en frecuencia, modular la luz del rayo laser.

El rayo laser modulado, concentrado en un haz finísimo, se enfoca sobre el disco virgen, de vidrio metalizado, que gira con una velocidad uniforme, en el que producirá muescas, más o menos profundas, según la penetración por fusión del rayo.

Del disco original, se obtiene por adherencia el negativo metálico, que después de un niquelado, se utiliza para fabricar por estampación los discos en serie.

## Reproducción optica con rayo laser

Consiste en una decodificación, que requiere un proceso inverso al efectuado para el registro, nuevamente a través del rayo laser.

Simplificando mucho la descripción, la primera operación es obtener de las muescas impresas en el disco metálico (lectura), señales eléctricas, que estarán moduladas en frecuencia y codificadas en el sistema P.C.M. que es una modulación digital.

Para terminar el proceso, es necesario transformar la señal digital en una señal analógica, mediante un circuito muy utilizado, que se le conoce, como convertidor D/A (digital/analógico).

Una vez conseguida la señal de baja frecuencia, con la misma información que proporcionó el micrófono, el problema queda reducido a la amplificación de la señal eléctrica y finalmente a su transformación en ondas sonoras, mediante altavoces.

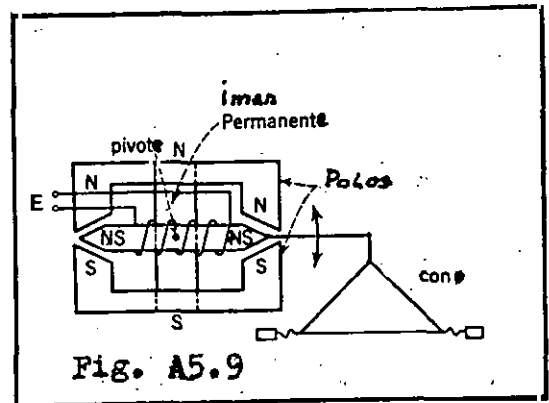
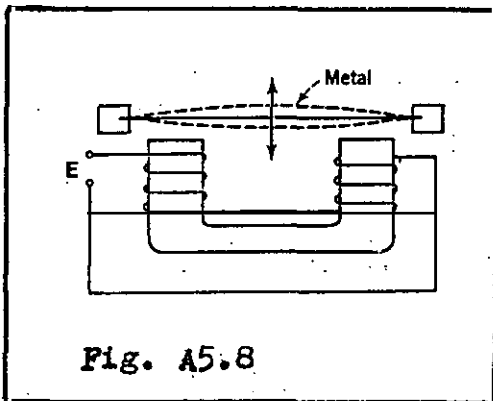
En el mercado actual del sonido está el «COMPACT DISC», que es un disco metálico con lectura por rayo laser, muy aceptado por sus excelentes características de reproducción y operatividad.

El laser de lectura de estos discos, de 11 a 30 cm de diámetro, utiliza un diodo «LED» («LIGHT EMITTING DIODES»), es más sencillo, de menor costo y útil para un producto todo público; así todo, estos equipos de sonido con laser, son de mayor precio que los convencionales; pero su popularidad aumenta, debido a su gran calidad: baja distorsión, respuesta casi plana de 20 a 20.000 Hz y una relación señal/ruido y dinámica próxima a 85 dB (v. Apéndice 5).

## Altavoces

Un altavoz es un transductor electro-magnético-mecánico, que transforma, energía eléctrica en energía acústica, se puede considerar el último eslabón de una cadena de sonido.

El primer altavoz tipo magnético, muy rudimentario, lo invento el físico inglés Oliver Lodge, en 1898, que utilizó un imán en forma de U, sobre el que hizo una bobina para el paso de la corriente, enfrentando sus polos a un disco fino de hierro, que vibra cuando la bobina es recorrida por una corriente modulada por una señal de baja frecuencia (v. fig. A5.8).



Los principales tipos de altavoces que se han desarrollado son: magnético, dinámico, electrodinámico, electrostático y piezoeléctrico.

El altavoz que más se utilizó, hasta el año 1.935, fue el tipo magnético, consistente en una pequeña pieza cilíndrica de hierro que balancéa elásticamente, en el interior de una bobina que recibe la corriente modulada, que la hace vibrar y a guisa de brazo, transmite la vibración al vértice de un cono de papel especial, que produce las ondas sonoras (v. fig. A5.9).

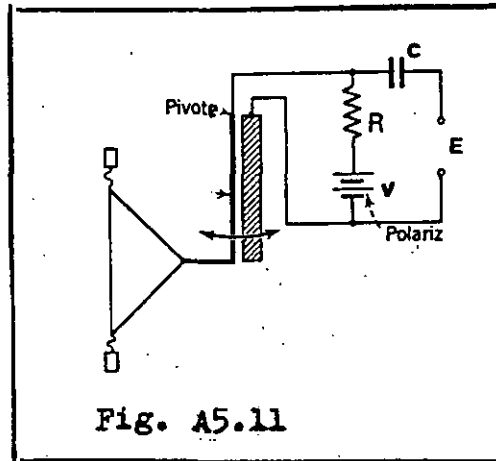
En el año 1.924 el físico alemán Hans Rieger inventó el altavoz electrodinámico, que a pesar de sus mejores características de reproducción, no se popularizó hasta después de 1.935.

En el tipo dinámico, la corriente modulada, pasa por una bobina ("bobina móvil") fijada a un cono de papel (membrana) fijado elásticamente a la armazón del altavoz. La bobina está centrada, en un «ENTREHIERRO» anular atravesado por un fuerte campo magnético, producido por un imán permanente, construido con una aleación de aluminio-níquel-cobalto («ALNICO»).

El campo variable, producido por la bobina, reacciona con el fijo mantenido por el imán y hace vibrar longitudinalmente a la bobina y al cono, que genera las ondas sonoras. (v. fig. A5.10).

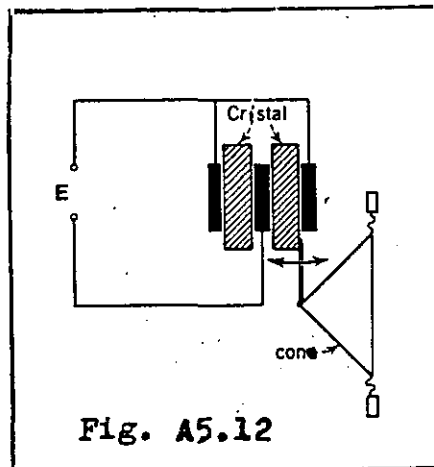
El altavoz más utilizado fue el electrodinámico, llamado así porque el imán permanente se sustituye por una bobina que se alimenta con corriente continua para producir el campo magnético.

Los altavoces electrodinámicos de potencia (10-40W), que se



Otro tipo de altavoz, electrostático, también poco utilizado, se representa esquemáticamente en la fig. A5.11, es sencillo, pero al igual que los micrófonos del mismo tipo necesita una tensión de polarización y un condensador (C) para bloquearla.

En realidad es un condensador, de diseño especial, una de las armaduras es fija y la otra pivota sobre un punto, pudiendo vibrar junto con el cono, que produce las ondas sonoras.

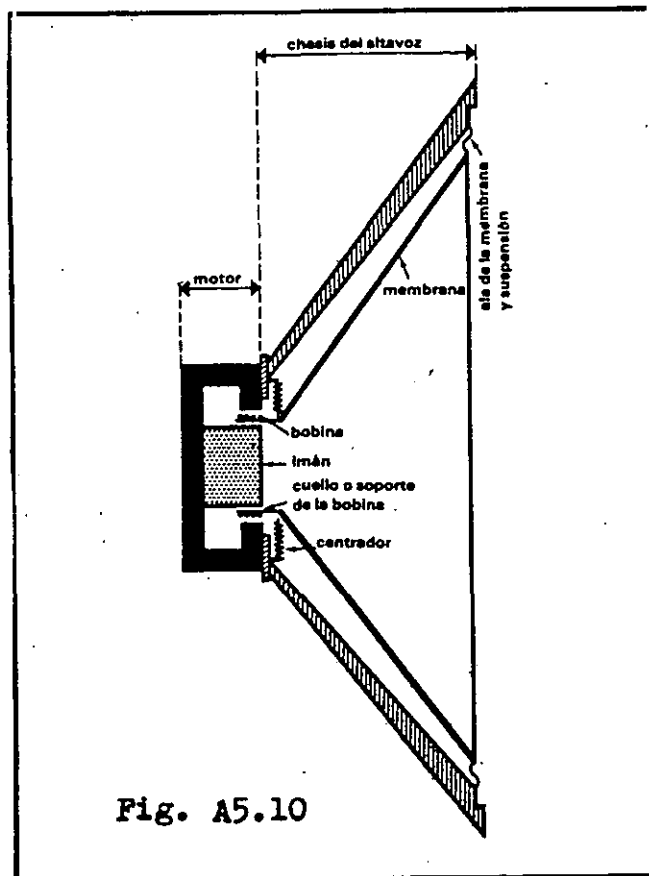


Los avances en las aleaciones y la incorporación de ferritas, para la fabricación de imanes de gran potencia y larga vida ha permitido la fabricación de altavoces del tipo dinámico, incluso para la gama de alta fidelidad y potencias elevadas, que han sustituido a los del tipo electrodinámico, desde la década de los cincuenta.

utilizaron hasta la década de los cuarenta, llevaban equipados su propio rectificador con una válvula doble-diodo RCA tipo 80 u 83V o metálico (óxido de cobre o selenio) y los pequeños altavoces utilizados en los receptores de radio, para una potencia de 5 W, se alimentaban con el rectificador del receptor.

Los altavoces, se clasifican: por el diámetro del cono y son y han sido utilizados de 3½, 5, 8, 10 y 12 pulgadas, por la potencia eléctrica que admiten para transformar en energía acústica y por la clasificación de calidad, serie normal o de alta fidelidad. Además existen tipos especialmente diseñados para reproducir mejor frecuencias bajas (woofer) y altas (tweeter).

El rendimiento de los altavoces es bajo, alrededor del 2,5 % y es imprescindible, asociarlos a los muebles o las cajas, ya sea de los equipos o de los propios altavoces (baffles). Esta asociación eleva el rendimiento acústico y mejora la respuesta de frecuencia del sistema.



En el año 1.932, una firma alemana construyó un tipo de altavoz piezoeléctrico, basado en el principio del mismo nombre, que fué descubierto en el año 1.880 (v. pag. 13); pero este tipo de altavoz que utiliza dos pastillas de cuarzo, ha tenido muy poca aplicación (v. fig. A5.12).

Apendice 6 : La industria electrónica en España  
El sector electrónico, informático y de comunicación  
-----

Equipos de telecomunicación

Equipos de informática

Electrónica profesional

Electrónica de consumo

Microelectrónica y componentes electrónicos

Déficit comercial

Inversión I + D (investigación y desarrollo)

Personal y estructura de las empresas

Informática

## Apéndice 6 : La industria electrónica en España

### El sector electrónico, informático y de comunicación

---

La informática, junto con la electrónica y la telecomunicación, constituyen un sector, totalmente relacionado, en todos sus aspectos, comerciales, financieros, industriales y tecnológicos.

El Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN), preparado por la Administración en 1.983, pretendía como objetivo principal, establecer unas bases científicas y tecnológicas sólidas, con especial atención, a la formación integral del personal y su aspecto social en relación con la actividad industrial, como punto de partida, para conseguir un potencial industrial que hiciera posible la presencia en el mercado mundial.

La primera etapa PEIN I, desarrollada entre los años 1.984 y 1.987, se caracterizó por un crecimiento de la demanda del mercado electrónico y paralelamente, un crecimiento de la capacidad industrial, estimado en un 20 % anual.

Durante la segunda etapa PEIN II, considerada entre los años 1.988 y 1.990, al integrarse España en la Comunidad Europea, participa en programas comunitarios, de apoyo a la tecnología y recibe otras ayudas económicas directas de I+D (investigación y desarrollo) o como participante en programas de la CEE, EUREKA, etc. Esta etapa del PEIN II, ha orientado sus acciones con la influencia del próximo establecimiento del mercado único comunitario, en 1993.

La tercera etapa PEIN III, se distingue por la reflexión ante un análisis de lo que realmente existe en el sector electrónico nacional y las consecuencias, por el hecho, de la incorporación de España al mercado único europeo, ante empresas muy competitivas y potentísimos grupos multinacionales fusionados.

... El sector electrónico e informático español sigue aumentando a un ritmo superior al europeo, debido al mayor crecimiento de la economía nacional y a la necesidad de elevar el nivel de equipamiento electrónico informático y de comunicaciones.

TOTAL SECTOR DE ELECTRONICA,  
INFORMATICA Y COMUNICACIONES  
Datos de consumo aparente, producción  
y comercio exterior  
(en millones de pesetas)

	1987	1988	1989	Incremento 1989/88
Cons. apar.	1.015.396	1.300.058	1.597.367	22,9 %
Producción	446.301	657.430	824.771	22,5 %
Exportac.	131.911	176.818	206.935	17,0 %
Importac.	681.006	819.446	979.531	19,5 %

... las cifras de 1987 no recogen los datos de todas las empresas de servicios informáticos. ...  
( PEIN III, 1990 : 11 )

En los últimos años se destaca con un crecimiento superior, al de otras diferentes ramas industriales, la del sector electrónico, informático y de comunicaciones; pero se mantiene una alta tasa de importación, debido a una falta de producción.

Son de esperar importantes acciones de estrategia, estructuración y equipamiento, con la ayuda de la Administración, en un sector de la máxima importancia, para el desarrollo de todas las actividades del país y modernización de la industria en general.

#### Equipos de telecomunicación

Desglosando la línea de equipos de telecomunicación, se observan, crecimientos del 63,7 y 46,1 % correspondientes a producciones de 280.293 y 143.191 mill. de pesetas, respectivamente, en los años 1989 y 1988.

#### TELECOMUNICACIONES

Datos de consumo aparente, producción  
y comercio exterior  
( en millones de pesetas )

	1987	1988	Increment. 1988/87	1989	Increment. 1989/88
Cons. apar.	167.537	274.313	63,7 %	400.481	46,1 %
Producc.	135.617	197.000	45,3 %	280.293	42,3 %
Exportac.	14.234	15.391	8,1 %	22.603	46,9 %
Importac.	46.155	92.704	100,9 %	143.191	54,5 %

( PEIN III, 1990 : 13 )

#### Equipos de informática

A pesar del crecimiento del 33,2 % en la producción de equipos de informática en el periodo 1988/1989, el correspondiente incremento del consumo aparente fue del 21,5 %, debido a una campaña de reducción de precios basada en avances tecnológicos y sobre todo, como resultado de una fuerte competencia. El incremento de las exportaciones 15,4 %, ha sido superior al arrojado por las importaciones del 12,6 %, en el mismo periodo indicado.

#### INFORMATICA

Datos de consumo aparente, producción  
y comercio exterior  
(en millones de pesetas)

	1987	1988	1989	Incremento 1989/1988
Consumo apar.	367.116	478.740	581.524	21,5 %
Producción	111.635	219.793	292.798	33,2 %
Exportación	71.261	97.943	113.010	15,4 %
Importaciones	326.742	356.890	401.736	12,6 %

... las cifras de 1987 no recogen los datos de todas las empresas de servicios informáticos. ...

( PEIN III, 1990 : 14 )

## Electrónica profesional

En electrónica profesional, el consumo aparente ha pasado de un incremento 1988/87 del 10,8 % a 23,6 % de 1989/88, soportado principalmente por un incremento de las importaciones del 30,7 % y una reducción de la exportaciones del 8,9 % ; pues la industria nacional que tuvo un incremento 1989/88 de un 11,4 %, obtuvo un incremento 1989/88 de 0,0 % .

Se constata, como positivo, en el periodo 1987 a 1989, una política de inversión, que se extiende a instituciones de la administración, empresas de servicios y equipamiento e instalaciones de control de procesos de fabricación, en la industria.

### ELECTRONICA PROFESIONAL Datos de consumo aparente, producción y comercio exterior (en millones de pesetas)

	1987	1988	Imcrem. 1988/87	1989	Imcrem. 1989/88
Cons. apar.	149.847	166.100	10,8 %	205.590	23,6 %
Producción	60.556	67.482	11,4 %	67.325	0,0 %
Exportac.	18.474	22.965	24,3 %	20.932	-8,9 %
Importac.	107.765	121.583	12,8 %	158.897	30,7 %

( PEIN III, 1990 : 14 )

## Electrónica de consumo

Los productos de electrónica de consumo también han sufrido una importante reducción de precios, que ha mantenido el incremento 1989/88 (mill. de pesetas) en 0,0 % aunque corresponda a un número muy superior de unidades, con un monto de 200.000 millones de pesetas en 1988-89.

Es positivo el aumento de la exportaciones, con un incremento 1988/87 del 70,1 % y 1989/88 del 15,8 % coincidentes con incrementos de la producción de 9,9 % y -2,7 % y de la importaciones de 21,5 % y 4,9 %, respectivamente.

Las exportaciones alcanzaron las cifras de 16.969 y 19.643 millones de pesetas, en los años 1988 y 1989, respectivamente.

### ELECTRONICA DE CONSUMO Datos de consumo aparente, producción y comercio exterior (en millones de pesetas)

	1987	1988	Imcrem. 1988/87	1989	Imcrem. 1989/88
Cons. apar.	180.412	203.085	12,6 %	203.042	0,0 %
Producción	97.110	106.697	9,9 %	103.795	-2,7 %
Exportac.	9.978	16.969	70,1 %	19.643	15,8 %
Importac.	93.280	113.357	21,5 %	118.890	4,9 %

( PEIN III, 1990 : 15 )

Ha sido un periodo interesante en cuanto a la reducción de las importaciones; pero con una deficiente previsión en la producción, que descendió un 2,7 % en el periodo 1988-89.

#### Microelectrónica y componentes electrónicos

La microelectrónica y los componentes electrónicos, tuvieron incrementos 1988/87 del 18,2 % y 1989/88 del 16,2 %, en el consumo aparente, con un monto de 206.630 millones de pesetas en 1989.

La producción experimentó un aumento importante, los incrementos 1988/87 y 1989/88, fueron respectivamente 8,3 % y 21,2 %.

Los incrementos de las exportaciones en los dos periodos citados, se mantuvieron practicamente iguales; pero fue positiva la reducción de las importaciones, del 26,0 % al 16,2 %.

**MICROELECTRONICA Y COMPONENTES  
ELECTRONICOS**  
Datos de consumo aparente, producción  
y comercio exterior  
(en millones de pesetas)

	1987	1988	Increment. 1988/87	1989	Increment. 1989/88
Cons. apar.	150.483	177.820	18,2 %	206.630	16,2 %
Producción	61.383	66.456	8,3 %	80.560	21,2 %
Exportac.	17.964	23.550	31,1 %	30.747	30,6 %
Importac.	107.064	134.912	26,0 %	156.817	16,2 %

( PEIN III, 1990 : 15 ),

#### Déficit comercial

El 49 % de las exportaciones y el 75 % de las importaciones, se intercambian con la Comunidad Económica Europea, cifrándose el resto de las importaciones en: 17 % Japón, 15 % Estados Unidos de America y 11 % el Sudeste Asiático.

El déficit de la balanza comercial, del sector electrónico informático, se distribuye así:

Area geográfica	Distribución del déficit comercial
CEE	43 %
Japón	20 %
USA	17 %
Sudeste Asiático	13 %
Otras	7 %
	100 %

( PEIN III, 1990 : 17 )

## Inversión I + D (investigación y desarrollo)

Existe una inversión dedicada a I + D, que cuantificada en términos de producción representa un discreto 8 % ; pero resulta insuficiente, por el desajuste entre la producción y el volúmen de mercado, sobre el que representa solamente un 4 %.

Las cifras de I + D, en tanto por ciento sobre la producción, arrojan: electrónica profesional 12, telecomunicaciones e informática 7, microelectrónica y componentes electrónicos 6 y electrónica de consumo 3.

## Personal y estructura de las empresas

Las nuevas tecnologías, requieren personal técnico cualificado y especializado, difícil de contratar o formar y además, como su número es insuficiente para cubrir la demanda, son frecuentes los abandonos de unas empresas en beneficio de otras, creando en muchos casos problemas en la consecución de proyectos, que repercuten negativamente en el desarrollo del sector.

Es necesario potenciar las estructuras empresariales, consiguiendo en muchos casos la creación de "acuerdos", bien definidos, y planificados y con suficiente continuidad, mediante consorcios de empresas afines o que se complementen, de forma que sin perder la necesaria autonomía individual, puedan abordar con toda garantía, grandes proyectos internacionales.

Por fin, se ha reconocido como positiva la presencia y sobre todo la asociación, con determinadas multinacionales que tengan acreditada una avanzada tecnología, que en parte pueden transferir, para la formación de técnicos y potenciación de las empresas.

Todas las cifras citadas, corresponden a la edición de 1.992 del libro PEIN III, publicado por el Centro de Publicaciones del M.I.C. y Turismo.

## Informática

EL DICCIONARIO DE LA LENGUA DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA dice: "Informática: Conjunto de conocimientos científicos y técnicos que hacen posible el tratamiento de la información por medio de calculadoras electrónicas."

La Academia Francesa la denomina «Informatique» y la define: "Ciencia del tratamiento racional, principalmente con máquinas automáticas, de la información, considerada como soporte de los conocimientos humanos y de las comunicaciones en los dominios técnico, económico y social."

Queda claro, que el desarrollo de la «INFORMATICA» precisa de máquinas automáticas, que manejadas y controladas por personal capacitado, mediante la utilización de la «PROGRAMACION», resuelven diversas clases de problemas. En España denominamos a estas máquinas, en sentido general, «ORDENADORES».

La utilización de los ordenadores, en todas sus categorías, ha experimentado, en la última década, una importantísima masifi-

cación en España, en la Administración en general y en todas clases de empresas, sin distinción de tamaño o actividad, universidades, hospitales, laboratorios, comercios, talleres, centros de enseñanza en todos los niveles e incluso, en muchos hogares.

Consiguientemente, las empresas dedicadas a la informática, tanto de venta como de servicios, también son cada día más numerosas y el personal cualificado, en sus dos facetas, «HARDWARE» que se refiere al equipo y a su tecnología y «SOFTWARE» que conforma el conjunto de «PROGRAMAS» perfectamente interrelacionados para dar coherencia a las acciones del ordenador.

El primer ordenador, de programación cableada, se construyó en la Universidad de Pensilvania en 1.944, desarrollado por los profesores Eckert y Mauchly, con la utilización de 18000 válvulas triodos electrónicos y fue bautizado con el nombre de ENIAC.

En 1.946 el doctor estadounidense John von Neumann del Instituto de Princeton, concretó las bases de lo que sería el moderno ordenador, elaborando el concepto de «programa grabado» y «memoria centralizada», para recibir la secuencia de las instrucciones que constituyen el «PROGRAMA».

John von Neumann (1903-1957), matemático, físico y economista, nació en Budapest y murió en Washington, pasó de la Universidad de Berlín a la de Princeton en EE. UU. donde explicó Física Matemática. Tomó la nacionalidad norteamericana en 1.930 y participó en numerosos proyectos, de calculadoras y de guerra, concierne al desarrollo de la bomba atómica.

La comercialización del primer ordenador en 1.950, fue protagonizada por "UNIVAC I" a propuesta de los profesores Eckert y Mauchly, cuando ya comenzaba la irrupción del transistor.

El primer ordenador totalmente transistorizado, que correspondía a la 2ª generación de ordenadores, lo lanzó al mercado en 1959 la firma NCR, el GE 304, la unidad central utilizaba 8000 diodos sólidos y 4000 transistores, y tardaba 60 microsegundos en hacer una suma.

La aparición de los circuitos integrados significó la 3ª generación de los ordenadores, siendo INTEL quién en 1971 comercializó el primer microprocesador integrado de 4 bits, el MP4004, al que siguieron el PPS-4 de Rockwell y el PP-25 de Fairchild (v. cap. 8), que fueron la base del desarrollo ulterior de los ordenadores.

Según la edición, del Centro de Publicaciones del M.I.C. y Turismo, "El parque de ordenadores en España 1990", existían a finales del año 1.989, 81.056 ordenadores, de los que un 93,7 % eran pequeños ordenadores, el 5,6 % ordenadores medios y el 0,7 % grandes ordenadores, con un importe total que ascendía a 637.000 millones de pesetas.

Las previsiones dicen que las ventas de ordenadores, aumentarán a un ritmo del 17,2 % anual acumulativo entre 1.989 y 1.993, pasando de 15.133 a 28.595 unidades. Lo que representa, que las ventas de 119.158 millones de pesetas de 1.989, pasarán a 181.700 en el año 1.993.

Es de significar, que la denominaciones: grandes, medios y pequeños ordenadores, no comprende los llamados microordenadores o PC's, ya que dicha división está basada en su valor en el mercado, en millones de pesetas: grandes más de 100, medios de 60-100 y pequeños de 1,2 a 20.

Existe una gran variedad de microordenadores o PC's, cuyo precio en el mercado es inferior al millón de pesetas.

Todas las cifras expuestas, corresponden a la información facilitada en las publicaciones del M.I.C. y Turismo, reseñadas en la bibliografía.

-----  
 FACTURACION PRINCIPALES EMPRESAS INFORMATICAS  
 DEL MERCADO ESPANOL. VENTAS TOTALES  
 MPTA 1989  
 -----

PROVEEDOR	FACTURACION TOTAL	FACTURACION TOTAL	FACTURA. INF/ FACTURA. TOTAL
IBM	211.784	211.784	100,0 %
SIEMENS	57.718	19.300	33,4 %
FUJITSU	37.601	37.601	100,0 %
OLIVETTI	36.700	32.512	88,9 %
XEROX	36.383	9.029	24,8 %
NIXDORF	35.756	35.756	100,0 %
H. PACKARD	30.996	24.800	80,0 %
UNISYS	29.280	29.280	100,0 %
NCR	27.196	27.196	100,0 %
PHILIPS I Y C	23.303	23.300	100,0 %
BULL	22.127	22.127	100,0 %
DIGITAL	20.807	20.807	100,0 %
AMSTRAD	13.500	10.400	77,0 %
NOKIA DATA	5.624	5.624	100,0 %
APD	5.200	5.200	100,0 %
COMPAREX	4.236	4.236	100,0 %
ICL	2.260	2.260	100,0 %
DATA GENERAL	2.200	2.200	100,0 %
OTROS	323.732	292.627	90,4 %
<b>TOTAL</b>	<b>926.403</b>	<b>816.039</b>	<b>88,1 %</b>

Fuente: Price Waterhouse Informe Parque Ordenad. 1990

( M.I.C.y T., El parque de Ordenad. en España 1990:29)

Las 12 primeras empresas (IBM -> DIGITAL) consiguen el 61,5 por ciento de la facturación total, que es la que incluye todos los conceptos dentro de las actividades informáticas.

IBM es líder en los conceptos de facturación total y facturación en informática, donde consigue porcentajes del 22,9 y 26 %, respectivamente.

Las cifras están dadas en millones de pesetas (MPTA).

Es interesante, analizar el crecimiento de las empresas que operan en España durante el periodo 89/88.

FACTURACION PRINCIPALES EMPRESAS INFORMATICAS  
DEL MERCADO ESPANOL. CRECIMIENTO 89/88

PROVEEDOR	FACTURACION TOTAL INCREMENTO 89/88 %	FACTUR. INFORMATICA INCREMENTO 89/88 %
IBM	13,2	13,2
SIEMENS	20,5	4,4
FUJITSU	22,0	22,0
OLIVETTI	3,7	8,9
XEROX	14,8	-
NIXDORF	19,3	19,3
H. PACKAR	25,0	17,3
UNISYS	2,4	2,4
NCR	10,3	10,3
PHILIPS I Y C	15,8	15,8
BULL	31,7	31,7
DIGITAL	29,8	29,8
AMSTRAD	-44,1	-45,8
NOKIA DATA	-	-
APD	59,0	59,0
COMPAREX	39,0	39,0
ICL	12,0	12,0
DATA GENERAL	7,0	7,0
TOTAL	20,5 %	21,0 %

Fuente: Price Waterhouse Informe Parque Ordenad. 1990

( M.I.C.y T., El parque de Ordenad. en España 1990:31)

Apéndice 7 : La industria electrónica en la CEE  
Importancia de la industria electrónica en la CEE  
-----

Sector industrial de los componentes electrónicos

Clasificación y producción

Perspectivas de la industria electrónica en la CEE

## Apéndice 7 : La industria electrónica en la CEE

### Importancia de la industria electrónica en la CEE

---

Segun la NACE, la composición de la industria electrónica en 1988 dentro de la CEE, en porcentajes de producción, fue:

Electrónica gran público, .....	30	%
Ordenadores y equipo oficina, .....	26	%
Telecomunicaciones, .....	43	%
Otros, .....	1	%

(Fuente: Eurostat, DRI, Europe.)

Los productos de la industria electrónica, se caracterizan por exigir una continúa y renovada investigación, con tecnologías muy avanzadas y costosas, que precisan cuantiosas inversiones, cuya amortización, impone una elevación de los precios de las primeras series, que después, en las sucesivas, se van reduciendo.

Los fabricantes de los EE. UU. y del Japón, se adelantan a los europeos al lanzar al mercado sus productos, lo que les permite, competir ventajosamente en todos los mercados, en un principio por la novedad de sus productos y después por los precios.

Como consecuencia, la importante presencia de los productos importados de los EE.UU. y de Japón, principalmente del sector de la electrónica de gran público, se ha traducido en una sensible reducción de los puestos de trabajo de esta industria, que fue de 1,88 millones en 1.980 a 1,73 millones, en 1.988.

La realidad de la industria electrónica europea, trae aires de renovación y de nuevos planteamientos, en virtud de un estudio común de las nuevas tendencias que se manifiestan en una popularización de los ordenadores y equipo de oficina.

Con la llegada del mercado único, se promociona la creación de «joint ventures» y de fusiones, que fortalecerá la competitividad con los fabricantes norteamericanos y japoneses.

#### INDUSTRIA ELECTRONICA

(NACE 33, 344, 345)

IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA EN LA ECONOMIA DE LA CE  
En 1988, la industria europea de la electrónica alcanzó una producción de 151.493 millones de ecus y contribuyó en un 8 % a la producción industrial global de la CE. Las dos principales empresas europeas, Siemens y Philips, son ambas productoras dominantes en el sector de la electrónica; su contribución al empleo total de la industria en 1988 (1.7134.517 personas) es también muy importante.

En la CE, la contribución del sector de la electrónica varía sensiblemente, de 17 % en Irlanda (este país recibe importantes inversiones directas de firmas extranjeras que desean establecerse en la CE) a un 3 % y un 5 % en España e Italia, respectivamente. ... Philips,

cuya sede se encuentra en los Países Bajos, es el séptimo productor europeo más importante, con un volumen de negocios en el mundo de 24.000 millones de ecus en 1988; el 65 % de esta cifra de negocios se realiza en Europa. El 35 % de las 185.000 personas empleadas en la sociedad Philips estaban empleadas en los Países Bajos. ...

La electrónica es uno de los sectores que ha conocido un crecimiento más fuerte en la CE en el transcurso de los diez últimos años. Entre 1990 y 1988, el crecimiento alcanzó una media del 10 % en términos nominales... Las telecomunicaciones y el equipo audiovisual han crecido un 9 % en un periodo de nueve años frente a un crecimiento medio anual del 14 % en el sector de los ordenadores y el equipo de oficina.

(PANORAMA DE LA INDUSTRIA COMUNITARIA, 1990 : 12-1)

## Sector industrial de los componentes electrónicos

### Clasificación y producción

Los componentes electrónicos, generalmente se clasifican en activos y pasivos y son partes del todo, sin los que el equipo no puede funcionar.

Los activos suministran una ganancia o control de potencia, tales son : diodos, transistores, válvulas electrónicas, etc.

Los pasivos no suministran ganancia o control de potencia, y en cambio consumen energía, p.e. resistencias, condensadores, bobinas, etc.

Una clasificación que se hace dentro de la C.E.E. es la que se detalla a continuación:

#### Componentes activos:

-----  
Diodos y válvulas termoiónicas

Semiconductores: diodos, transistores, tiristores, triacs, circuitos integrados

#### Componentes pasivos:

-----  
Condensadores, conectores, conmutadores, resistencias, potenciómetros, bobinas, transformadores

#### Componentes electromecánicos:

-----  
Circuitos impresos

Contactores, disyuntores, interruptores, relés

Los componentes electrónicos, ocupan un gran sector de la industria, que suministra a los fabricantes de equipos diversos, todo público: televisores, radioreceptores, sonido, juguetería, etc, telecomunicaciones, automatismo industrial, sector automó-

vil, defensa, medida e informática en general.

Las industrias de componentes, fabrican sus productos, haciendo la distinción de tipo «GRAN PUBLICO» y «PROFESIONAL», garantizando unas características más ajustadas a las especificadas y de mejor comportamiento en la clase profesional; que también se distingue por un mayor precio.

La industria de los componentes electrónicos mueve cifras de negocio muy importantes y organiza salones y ferias anuales internacionales, para dar a conocer y promocionar sus nuevos productos, siendo en Europa muy importante el «Salón International des Composants Electroniques de Paris».

En España es importantísima, la «Feria Internacional de la Electrónica de Consumo, SONIMAG», que se celebra bianualmente en Barcelona y que en el presente año tendrá lugar entre el 14 y el 20 de Septiembre.

#### COMPONENTES ELECTRONICOS (NACE 345)

##### Resumen

En 1988, la producción de los componentes electrónicos (los componentes activos, pasivos y electromecánicos), alcanzó un valor estimado de más de 14.400 millones de ecus, es decir, una progresión del 4,6 % con respecto al año precedente. Para situar este resultado dentro del contexto mundial, recordemos que la producción de componentes este mismo año fue de 30.000 millones de ecus en Estados Unidos y de 39.000 millones de ecus en Japón.

El consumo aparente de los componentes aumentó en un 8,9 %, provocando un déficit comercial de 1.100 millones de ecus.

(PANORAMA DE LA INDUSTRIA COMUNITARIA, 1.990 : 12-4)

Es interesante ver en el CUADRO 1, la participación de diferentes países que pertenecen a la C.C.E. en el sector de la industria de los componentes electrónicos, desglosados en los tres tipos que se distinguen y en el CUADRO VI la evolución de la producción de los componentes activos.

CUADRO 1  
PRODUCCION DE COMPONENTES ELECTRONICOS POR PAISES(1987)  
(Millones de ECUS)

	BLEU	DIM	A	ESP	FRA	IRL	IT	HOL	RU	TOTAL
Comp.act.	10	6	1835	97	1570	214	713	780	1164	6389
Comp. pas.	153	43	932	70	383	40	154	226	257	2258
Comp.elect.	195	90	2152	125	910	168	408	215	1150	5413

Fuente: EECA Bis Mackintosh.

(INFORME SOBRE LA INDUSTRIA DE LA C.E.E., 1989 : 334)

CUADRO VI  
 PRODUCCION DE COMPONENTES ACTIVOS DE LA CEE  
 (Millones de ECUS)

---

A precios corrientes:

1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
3154	3282	3716	4385	5858	5973	6218	6389	6957	7382	7834

---

...  
 Fuente: EECA Bis Mackintosh.  
 (INFORME SOBRE LA INDUSTRIA DE LA C.E.E., 1989 : 336)

Del CUADRO VI se deduce, que la fabricación de componentes activos, experimentó una importante expansión entre los años 1980 y 1984, con un incremento medio del 11,74 %, que se frenó entre 1984 y 1987, con un incremento medio del 2,486 % y volvió a restablecerse, moderadamente, el ritmo de expansión entre 1988 y 1990, con un incremento medio de 7,05 % .

Perspectivas de la industria electrónica en la CEE.

No se espera que en los próximos años, la industria electrónica alcance el ritmo de crecimiento que alcanzó desde sus inicios en la CEE hasta el año 1984; pero se confía en cuanto a componentes a la utilización, cada vez mayor, en el sector del automóvil y en los nuevos mercados como representan la red integrada de servicio digital (ISDN) y la televisión de alta definición.

Apendice 8: Corriente alterna, R, X y Z

Corriente alterna, representación y definiciones

---

Frecuencia

Pulsación

Valores eficaces y medios

Resistencia eléctrica (R)

---

Ley de Ohm

---

Ley de Joule

---

Reactancia (X)

---

Reactancia capacitiva

Reactancia inductiva

Frecuencia de resonancia

---

Impedancia (Z)

---

Circuito L, C y R serie

Circuito L(con R) y C paralelo

Constitución y comportamiento del transformador

---

## Apéndice 8 : Corriente alterna, R, X y Z

### Corriente alterna, representación y definiciones

---

#### Corriente alterna

Una corriente alterna responde a una función periódica que va tomando sucesivamente valores repetidos a intervalos de tiempos iguales, llamándose «CICLO» a cada una de las secuencias repetidas, a lo largo del tiempo.

La corriente alterna cuyos valores cambian de una forma proporcional a la línea trigonométrica seno, se define como «CORRIENTE ALTERNA SENOIDAL», que es la más importante y estudiada en electricidad y electrónica.

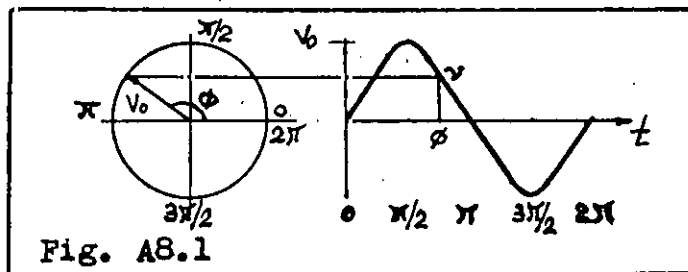
Los valores instantáneos de la tensión ( $v$ ), se calculan en función del valor de tensión máxima ( $V_0$ ), según la fórmula:

$$v = V_0 \cdot \text{sen } \emptyset \quad \left( \begin{array}{l} V_0, \text{ valor máximo voltios} \\ \emptyset, \text{ ángulo fase, en grados} \end{array} \right)$$

#### Representación

Entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ , un ciclo, el valor instantáneo,

De  $0^\circ$  a  $90^\circ$ ,  $v$  pasa, de 0 al máximo positivo ( $V_0$ )  
 De  $90^\circ$  a  $180^\circ$ ,  $v$  pasa, de máximo positivo ( $V_0$ ) a 0  
 De  $180^\circ$  a  $270^\circ$ ,  $v$  pasa, de 0 al máximo negativo ( $-V_0$ )  
 De  $270^\circ$  a  $360^\circ$ ,  $v$  pasa, de máximo negativo ( $-V_0$ ) a 0  
 (v. fig. A8.1)



En esta figura, a la izquierda se ve la representación gráfica vectorial y a la derecha la cartesiana.

#### Frecuencia

El número de veces que se repite un «CICLO» en un segundo es la «FRECUENCIA» ( $f$ ) y el tiempo que transcurre para realizar un ciclo, expresado en segundos, se denomina «PERIODO» ( $T$ ); por lo que, el periodo de una corriente alterna senoidal, es la inversa de la frecuencia,  $T = 1 / f$ .

#### Pulsación

Al producto  $2 \cdot \pi \cdot f$  se llama «PULSACION» o «VELOCIDAD ANGULAR»

se expresa en radianes y se designa por la letra griega omega.

$$\text{Pulsación o velocidad angular: } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (\pi \approx 3,1416)$$

Un radian corresponde a un ángulo, que comprende una longitud de arco de un radio, entonces, como la longitud de la circunferencia  $\approx 360^\circ$  y su longitud es  $\pi \cdot d$  ó  $2 \cdot \pi \cdot r$ , tendremos:

$$2 \cdot \pi \cdot r / r = 2 \cdot \pi \quad (\text{Radianes en la circunferencia } \approx 360^\circ)$$

$$360^\circ / 2 \cdot \pi \approx 57,2956^\circ$$

Resulta muy aproximadamente: 1 radian  $\approx 57,2956^\circ$

Es muy frecuente expresar los ángulos en radianes:

$$\pi/4 (45^\circ), \pi/2 (90^\circ), \pi (180^\circ), 3\pi/2 (270^\circ), 2\pi (360^\circ)$$

Así también, pueden calcularse los valores instantáneos de una corriente alterna senoidal, de la forma:

$$v = V_o \cdot \text{sen} (2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) \quad \text{ó} \quad v = V_o \cdot \text{sen} (\omega \cdot t)$$

Siendo:  $2 \cdot \pi \cdot f \cdot t = \omega \cdot t$ , el ángulo de fase en radianes

#### Valores eficaces y medios

Se llama corriente «EFICAZ» el valor de una corriente alterna, que produce sobre una resistencia, la misma disipación de potencia, que una corriente continua del mismo valor.

El valor eficaz, de una corriente o de una tensión alterna senoidal, se relaciona y calcula en función de los valores máximos de corriente ( $I_o$ ) y tensión ( $V_o$ ), siendo la relación:

Corriente y tensión, eficaz:

$$I_{ef} = I_o / 1,41 \quad \text{ó} \quad I_{ef} = 0,707 \cdot I_o$$

$$V_{ef} = V_o / 1,41 \quad \text{ó} \quad V_{ef} = 0,707 \cdot V_o$$

(Se designan simplemente con I y V respectivamente)

El valor eficaz, se define como la media cuadrática de los valores instantáneos (corriente o tensión) de un ciclo.

Cuando se rectifica una corriente alterna, se obtienen valores de corriente y tensión continua, relacionados con los llamados valores medios de una corriente alterna, que son:

Valor medio:

$$I_m = 0,637 \cdot I_o$$

$$V_m = 0,637 \cdot V_o$$

El valor medio, se define como la media aritmética de los valores instantáneos de medio ciclo.

## Resistencia eléctrica (R)

---

Resistencia eléctrica de un conductor, es la oposición que presenta al paso de la corriente y la unidad de medida es el ohmio, que se representa,  $\Omega$ .

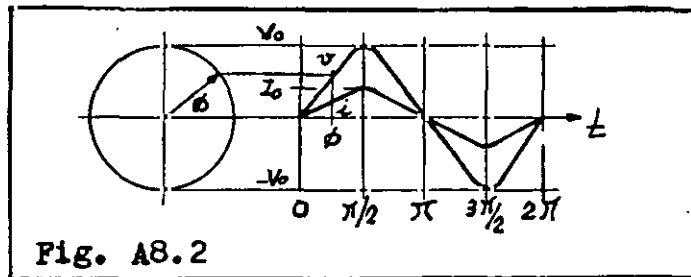
La resistencia de un conductor es directamente proporcional a el coeficiente de resistividad ( $\rho$ ) y a su longitud ( $l$ ) e inversamente proporcional a su área o sección ( $s$ ), según la fórmula:

$$R = \rho \cdot l / s$$

( R, resistencia conductor  $\Omega$  (a 20°C)  
 (  $\rho$ , coeficiente de resistividad (\*)  
 ( l, longitud del conductor en metros  
 ( s, sección del conductor en  $\text{mm}^2$ , en función del diámetro:  $s = \pi \cdot d^2 / 4$

(\*) Es la resistencia específica, de un determinado conductor. En la práctica, se toma, la de un conductor "muestra" de un metro de longitud y un milímetro cuadrado de sección a 20°C. Para conductores de cobre tiene un valor muy aproximado a 0,017  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ . Existen tablas con valores de los conductores más utilizados.

La resistencia eléctrica, calculada por la fórmula anterior debida al hecho físico de la resistividad del conductor y las dimensiones del mismo, produce al paso de la corriente dos efectos: 1) una caída de tensión (V) y 2) un gasto de energía (W), manteniéndose, la fase entre la tensión y la corriente, cuando se trata de una corriente alterna (v. fig. A8.2).



El comportamiento de esta resistencia óhmica, es por tanto, el mismo, ante el paso de una corriente continua o alterna.

## Ley de Ohm

---

La caída de tensión, viene dada por la «LEY DE OHM» y el el gasto de energía por la «LEY DE JOULE», que son:

Ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

(V, caída de tensión en voltios  
 (R, resistenc. conductor en ohms  
 (I, intensid. cote. en amperios

V, I y R, son tres parámetros, deduciéndose, las tres formas de la «LEY DE OHM»:

$$V = R \cdot I \quad , \quad I = V / R \quad , \quad R = V / I$$

### Ley de Joule

---

La ley de «JOULE» se refiere, a la cantidad de calor producida en una resistencia por segundo, que es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente que la atraviesa.

La potencia disipada:

$$W = R \cdot I^2 \quad , \quad (\text{utilizando como dato la corriente})$$

$$W = V^2 / R \quad , \quad (\text{utilizando como dato la tensión aplicada})$$

La cantidad de calor desprendido (Q):

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \quad , \quad (\text{calorias})$$

$$Q = 0,24 \cdot W \quad , \quad (\text{calorias})$$

Conocemos la definición de potencia:  $W = V \cdot I$  y la unidad de medida el vatio, que es la potencia disipada en una resistencia de un ohmio, cuando es atravesada por una corriente de un amperio (v. Apéndice 1).

### Reactancia (X)

---

Reactancia es la oposición al paso de la corriente alterna senoidal, ofrecida por la capacidad (C) y la autoinducción (L).

A la reactancia se la designa, como capacitiva ( $-X_c$ ) si es producida por un condensador (C) e inductiva ( $X_L$ ) cuando la genera una autoinducción (L).

El valor de estas reactancias, en ohmios reactivos, se calculan con las expresiones siguientes:

#### Reactancia capacitiva

Reactancia capacitiva,  $-X_c$  expresada en ohmios ( $\Omega$ ):

$$X_c = 1 / 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

(  $\pi$ ,  $\approx 3,1416$   
 (  $2 \cdot \pi \cdot f$ , es la pulsación ( $\omega$ )  
 ( C, capacidad en Faradios

\* Si la frecuencia f es cero la reactancia inductiva se hace cero, aumentando con la frecuencia.

La reactancia capacitiva ( $-X_c$ ), produce un adelanto de la corriente de  $90^\circ$ , sobre la tensión y se le atribuye el signo negativo (v. fig. A8.3).

$I = V(0) / X_c(-90^\circ)$ , (cociente modulus y resta de argumentos)  
Siendo:  $I(90^\circ)$ , (la corriente adelanta a la tensión  $90^\circ$ )

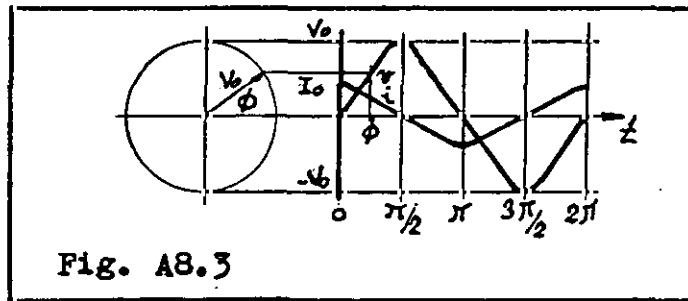


Fig. A8.3

### Reactancia inductiva

Reactancia inductiva,  $X_L$  en ohmios, es la oposición que hace una bobina "ideal", de resistencia ohmica cero, al paso de la corriente, es directamente proporcional, a la pulsación de la corriente y a la inductancia o coeficiente de autoinducción de la de la bobina, expresada en «HENRIOS».

Reactancia inductiva:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

(  $\pi$ ,  $\approx 3,1416$   
(  $2 \cdot \pi \cdot f$ , es la pulsación ( $\omega$ )  
(  $L$ , inductancia, Henrios

La reactancia inductiva ( $X_L$ ), produce un retraso de la corriente de  $90^\circ$ , sobre la tensión (v. fig. A8.4).

$I = V(0) / X_L(90^\circ)$ , (cociente módulos y resta argumentos)  
Siendo:  $I(-90^\circ)$ , (la corriente retrasada de la tensión  $90^\circ$ )

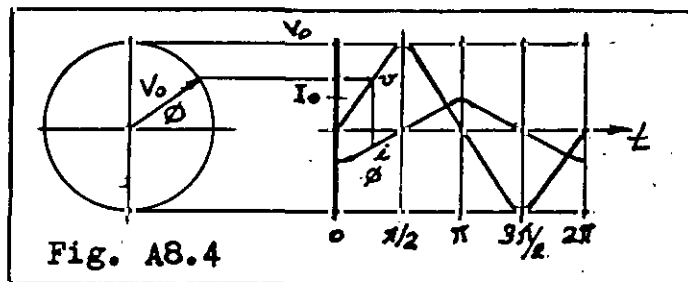


Fig. A8.4

Una bobina "ideal", estaría formada por un conductor con resistencia cero, cosa que no existe en la realidad práctica.

### Frecuencia de resonancia

Según lo dicho antes, como la  $-X_c$  adelanta la corriente  $90^\circ$  y la  $X_L$  la retrasa  $90^\circ$ , sus efectos son opuestos y se anularán cuando ambas reactancias tengan el mismo valor absoluto.

Cuando en un circuito, con capacidad e inductancia, se anulan los valores de sus reactancias; es decir,  $X_L - X_c = 0$ , se dice que está en «RESONANCIA» y la frecuencia  $f_0$  a la que sucede es la «FRECUENCIA DE RESONANCIA». La fórmula de Thompson permite cal-

cularla, despejando  $f$  ( $f_0$ ) en la expresión:  $X_L = X_C$  (v. pag. 50).

Al -anularse las reactancias- el circuito se presenta como una resistencia pura, es decir, óhmica, es la resonancia.

Fórmula de Thompson:

$$f = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C})$$

(f, freq. resonancia en Hertzios  
(L, inductancia bobina en Henrios  
(C, capac. condensador en Faradios

### Impedancia (Z)

Se llama «IMPEDANCIA», a la oposición total, combinada, de la resistencia óhmica propia del conductor y las reactancias inductiva ( $X_L$ ) y capacitiva ( $-X_C$ ). Se representa por  $Z$  y la unidad es el ohmio ( $\Omega$ ).

### Circuito L, C y R serie

Ahora bien, se trata de una combinación que es la suma vectorial, al igual que una suma geométrica, de la resistencia óhmica y de las reactancias  $X_L$  y  $-X_C$ .

La impedancia es una expresión compleja, constituida por la parte real que es la resistencia óhmica, y la parte imaginaria compuesta por la reactancia inductiva ( $X_L$ ) y la reactancia capacitiva ( $-X_C$ ). Su representación en forma compleja es,

$$Z = R + j (X_L - X_C); \text{ y el módulo: } |Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, (\Omega)$$

El desfase  $\emptyset$ , viene dado por el valor de:  
 $\text{tg } \emptyset = (X_L - X_C) / R$ , ( $\emptyset$  ángulo cuyo tangente vale  $\text{tg } \emptyset$ )

En la representación gráfica vectorial, el valor de la resistencia se sitúa en el eje real y los de las reactancias en el eje de coordenadas, la inductiva ( $X_L$ ) en el positivo y la capacitiva ( $-X_C$ ) en el negativo.

La impedancia ( $Z$ ), de un circuito serie, formado por resistencia, inductancia y capacidad, es:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \text{ tg } \emptyset = (X_L - X_C) / R \quad (\emptyset \text{ áng. desfase})$$

\*Si  $X_L - X_C$  es cero, «RESONANCIA»,  $Z = R$  (v. fig. A8.5)

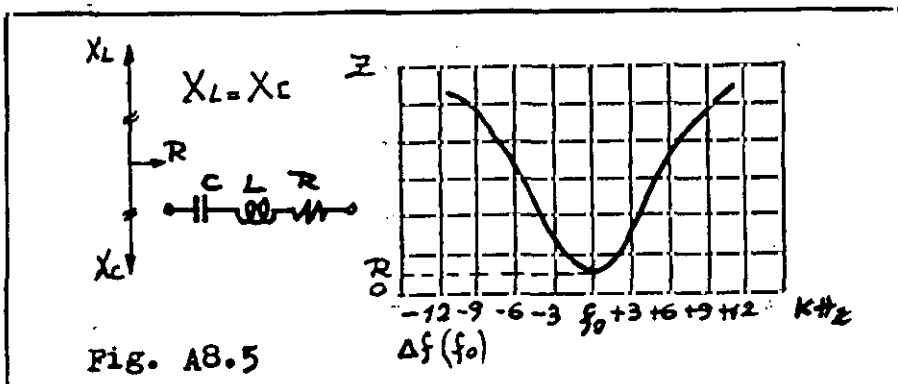


Fig. A8.5

## Circuito L (con R) y C paralelo

La impedancia (Z) de un circuito paralelo («TAMPON»), formado por una bobina (L) con bajo valor de resistencia ( $Q > 10$ ) y un condensador (C), es muy elevada a la frecuencia de resonancia, razón por lo que recibe el nombre de tampón.

Se llama Q de una bobina, la relación entre su reactancia inductiva ( $\Omega$ ) y su resistencia óhmica ( $\Omega$ ), es un número que expresa la calidad de la bobina. Es frecuente, el uso en electrónica, de bobinas con valores de Q comprendidos entre 50 y 300.

Impedancia circuito resonante paralelo:

$$Z = L / R \cdot C \quad \begin{array}{l} (L, \text{ inductancia de la bobina, Henrios} \\ (R, \text{ resistencia ohmica bobina, ohmios} \\ (C, \text{ capacidad condensador en Faradios} \end{array}$$

\*Es una resistencia pura, con XL y XC canceladas.

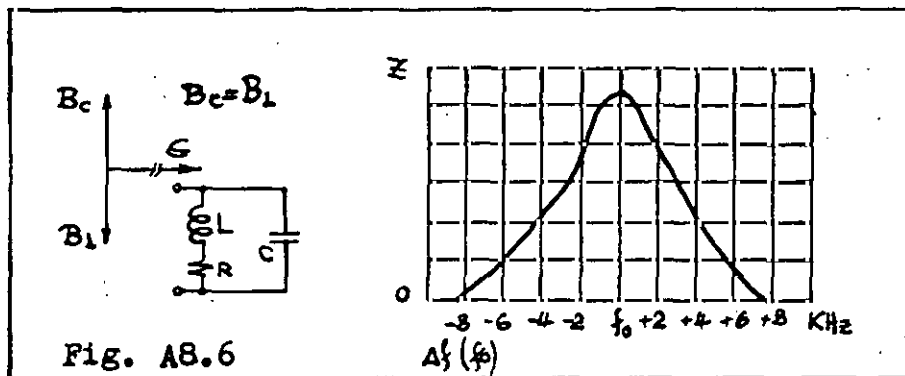
$$\text{Si hacemos: } Z = \omega \cdot L / \omega \cdot R \cdot C = \omega \cdot L \cdot \omega \cdot C / R = \omega \cdot L \cdot Q$$

$$\text{De donde se deduce que: } Z = L / R \cdot C = \omega \cdot L \cdot Q = X_L \cdot Q$$

Es decir, que la impedancia a la frecuencia de resonancia, es «la reactancia inductiva ( $X_L = X_C$ ) multiplicada por el Q.»

$$Z = \omega \cdot L \cdot Q = X_L \cdot Q \quad (\text{siendo } Q = X_L / R)$$

Al alejarse de la frecuencia de resonancia ( $f_0$ ), a mayor o menor frecuencia, se va reduciendo la impedancia, presentando el circuito, en el primer caso un efecto inductivo con la corriente retrasada y en el segundo, un efecto capacitivo con la corriente adelantada, respecto de la tensión aplicada (v. fig. A8.6).



Para calcular la impedancia y la fase de la corriente, a frecuencias distintas de la resonancia, y en general, para los circuitos paralelos, es más fácil, utilizar los valores inversos, denominados: «ADMITANCIA», «CONDUCTANCIA» y «SUSCEPTANCIA»

Admitancia (Y):

$$Y = 1 / Z \quad (\text{es la inversa de la impedancia})$$

Conductancia (G):

$$G = 1 / R \quad (\text{es la inversa de la resistencia})$$

Susceptancia inductiva (BL):

$$BL = 1 / XL \quad (\text{es la inversa de la reactancia inductiva})$$

Susceptancia capacitiva (Bc):

$$Bc = 1 / -Xc \quad (\text{es la inversa de la reactanc. capacitiva})$$

Susceptancia resultante (B):

$$BL \ 1/jXL = -j \ 1/XL \quad \text{y} \quad Bc = 1/-jXc = j \ 1/Xc$$

$$B = BL + Bc = Bc - BL; \quad Y = G + j B$$

La admitancia tiene forma compleja, siendo la conductancia (G) la parte real y la susceptancia (B), que es la suma de la reactancia inductiva y la capacitiva, la parte imaginaria.

$$Y = G + j B$$

$$|Y| = \sqrt{G^2 + B^2} \quad (\text{módulo, valor de la admitancia Y en A/V})$$

$$\text{tg } \emptyset = B / G, \quad \emptyset = \text{ángulo cuya tangente vale } B / G$$

Calculado Y, seguidamente, se calcula Z y el argumento.

$$Z = 1 / |Y|; \quad \text{argumento: } 0 - \emptyset \quad (\text{resultado final})$$

Como unidades de Y, G, B y A/V (inversa de  $1\Omega = 1V/1A$ ) se utiliza el «MHO» (ohm al revés) y también el «SIEMENS» (S).

### Constitución y comportamiento del transformador

El transformador es un aparato estático, cuyo funcionamiento está basado en la «INDUCCION ELECTROMAGNETICA», descubierta por el químico y físico inglés Michael Faraday, en 1.831 (v. pag. 9).

Está constituido por dos o más devanados hechos con hilo de cobre, el primario y el(los) secundario(s), sobre el núcleo magnético, formado por chapas finas de hierro silicioso, estando aisladas entre sí: las chapas, las espiras, las capas de los devanados, los devanados y estos del núcleo (v. pag. 12)

El primario, recibe la corriente y hace una transformación, de energía eléctrica en electromagnética, sucediendo lo inverso en el(los) secundario(s), donde hay una transformación de energía electromagnética en energía eléctrica, con la consiguiente pérdida, en las mismas, que determinan el rendimiento del transformador, que puede ser muy elevado, usualmente del 90 al 99 %.

En un transformador, la relación de vueltas entre dos deva-

nados es directamente proporcional a la relación de tensiones e inversamente proporcional a la relación de corrientes.

$$N_1/N_2 = V_1/V_2 = I_2/I_1, \text{ transformador ideal -sin pérdidas-}$$

En la que  $N_1/N_2$ ,  $V_1/V_2$  e  $I_1/I_2$ , son las relaciones entre el primario y el secundario, de vueltas o espiras, de tensiones y de corrientes, respectivamente.

Las primeras aplicaciones industriales de los transformadores de potencia, fue en las estaciones transformadoras, para elevar la tensión alterna producida en las centrales eléctricas, con el fin de reducir las pérdidas en las líneas de transporte de alta tensión y en las instalaciones de subestación y transformación para conversión a medias tensiones y a baja tensión (220 o 380 V) que es la de consumo, según la longitud de los recorridos.

Elevando la tensión, se reduce la corriente en la misma proporción, para la misma potencia transportada y se reducen las pérdidas por efecto Joule ( $W = R \cdot I^2$ ), que son directamente proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente.

En el campo de la electrónica, los transformadores generalmente de mediana y pequeña potencia, se han utilizado extensamente, en los rectificadores de corriente alterna, equipados en los receptores de radio y de T.V., amplificadores, magnetófonos y aparatos de todo tipo, alimentados por la red de corriente alterna y también en gran escala, en las etapas amplificadoras de potencia, con válvulas electrónicas o transistores, como componente para transferir la potencia de baja frecuencia a la carga.

Los devanados de los transformadores tienen una resistencia óhmica propia del hilo de cobre, que los conforman y presentan sobre todo, una reactancia inductiva importante y una reactancia capacitiva, por las capacidades parásitas en los devanados.

Cuando se utiliza el transformador, como acoplamiento entre una etapa formada por un componente activo (válvula o transistor) de resistencia interna  $R_g$  y una carga, de impedancia  $Z_L$ , que debe reflejarse en el primario con un valor  $R_c$ , requerido por el componente activo, sucede que:

El primario del transformador presenta una impedancia, formada por su resistencia óhmica  $R_p$  y su inductancia  $L_p$ , que es:

Impedancia del primario del transformador:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_{Lp}^2}, \quad \begin{array}{l} (L_p, \text{ inductancia del primario en H} \\ (R_p, \text{ resistencia devanado prim. } \Omega \end{array}$$

Este valor, debe ser del orden de  $Z_p \geq 10 \cdot R_c$ , a la frecuencia más baja transferible, sin atenuación, para que su presencia, en paralelo con la impedancia reflejada ( $R_c$ ), desde el secundario, no produzca un valor combinado, sensiblemente inferior a  $R_c$ .

La reducción de  $Z_p$ , a las frecuencias bajas de la banda pasante, produce una atenuación (reducción) en la respuesta de

transferencia, que viene a ser de 3 decibelios (caída 50 %) cuando  $R_c$  y  $|Z_p|$  son del mismo orden (v. Apéndice 5).

La atenuación en la parte alta de frecuencias, que se manifiesta en la curva de respuesta del transformador, es debido a las capacidades parásitas, entre las capas de los devanados y entre los propios devanados, sumado al efecto producido por la llamada «SELF DE FUGA», que es el valor de la inductancia correspondiente, a las líneas de fuerza perdidas en el aire; es decir, que no atraviesan ambos devanados. La atenuación producida por esta causa ( $XL_f = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_f$ ), aumenta con la frecuencia.

En la fig. A8.7, se pueden ver, los circuitos equivalentes simplificados, de un transformador de buena calidad, en cuanto a su comportamiento en las zonas de frecuencias: bajas, medias y altas, dentro de la -banda de baja frecuencia-.

En estos casos, un generador  $E_g$  de resistencia interna  $R_g$ , que representa la válvula o transistor, es «ADAPTADO» por el transformador a una carga  $Z_L$ , siendo:  $R_p$  y  $R_s/n^2$  las resistencias óhmicas del primario y del secundario,  $n$  la relación de transformación,  $L_p$  la inductancia del primario y  $L_{fp}$  y  $L_{fs}$  las selfs de fuga de los devanados primario y secundario respectivamente.

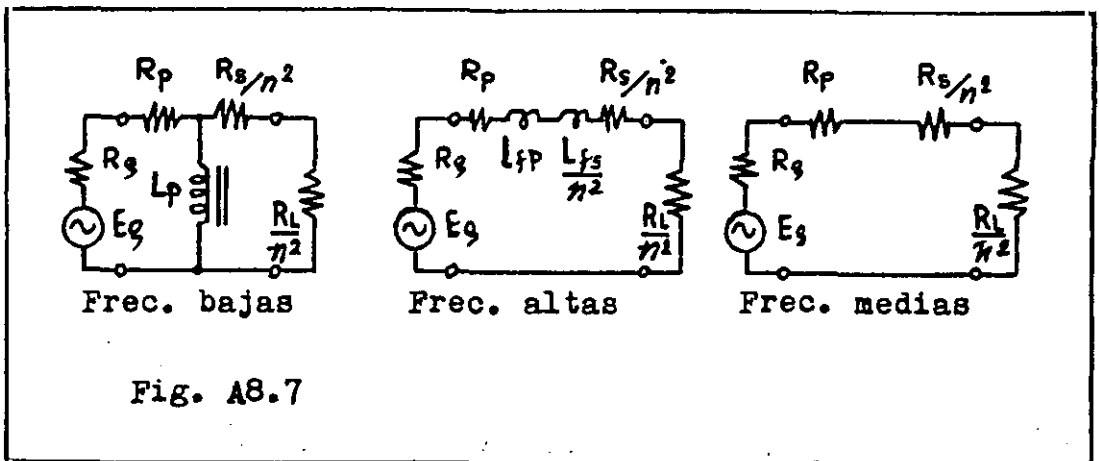


Fig. A8.7

En la fig. A8.8, se muestra la curva de respuesta de frecuencia, tomando como referencia las frecuencias medias, de una etapa amplificadora típica, con transformador. La atenuación es inferior a 2 decibelios, en una banda pasante que va desde 30 Hz a 16KHz

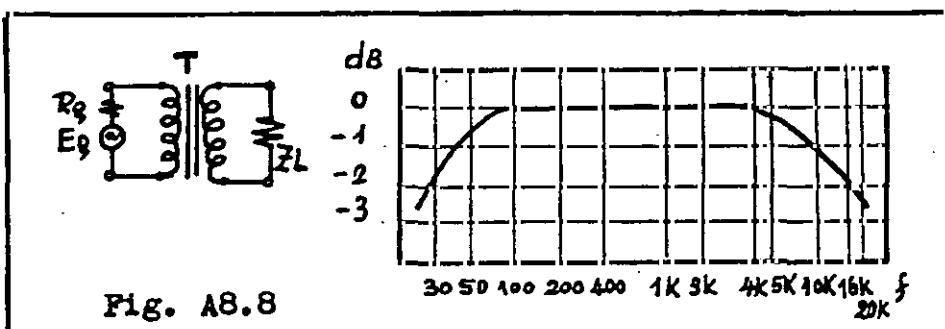


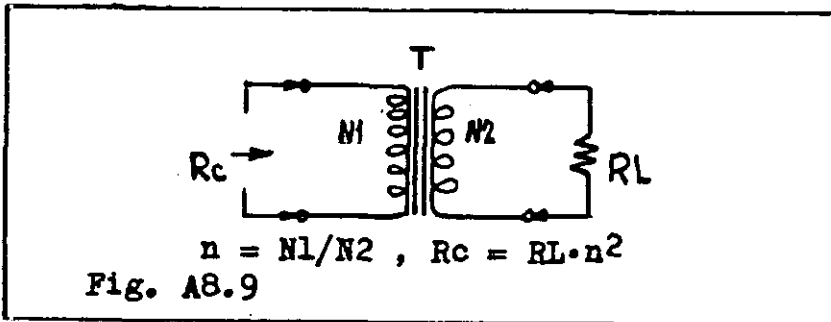
Fig. A8.8

La relación de transformación  $n = N1/N2$  del transformador, para conseguir la «ADAPTACION DE IMPEDANCIAS», se calcula mediante la fórmula:

$$N1/N2 = \sqrt{Rc/RL}$$

( $N1/N2$ , relac. espiras prim/secund.  
 ( $Rc$ , impedanc. reflej. al prim.  
 ( $RL$ , imped. de carga s/secund.  
 (v. fig. A8.9)

La carga  $RL$  conectada al secundario del transformador se refleja en el primario con un valor  $Rc$ .



REFLEXIONES

## REFLEXIONES

Tales de Mileto, 600 años antes de J. C. experimentó con la electricidad, frotando con una piel seca un trozo de ambar, que es una resina fósil amarilla que en griego la llaman «ELEKTRON».

Tales de Mileto no pudo explicarse, las atracciones que la pieza de «ELEKTRON» ejercía sobre minúsculos cuerpos, v.g. pelos o plumas; pero de sus experiencias, surgió el vocablo «ELEKTRON», del que se derivó «ELECTRICIDAD», que 2.500 años después, representaría un tipo de energía de trascendental importancia mundial.

En el siglo XVIII, los científicos Franklin, Galvani y Coulomb, entre otros, ampliaron los conocimientos que se tenían sobre la electricidad estática, que en el siglo XVII se habían utilizado como artículo de feria.

En el año 1.792 una comisión constituida por miembros de la ACADEMIA FRANCESA DE LAS CIENCIAS, tomó acuerdos muy importantes, para el progreso de la ciencia y de la tecnología, fijando nuevas definiciones y prefijos, que permitieron unificar criterios y mejorar notablemente el entendimiento y la comunicación.

El desarrollo, de la ciencia en general y de la tecnología eléctrica, en el siglo XX, está basada principalmente en los descubrimientos realizados en el siglo XIX.

Volta siguiendo los trabajos de Galvani, no sólo construyó su pila en 1.800, «PILA DE VOLTA», aportando un elemento muy importante para los laboratorios de investigación, sino que además inició la «ELECTROQUIMICA».

Los investigadores: Oersted, Ampere, Faraday, Henry y Maxwell, fueron los creadores del «ELECTROMAGNETISMO», entre los años 1.819 y 1.831; cuyas teorías fueron corroboradas veinte años más tarde por Hertz.

Faraday descubrió en 1.831, la «INDUCCION MAGNETICA», hecho de extraordinaria trascendencia, "llave" para la creación y diseño de las máquinas eléctricas, generadoras y motores. También hizo importantes aportaciones, en el año 1.834, en el campo de la electroquímica, que fueron decisivas para su desarrollo.

Lentz coincidió y amplió con sus leyes, los trabajos de Faraday.

Foucault, perfeccionó en el año 1.848 el arco voltaico, haciendo posible, su utilización en el primer tipo de alumbrado público y en los proyectores de cine.

Otra importantísima aportación de Foucault, fue el descubrimiento de las corrientes parásitas que llevan su nombre, que producen el calentamiento de los núcleos magnéticos de las máquinas eléctricas, lo que hizo posible, diseños que reducían las pérdidas a valores tolerables para el funcionamiento de las máquinas.

Rünhmkorff, además de aportar "su productor de chispas", generador de alta tensión a partir de una batería de baja tensión, «CARRETE DE RÜNHMKORFF» que ha sido de mucha utilidad en los laboratorios de investigación y elemento importante en los primitivos emisores de chispa, dió lugar a la creación de un aparato de numerosísimas aplicaciones el «TRANSFORMADOR».

Plüncker, inventó en el año 1.854, la lámpara de descarga en gases, predecesora de los modernos sistemas de alumbrado de alto rendimiento, lámpara de gas y tubos fluorescentes.

Maxwell, hizo una importantísima aportación a la ciencia en 1.866, creando la «TEORIA ELECTROMAGNETICA DE LA LUZ».

En la rama industrial el Ing. Siemens, impulsó entre los años 1.846 y 1.869, la tecnología y la industria eléctrica, inventando aparatos eléctricos de medición y diseñando y construyendo máquinas productoras de electricidad y motores, para alumbrado público y ferrocarriles.

El ing. inglés Smith descubrió en el año 1.873 la característica del selenio de presentar una resistencia eléctrica que depende de la iluminación que recibe. Esta característica ha sido aplicada en la células de selenio, para control de sistemas de iluminación (encendido y apagado de faros marítimos inatendidos) y construcción de fotómetros.

El cristal de cuarzo, tallado adecuadamente, se viene utilizando, para controlar la frecuencia de osciladores, en emisores de radio, relojes de uso general y de señal «CK» en los ordenadores, para la construcción de sensores de presión, micrófonos, altavoces y otros usos, que funcionan basados en el «EFECTO PIEZOELECTRICO», descubierto por los físicos franceses Pierre y Paul Jacques, en el año 1.880.

Las ondas hertzianas o electromagnéticas, base de la radio-difusión y radiocomunicación, fueron descubiertas en el año 1.887, por el físico alemán H. R. Hertz, quien también descubrió, en el mismo año, el «EFECTO FOTOELECTRICO», que hizo posible el cine sonoro de banda óptica y que tiene numerosísimas aplicaciones para sistemas de control, alarma, protección, lectura de fichas, etc.

Los trabajos del inventor electricista belga Gramme, dieron como resultado la construcción en el año 1.867, del primer generador industrial de corriente alterna «ALTERNADOR» y posteriormente, en 1.872, la primera «DINAMO», generadora de corriente continua.

El estadounidense T. A. Edison y el inglés J.W. Swan, inventores de la «BOMBILLA ELECTRICA» mantuvieron una encarnizada lucha entre los años 1.874 y 1.881, para perfeccionar y comercializar la distribución de bombillas a nivel mundial, cuyo resultado más positivo, fue el rápido desarrollo de este sistema de iluminación, con la creación de centrales y redes de distribución, de energía eléctrica, en todo el mundo.

La disponibilidad de la energía eléctrica, mejoró la calidad de vida de la sociedad, ayudó al ser humano ahorrándole esfuerzo y le proporcionó una energía limpia, controlable a su voluntad, que

tuvo una extraordinaria influencia positiva en el desarrollo industrial, multiplicador de los puestos de trabajo.

Los últimos años del siglo XIX, fueron ricos en descubrimientos muy importantes, el fruto de las investigaciones de Lorentz y Thomson, sobre la «TEORIA ELECTRODINAMICA» y las mediciones de las características físicas del «ELECTRON Y PROTON», proporcionaron a la ciencia bases científicas y datos físicos de partículas clave en la «ESTRUCTURA DEL ATOMO».

Wilhelm Konrad descubrió en el año 1.895 los «RAYOS X», que han permitido, la realización de un incalculable número de radiografías de diversas partes del cuerpo humano, como eficaz ayuda en el campo de la medicina o en numerosas aplicaciones industriales para el estudio y análisis de materiales y estructuras.

Max K. Planck al comenzar el siglo XX, revoluciona la física clásica con su «TEORIA CUANTICA», sus publicaciones tuvieron una influencia muy positiva en los científicos de la época.

Einstein terminó con la fantasía del «ETER» mantenida por la física clásica, cuando anunció su «TEORIA DE LA RELATIVIDAD» en el año 1.905, referida al tiempo, velocidad, masa y dimensiones.

Einstein aplicando la «teoría de los cuantos» de Planck, explicó científicamente el efecto fotoeléctrico y la generación de los rayos X.

Las investigaciones de los científicos Rutherford y Bohr sobre la estructura del átomo (1.908, 1.913), permitieron un modelo de estructura atómica, útil para el avance de la ciencia.

Döbereiner intentó en el año 1.817, mediante la formación de triadas de características similares, una clasificación de los elementos simples, Chancourtois en 1.862, propuso otra clasificación que llamó «CARACOL TELURICO» y Newlands en 1.868, se decidió por su «LEY DE OCTAVAS» (colocando los elementos en orden creciente de pesos atómicos, cada siete aparece un octavo de características semejantes al primero). Siguió Meyer en 1.968, con una clasificación por masas atómicas crecientes «SISTEMA CORTO», que modificaron los químicos Werner y Paneth, con su «SISTEMA LARGO».

Finalmente Moseley, modificó el sistema que habían establecido sus antecesores y lo hizo por orden creciente del peso atómico, creando el «SISTEMA PERIODICO DE LOS ELEMENTOS» actualmente aceptado, que facilita el estudio de los 105 elementos químicos conocidos.

El descubrimiento y las mediciones de las características físicas de los «ELECTRONES», que hizo Thomson en 1.897, fue básico y definitivo para el inicio de la «ELECTRONICA».

Comienza la carrera electrónica con la invención del «DIODO» realizada por Fleming en 1.904, siguió la del «TRIODO», conseguida por Forest en 1.906, válvula o tubo electrónico, que fue el verdadero "motor propulsor" del desarrollo de la electrónica.

El triodo se aplicó en: aparatos de control para la industria, radiodifusión, radiocomunicación, electromedicina y en amplificadores de sonido todo público, se distribuyeron millones de triodos por todo el mundo.

En el año 1.928 aparece la válvula «TETRODO» de cuatro electrodos, que inicia, la nueva gama de válvulas multielectrónicas y múltiples, que fueron la base del desarrollo espectacular de la electrónica, fabricándose millones y millones de unidades que se utilizaron masivamente hasta la década de los cuarenta.

En el año 1.948, Bardeen, Brattain y Schockley anuncian el invento del «TRANSISTOR», que significó la desaparición a muy corto plazo, de las válvulas termoiónicas y una nueva era de la electrónica.

Durante más de 20 años, los transistores fueron el componente activo fundamental de los circuitos electrónicos; pero a partir de la década de los setenta, los «CIRCUITOS INTEGRADOS», inventados por el ing. estadounidense J.S. Clair Kilby, relegaron los transistores a circuitos sencillos con un número muy reducido de componentes activos.

Los avances de las múltiples tecnologías que se aplican en la fabricación de los circuitos integrados, son tan imprevisibles que harán posible la fabricación de tipos, capaces de realizar funciones inimaginables y sorprendentes, tanto en los tipos analógicos como digitales y en éstos, principalmente en el campo de la informática.

Queda reconocido, el férreo espíritu lleno de: calidad humana, sacrificio, generosidad, lucha, constancia, entrega y una destacada formación científica, de los investigadores, capaces de superar situaciones muy difíciles y decisivas, en beneficio del progreso de la ciencia y de las tecnologías, que siempre reporta un bien a la sociedad en general.

El trabajo planificado adecuadamente, fruto del estudio y de la propia y ajena experiencia, realizado en forma personal o en equipo, con: entrega, constancia y esfuerzo, incluso con escasez de medios, siempre proporciona resultados satisfactorios y además forma el espíritu y agudiza el ingenio, para nuevas empresas.

## CONCLUSIONES

## C O N C L U S I O N E S

- 1 LA PRIMERA CENTRAL PRODUCTORA DE ENERGIA ELECTRICA, INSTALADA EN NEW YORK PARA ALUMBRADO EN 1.881 Y LA DE BERLIN EN 1.882, DESENCADENARON, SUCESIVAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO ELECTRICO, EN TODAS LAS CIUDADES DEL MUNDO.
  
- 2 LA APLICACION DE LA ENERGIA ELECTRICA, RAPIDAMENTE SE EXTENDIO A LOS FERROCARRILES Y COMO FUERZA MOTRIZ EN LA INDUSTRIA.
  
- 3 LA ENERGIA ELECTRICA PRODUJO UN IMPORTANTE IMPACTO INDUSTRIAL, FACILITO LA MECANIZACION DE LA INDUSTRIA, AUMENTO LA PRODUCCION Y CREO NUEVOS PUESTOS DE TRABAJO, POTENCIANDOLA EN GENERAL.
  
- 4 LA ELECTRONICA NACIDA DE LA ELECTRICIDAD, REFORZO A NIVEL MUNDIAL «LA COMUNICACION», AUTOMATIZO LA INDUSTRIA Y SERVICIOS DE TODO TIPO A MULTITUDES, PRODUCIENDO UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA, CON ENORME IMPACTO SOCIAL Y EL IMPORTANTISIMO HECHO DE LA CREACION DE NUEVOS PUESTOS DE TRABAJO.
  
- 5 LA «INFORMATICA», DERIVADA DE LA ELECTRONICA DIGITAL, SE HA DESTACADO EN LA ULTIMA DECADA, CON UNA FUERZA INCONTENIBLE, DOMINADA POR FUERTES EMPRESAS, CON FACTORIAS DISTRIBUIDAS EN TODO EL MUNDO, QUE HAN CREADO MUCHOS PUESTOS DE TRABAJO PARA DISEÑO, FABRICACION, COMERCIALIZACION, VENTA, SERVICIO, MANTENIMIENTO Y EXPLOTACION.

## BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

---

OBRAS CITADAS EN LA MEMORIA

---

- A.B.C. : Ciencia y Futuro  
Madrid, 08.04.1986
- CALVET, Enrique : Iniciación a la química-física  
Barcelona, Editorial Apolo, 1942
- DIDIER, A. : Reproducción del sonido y de la imagen  
Tomo I, Acústica-electroacústica  
Barcelona, E.T.A., S.A., 1966
- El parque de ordenadores en España .1990  
Madrid, Centro de Publicaciones, M.I.C. y T. , 1990
- ERICH Witte : Acumuladores de plomo  
Barcelona, Gustavo Gili, S.A., 1970
- FAUS, Angel : La Radio: Introducción al estudio de un medio desconocido  
Madrid, Guadiana de Publicaciones, S.A., 1973
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : La unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): pasado, presente y futuro  
Separata del artículo publicado en el número 125 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1973)
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : La conferencia de plenipotenciarios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de Málaga-Torremolinos (1973)  
Separata del artículo publicado en el número 131 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1974)
- GUTIERREZ ESPADA, Luis : Historia de los medios audiovisuales.1 (1838-1926)  
Madrid, Ediciones Pirámide, S.A. , 1979
- HIDROELECTRICA : Informe anual hidroeléctrica española S.A. 1990  
Madrid, Gisa, 1990
- Informe sobre la industria de la C.E.E.  
Madrid, Centro de Publicaciones, M.I.C y T., 1989
- INIGO DE ORIOL E IBARRA : Trabajar el sector eléctrico  
Madrid, Distribérica, S.A., 1988
- LENK, John D. : Manual de pruebas y mediciones eléctricas  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1973
- LILEN, Henri : Del microprocesador al microordenador  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1978
- MANDL, Matthew : Principios de las comunicaciones electrónicas  
Barcelona, Marcombo, 1976

- MINIWATT : Información Rimlock serie E  
Madrid, Editado por el Departamento de Electrónica de Philips Ibérica, S.A.E., 1948
- MINIWATT : Semiconductors and integrated circuits, Part 2  
Netherlands, C.V. Philips Gloeilampenfabriekèn , 1973
- MINANA, J.P. : Compendio práctico de acústica aplicada  
Madrid, Editorial Labor, S.A., 1969
- Panorama de la industria comunitaria, 1990  
Bruselas, Luxemburgo, CECA-CEE-CEEA, 1990
- PEIN III - Plan Electrónico e Informático Nacional  
Madrid, Centro de Publicaciones M.I.C. y T., 1992
- PHILIPS : Manual de válvulas de recepción  
Netherlands, C.V. Philips Gloeilampenfabriekèn , 1970
- READER'DIGEST : Gran diccionario enciclopédico ilustrado  
(en ocho tomos)  
Barcelona, PRINTER, Industrias Gráficas, S.A., 1973
- Redacción : Crónica de la técnica  
Barcelona, Plaza & Janes Editores S.A., 1989
- R.C.A. : Manual de válvulas de recepción  
Buenos Aires, Arbó Editores, 1945
- R.C.A. : Manual de válvulas de recepción  
Buenos Aires, Arbó Editores, 1950
- R.C.A. : Manual de válvulas de transmisión  
Buenos Aires, Arbó Editores, 1958
- RTVE : 50 años de la radio en España, 1923-1973  
Madrid, Televisión Española Radio Nacional de España, 1974
- RTVE : Nuestro libro blanco  
Madrid, Televisión Española Radio Nacional de España, 1976
- SAMPSON, Anthony : El estado soberano de la I.T.T.  
Barcelona, Dopesa, 1973
- SANTOS - VIDAL, F.F.-F. : La industria eléctrica en España  
Barcelona, Ediciones Montaner y Simón S.A., 1933
- SCHREIBER, H. : Técnica y aplicaciones de los transistores  
Barcelona, Marcomo, S.A., 1964
- S.T.C. : Standard Valves  
Londres, Standard Telephones and Cables Limited, 1950
- SUTANER, Hans : Circuitos Impresos (fabricación)  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1974
- UNESA : Cien años de luz  
Madrid, EPES Industrias Gráficas, S.L., 1990

UNESA : Memória estadística eléctrica, 1990  
 Madrid, Gráficas MAR-CAR, S.A., 1991

UNESA : La industria eléctrica en 1991  
 Madrid, Avance estadístico, 1991

UNESA : Centrales nucleares en el mundo  
 Madrid, EPES Industrias Gráficas, S.L., 1985

#### OBRAS COMPLEMENTARIAS

---

##### Acústica

---

ARIZMENDI, Luis Jesús : Tratado fundamental de acústica  
 en la edificación  
 Pamplona, Eunsa, 1980

BERANEX, Leo : Acoustic  
 New York, Mac Graw Hill, 1954

BERANEX, Leo : Noise reduction Acoustic  
 New York, Mac Graw Hill, 1960

BERANEX, Leo : Music, acoustics and architecture  
 New York, Mac Graw Hill, 1962

BURK, Werner : Manual de medidas acústicas para el control de  
 ruido  
 Barcelona, Blume, 1969

CAROLYN, Don E. : Ingeniería de sistemas acústicos  
 Barcelona, Marcombo, 1983

COULSON, C.A. : Ondas  
 Madrid, Dossat, 1941

DIDIER, A. : Reproducción del sonido y de la imagen  
 Tomo I, Acústica-electroacústica  
 Barcelona, E.T.A., S.A., 1966

ESCUADERO, Francisco J. : Electroacústica aplicada  
 Madrid, Editorial Dossat, 1954

HASSALL-ZAVERI, J.R.-K.: Application of B&K equipment to acoustic  
 noise measurements  
 Denmark, K. Larsen & Son, 1978

KINSLER, L.E. - FREY, A.R. : Fundamentals of acoustics  
 New York, J. Wiley and Son Inc. , 1966

LOPEZ, Victoriano : Acústica  
 Madrid, Index, 1970

RECUERDO, Manuel : Acústica física  
Madrid, Dpto. Publicaciones E.T.S.I. de Telecomunic. , 1975

SETO, William : Accoustics  
New York, Mac Graw Hill, 1970

SMITH, B.J. : Accoustics  
New York, Longmam , 1971

### Electricidad

BARONA, José, : La electricidad en 20 lecciones  
Madrid, Marcombo, S.A. , 1977

HOLZT, Alfred : La Escuela del técnico electricista, enciclopedia  
de electricidad aplicada (14 tomos)  
Barcelona, Editorial Labor, 1966

MARIN ALONSO, F. : Electrocínética estudio teórico-práctico  
Madrid, Editorial Alhambra, S.A., 1971

MARIN ALONSO, F. : Campo eléctrico y magnético  
Madrid, Editorial Alhambra, S.A., 1973

MEINKE, Hans H. : Análisis de circuitos de corriente alterna por  
magnitudes complejas  
Barcelona, Editorial Labor, S.A. . 1974

MORILLLO -FARFAN  
Barcelona, Editorial Dossat, S.A., 1960

RUIZ DE LIRA, Carlos : Elementos y circuitos electricos  
Madrid, Editorial Alhambra, S.A., 1983

Sears : Electricidad y magnetismo  
Madrid, Aguilar S.A. de Ediciones, 1978

SEIPPEL, R.G. : Fundamentos de electricidad -Principios de eléc-  
tricidad, electrónica, control y ordenadores-  
Barcelona, Reverté, S.A. , 1977

### Electrónica

AGUDO, J.M. : Electrónica digital moderna, teoría y práctica  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1984

ALDANA - ESPARZA - MARTINEZ, F - R - P.M. : Electrónica indus-  
trial: Técnica digitales.  
Barcelona, Marcombo, S.A., 1980

ALVAREZ SANTOS, Ramiro : Materiales electrónicos  
Madrid, Litoprint, 1979

- BENESOUSSAN, D. : Reproducción del sonido  
Madrid, Instituto Oficial de Radio y Televisión, 1984
- BENESOUSSAN, D. : Emisores y receptores  
Madrid, Instituto Oficial de Radio y Televisión, 1984
- BENESOUSSAN, D. : La modulación  
Madrid, Instituto Oficial de Radio y Televisión, 1984
- BERNSTEIN, H. : Circuitos integrados CMOS  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1978
- BETHENCOURT, Tomás : Teoría y técnica de la televisión en color  
Madrid, Ed. Inst. Ofic. de Radiodifusión y Televisión, 1978
- BLANES, Manuel : 19 Lecciones de electrónica digital  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1979
- BÖHM, Markus : Transistores MOS, Teoría y práctica  
Barcelona, Ediciones CEAC, 1982
- CONNOR F.R. : Ruido - Temas de telecomunicación  
Barcelona, Editorial Labor, S.A. , 1976
- COUGHLIN, Robert F. : Manual de laboratorio para circuitos integrados de computo  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1975
- DOKTER - STEINHAEUER, F.-J. : Electrónica digital  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1977
- DOVER : Basic Theory and Application of Transistors  
New York, U.S. Dept. of the Army, Dover Publications, Inc. 1963
- ECMMONS, Frederick : Manual del radio ingeniero  
Buenos Aires, H.A.S.A. , 1947
- ECMMONS, Frederick : Mediciones de ingeniería de radio  
Buenos Aires, H.A.S.A. , 1947
- FOWLER - LIPPERT, K. - H. : Televisión  
Buenos Aires, Arbó Editores, S.R.L., 1960
- GARCIA - GUTIERREZ, W.-J.L. : El empleo de los amplificadores operacionales  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1975
- GRAY, Truman S. : Electrónica aplicada  
Barcelona, Editorial Reverté, S.A. , 1956
- GAUDRY, M. : Rectificadores, tiristores y triacs  
Madrid, Paraninfo, S.A., 1976
- GUALDA - MARTINEZ - MARTINEZ, J.A. - S, P.M. : Electrónica industrial: Técnica de potencia  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1982
- GUILLEMIN, Ernest. : Introducción a la teoría de circuitos  
Barcelona, Reverté, S.A. , 1964

KORTHALS-SCHNZ, J.Ph - G.W. : Circuitos transistorizados lógicos  
Madrid. Paraninfo, S.A. , 1974

LENK. John D. : Manual de pruebas y mediciones eléctricas  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1973

LILEN, Henri : Circuitos integrados lineales  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1975

LILEN, Henri : Tiristores y triacs  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1979

LOWENBERG, Edwin C. : Circuitos electrónicos  
México, LIBROS MCGRAW-HILL DE MEXICO. S.A. DE C.V.. 1971

MANDADO, Enrique : Problemas de electrónica digital  
Barcelona, Marcombo. S.A., 1977

MANDADO - TASSIS, E.- E. : Diseño de sistemas digitales con  
microprocesadores  
Barcelona, Marcombo. S.A. . 1980

MANDADO, Enrique : Manual de prácticas de electrónica digital  
Barcelona, Marcombo, S.A., 1988

MANDL, Mattew. : Circuitos electrónicos de conmutación  
Barcelona, Marcombo. S.A. , 1974

MARTINEZ DE LA TORRE. Angel Luis : Curso de electrónica digital  
Barcelona, Ediciones Aura, 1988

MILLMAN - SEELY, J. - S. : Electrónica  
Barcelona. Editorial Labor, S.A. , 1960

MILMAN - HALKIAS. Jacob - Christos C. : Electrónica integrada  
Barcelona. Editorial Hispano Europea, 1976

MILMAN - HALKIAS. Jacob - Christos C.: Electrónica fundamentos y  
aplicaciones  
Barcelona. Editorial Hispano Europea, 1979

MILSANT, Francis : Curso de electrónica I - II  
Barcelona, Editores técnicos asociados , S.A., 1974

NEWITT, John : High fidelity techniques  
New York, Rinehart Books, Inc. , 1953

PADILLA, Isidoro : Ejercicios de electrónica digital  
Madrid. Servicio Publicaciones E.T.S.I. de Telecomun.. 1988

RICHTER, Heinz : Técnica magnetofónica  
Madrid. Paraninfo, 1972

SANCHEZ CORDOVES, Joaquín : Radiotécnica general  
Barcelona, Labor, S.A. , 1958

- SCHILLING BELOVE, D.C. : Circuitos electrónicos discretos e integrados  
Barcelona, Marcombo, 1978
- SCREBER, H : Amplificación y conmutación  
Barcelona, Marcombo, 1976
- SEARLE-BOOTHROYD-ANGELO-PEDERSON, C.L.-A.R.-E.J.-P.E.: Propiedades de circuitos de transistores  
Barcelona, Reverté, S.A. , 1972
- SGS : Databook audio, radio and tv circuits  
Italia, SGS-ATES group of companies , 1983
- SGS : Databook small signal transistors 5th edition  
Italia, SGS-ATES group of companies , 1982
- TOKHEIM, Roger L. Principios digitales  
México, LIBROS MCGRAW-HILL DE MEXICO, S.A. DE C.V.. 1982
- TORRES PORTERO, M. : Circuitos integrados lineales  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1984
- TRACTON, Ken : Lógica y teoría de los amplificadores operacionales y lineales.  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1977
- WALSTON, A. Joseph : Transistores circuitos-diseño  
México 22, D.F. , Compañía Editorial Continental, S.A., 1965
- WHITE, Gordon : Video grabación, sistemas de grabación y reproducción  
Barcelona, Marcombo, S.A. . 1973
- WOLF, Gerhard : Electrónica digital  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1974
- WOOLLARD, B. G. : Circuitos integrados digitales y computadores  
Madrid, Paraninfo, S.A., 1985

#### Información y comunicación

---

- AGUILERA, Miguel : Radios libres y radios piratas  
Madrid, Ediciones Forja, S.A. , 1985
- BASSETS, Luis : De las ondas rojas a las radios libres  
Barcelona, Gustavo Gili, S.A. , 1981
- BENITO, Angel : Fundamentos de teoría general de la información  
Madrid, La Guardiana de Publicaciones S.A. , 1973
- CEBRIAN, Mariano : La información audiovisual  
Madrid, Ediciones Forja, S.A. , 1983

- CHINCHILLA MARIN, Carmen : Legislación básica de radio y televisión  
Madrid, Editorial Tecnos, S.A. , 1988
- CHRISTIANSON, Gale E. : Newton (1)  
Barcelona, Salvat Editores, S.A. . 1986
- DIAZ MANCISIDOR, Alberto : La empresa de radio en USA  
Pamplona, Ediciones Universidad de Navarra. S.A., 1984
- FAUS, Angel : Investigaciones sobre los elementos del mensaje radiofónico  
Pamplona, Facultad de Ciencias de la Información , 1972
- FERNANDEZ DEL MORAL, Javier : Modelos de comunicación científica para la información periodística  
Barcelona, Ed. Dossat, S.A. . 1983
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : Las comunicaciones internacionales en un mundo de satélites  
Separata del artículo publicado en el número 113 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1971)
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : Relaciones entre Europa e Iberoamérica a través de la televisión  
Separata del artículo publicado en el número 116 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1971)
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : Intelsat : Los acuerdos de Washington de 1964 y del 1971  
ERI-Edizioni RAI Radiotelevisione Italiana , 1972
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : La unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): pasado, presente y futuro  
Separata del artículo publicado en el número 125 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1973)
- FERNANDEZ-SHAUW, Felix : Consideraciones sobre la radiodifusión y las relaciones iberoamericanas  
Separata del artículo publicado en el número 126 de la Revista de Política Internacional, enero-febrero 1973)
- GUTIERREZ ESPADA, Luis : Historia de los medios audiovisuales.3  
Radio y Televisión  
Madrid, Pirámide , S.A. . 1982
- GUTIERREZ ESPADA, Luis : Historia de los medios audiovisuales.2  
Cine y fotografía (Desde 1926)  
Madrid, Ediciones Pirámide, S.A. , 1980
- HERNANDEZ, José María : Teoría de la comunicación. Volúmen I  
Madrid, Dpto. de Publicaciones E.T.S.I. de Telecomun. , 1979
- HERNANDEZ, José María : Teoría de la comunicación. Volúmen II  
Madrid, Dpto. de Publicaciones E.T.S.I. de telecomun. , 1980
- HOFFMANN, Banesh : Einstein  
Barcelona, Salvat Editores, S.A. , 1984

MARTIN, J.A. : Fundamentos de tecnología de la información  
Madrid, Ediciones Pirámide, S.A. , 1978

MARTIN SERRANO, Manuel : Teoría de la comunicación  
Madrid, Universidad Internacional Menéndez Pelayo. , 1982

ORIVE RIVA, Pedro : Especialización en el periodismo  
Barcelona, Ed. Dossat, S.A. , 1974

ORIVE, Pedro : Estructura de la información periodística.1  
Concepto y Metodología  
Madrid, Ediciones Pirámide, S.A. , 1977

ORIVE RIVA, Pedro : Estructura de la información.2 Comunicación  
y sociedad democrática  
Madrid, Ediciones Pirámide, S.A. , 1978

ORIVE RIVA, Pedro : Diagnóstico sobre la información  
Madrid, Tecnos S.A. , 1980

ORIVE RIVA, Pedro : La Comunicación humano-social en la era del  
microordenador  
Escuela Social de la Universidad de Oviedo, Seminario de Torrelavega,  
Escuela Estudios Sociales Hermilio Alcalde del Río , 1983

ORIVE RIVA, Pedro : Comunicología regional  
Madrid, Editorial Fragua, 1984

ORIVE RIVA, Pedro : Impacto de las nuevas tecnologías en los me-  
dios de comunicación  
Madrid, Fundación Citema, 1987

ORIVE RIVA, Pedro : Espacios científicos y audiovisuales europeos  
Madrid, Fundación Citema, 1989

SILLER, WHITE, TERKEL : Television and Radio News  
New York, Mac Millan, 1960

SINGH, Jagjit : Teoría de la información, del lenguaje y de la  
cibernética  
Madrid, Alianza Editorial, S.A. , 1982

UNESA : El mundo de la electricidad  
Madrid, Gráficas MAR-CAR, S.A., 1990

UNESA : El sector eléctrico y la investigación  
Madrid, Gráficas MAR-CAR, S.A., 1990

UNESA : La electricidad en España 151 preguntas y respuestas  
Madrid, EPES Industrias Gráficas, S.L., 1991

UNESA : Las minicentrales hidroeléctricas en España  
Madrid, Gráficas MAR-CAR, S.A., 1988

UNESA : El desarrollo hidroeléctrico en España  
Madrid, Gráficas MAR-CAR, S.A., 1989

VEATCH, Henry C. : Fundamentos y aplicaciones de los circuitos de transistores  
Barcelona, Marcombo, S.A., 1971

WAIT-HUELSMAN-KORN, J.V.-L.P.-G.A. : Introducción al amplificador operacional. Teoría y aplicaciones  
Madrid, Gustavo Gili, S.A. , 1983

WRIGHT, D.A. : Semiconductores  
Madrid, Gráficas Reunidas, S.A., 1955

### Informática, tecnología de ordenadores

ARRANZ, Luis Ignacio : Informática básica  
Madrid, V- Tex . 1987

AZORIN TOBIAS, Luis : Microprocesadores  
Madrid, Universidad Pontificia de Salamanca. 1987

BARDEN, William, Jr. : Matemáticas para programadores  
Madrid, Anaya Multimedia, 1986

BARRIO AZNAR, José : Técnicas digitales, bases y aplicaciones  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1972

BELLIDO, Antonio : Introducción a los sistemas operativos  
Madrid, Faxter, 1987

CHEIFETZ - AVENOSO, P.M.- F.J. : Lógica y teoría de conjuntos  
Madrid, Editorial Alhambra, 1974

COBOUR, E.J. : Curso completo de microinformática  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A. , 1987

DAMAYE, R : Circuitos lógicos  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1968

DWORATSCHEK, S. : Algebra de conmutación y circuitos digitales básicos  
Madrid, Alhambra, S.A. , 1974

DOMINICY - ALEXANDRE, E.- G : Curso de circuitos lógicos  
Barcelona, Montesó, 1978

GALAN - CORDERO, Carlos - Felix : Teleinformática  
Madrid, Paraninfo, S.A. , 1986

LOPEZ RUBIO, Gustavo : Microinformatica I  
Madrid, Graficentro, 1986

LOPEZ RUBIO, Gustavo : Microinformatica II  
Madrid, Hurman, 1989

LOPEZ RUBIO, Gustavo : Características Hardware  
Madrid, Graficentro, 1986

O'NEAL, Leeland R. : Sistemas electrónicos de proceso de datos  
Madrid. Paraninfo, S.A. , 1973

PARR, E.A. : Circuitos básicos de ordenador  
Barcelona, Edic. CEAC, S.A., 1981

PULIDO - MARISCAL, Fernando - Francisco : Teleinformática  
Madrid, Coimpress, S.A. , 1987

RITTERMAN , Saul : Circuitos de computadora  
México, McGRAW-HILL, 1987

LIPSCHUTZ, Seymour : Matemáticas para computación  
México 22, D.F. , Compañía Editorial Continental, S.A., 1983

WEHRIG, Helmut : Como funcionan los ordenadores  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1974

#### Varios

-----

ARNAUD, Jean François : Diccionario de la electrónica  
Barcelona, Plaza & Janes, S.A., 1973

CARROL, John M. : Fundamentos y aplicaciones del LASER  
Barcelona, Marcombo, S.A. , 1974

Diccionario enciclopédico abreviado  
Madrid, Espasa Calpe, S.A. , 1957

Diccionario enciclopédico ilustrado Sopena ( 5 tomos )  
Barcelona, Ramón Sopena, S.A. , 1980

JERRARD-McNEIL, H.G.-D.B.:Diccionario de unidades científicas  
Barcelona, Ediciones Bellaterra, S.A. , 1972

OSTAPCHENKO, E. : Iniciación al LASER  
Barcelona, Marcomo, S.A., 1975

The encyclopedia americana international edition  
Complete in thirty volumes - First published in 1829  
USA, Grolier Incorporated. 1991

The New Encyclopedia Britannica  
USA, The University of Chicago. 1991

Fe de erratas

---

- Pag. 5 - Línea 17, dice: pre- y debe decir: presen-
- " 79 - Línea 1. sobra (repetida)
- " 138 - Ultimas seis líneas. 22 a 27, sobran (repetidas)
- " 173 - Línea 36. dice: importa-, debe decir: importación
- " 183 - Línea 13, dice: claboración, debe decir: colaboración
- " 184 - Línea 32, dice: coodena-, debe decir: coordena-
- " 204 - Es la página 205
- " 205 - Es la página 204
- " 225 Línea 1 dice: argumtos, debe decir: argumentos