

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

REVISTA

DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS



NUEVA SERIE

VOLUMEN XIII

NUMERO 2

OVIEDO

1 9 7 2



Depósito legal: O. 45 - 1958

IMPRESA Y LIBRERIA "GRAFICAS SUMMA"
Avenida del Mar, 7 y Dr. Casal, 2 - OVIEDO

SUMARIO

	<u>Páginas</u>
<i>Luis González Tejuca y Siro Arribas Jimeno</i> : Estudio comparativo de la reactividad de dos muestras de sílice frente a carbonato sódico, empleando una técnica termogravimétrica	3
<i>Antonio y Demetrio Espurz</i> : Tiempo de relajación en los dieléctricos polares	13
<i>J. E. Egocheaga Rodríguez</i> : Análisis de los dermatoglifos en asturianos y su relación con los de otras poblaciones	33
<i>J. A. Agapito Serrano y F. González Gómez</i> : Modulador de anchura de impulsos	75
Relación de revistas y de instrumental (de uso general) existente en la Facultad, actualizado al 1-II-73	101

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REACTIVIDAD DE DOS MUESTRAS DE SILICE FRENTE A CARBONATO SODICO, EMPLEANDO UNA TECNICA TERMOGRAVIMETRICA

POR

LUIS GONZALEZ TEJUCA(*) Y SIRO ARRIBAS JIMENO
Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias (Universidad de Oviedo)

RESUMEN

Se ha realizado un estudio termogravimétrico de la reactividad de dos muestras de sílice frente a carbonato sódico. A partir de las curvas termogravimétricas se calcularon las velocidades de reacción y su variación con la temperatura. Los ensayos a 700 y 750°C son representativos de la reacción en estado sólido. En los experimentos a 850°C se llega a la formación de un vidrio.

Se observa una gran superioridad en la reactividad de una de las muestras y una clara concordancia entre los resultados obtenidos y los parámetros físicos de los dos tipos de sílice.

SUMMARY

A thermogravimetric study of the reactivity of two silica samples against soda has been made. From the thermogravimetric curves the reaction rates and their change with the temperature were calculated. The tests at 700 and 750°C are representative of the solid-state reaction. At 850°C a glass is formed.

One of the samples is much more reactive than the other which is in very good agreement with their physical parameters.

En el estudio de materias primas para la fabricación del vidrio, se hizo necesario conocer las características físicas y químicas de dos muestras de sílice, de interés industrial, esencialmente diferentes (*). Además de los parámetros normales de caracterización, se determinaron las velocidades de reacción de ambas muestras frente a carbonato sódico, en el intervalo de temperaturas 700-850°C.

(*) Dirección actual: Departamento de Catálisis del C.S.I.C. Serrano, 119. Madrid-6.

(*) Las muestras B y R de sílice, procedentes de Bélgica y Ribadesella (Asturias), respectivamente, fueron suministradas por Cristalería Española. S. A., de Avilés.

1. TECNICA UTILIZADA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la realización de este estudio se utilizó una termobalanza Adamel TH59, modelo Z, provista de un sistema de producción y medida de alto vacío, que permite el trabajo a presiones comprendidas entre la atmosférica y 10^{-6} torr. El sistema de calefacción alcanza temperaturas de 1.000°C . El circuito de alimentación del horno va provisto de un programador de temperaturas con dos velocidades de calentamiento diferentes: 300 y $150^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Un aparato registrador de dos canales facilita el registro continuo de masa y temperatura (o tiempo).

NEWKIRK (1) y COATS y REDFERN (2) estudian diferentes aspectos —empleo, alcance y limitaciones— del análisis termogravimétrico. DUVAL (3), hace un estudio más amplio de esta técnica analítica.

Se estudiaron dos muestras de sílice, diferentes, que denominamos B y R; presentan los siguientes análisis y características físicas:

TABLA I

	Muestra B	Muestra R
SiO ₂ %	99,50	98,77
Al ₂ O ₃ %	0,23	0,70
Fe ₂ O ₃ %	0,02	0,02
TiO ₂ %	0,02	—
CaO %	0,04	0,10
MgO %	0,05	0,10
Na ₂ O %	0,15	—
K ₂ O %	0,03	—
Pérdida al fuego %	0,10	0,20
Superficie específica (cm ² /g)	121,6	155,8
Coefficiente de angularidad	1,16	1,34
Factor de forma	6,90	8,00

El carbonato sódico comercial utilizado, presentó 99,3 % de pureza con un 0,7 % de cloruro sódico.

La densidad aparente de la mezcla reactante influye, de manera importante, en la reacción ya que de ella depende el contacto íntimo entre granos. Un estudio granulométrico realizado (4) muestra que la relación óptima de diámetro entre granos para lograr una densidad aparente máxima es de 1:6, aproximadamente la misma que la calculada teóricamente considerando los granos esféricos. Tenien-

do en cuenta estos resultados se seleccionaron, para hacer los experimentos termogravimétricos, dos tamaños de grano, para los dos reactantes, de diámetros comprendidos entre 0,1-0,12 mm y 0,6-0,75 mm.

Los diferentes granos, tamizados, secados a 140°C y pesados, se mezclan íntimamente en las proporciones dadas en la Tabla II.

TABLA II

Componente	Tanto por ciento en la mezcla reactante	Diámetro de granos en milímetros
Sílice	25	0,6 < d < 0,75
Sílice	25	0,1 < d < 0,12
Carbonato sódico	25	0,6 < d < 0,75
Carbonato sódico	25	0,1 < d < 0,12

Una vez homogeneizada la mezcla, se elimina la humedad por nuevo calentamiento a la misma temperatura; se coloca una cantidad constante de mezcla en un crisol de platino que se coloca en el brazo de pesada de la termobalanza. Cerrado el recinto de pesada, se hace vacío de difusora 10^{-6} torr— durante una hora; después de este tiempo, se cierra la llave de comunicación del recinto de pesada con el sistema de producción de vacío, se admite aire seco a la presión atmosférica y se comienza el calentamiento del horno a la velocidad que previamente se haya programado. Cada experimento consta de una etapa de calentamiento a velocidad constante, de 300 ó 150°C/h y de un período de calentamiento isotérmico, de duración variable. Finalizado el ensayo, se lava el crisol con ácido fluorhídrico y agua destilada y se introduce en él la misma cantidad pesada, de mezcla reactante, para realizar la próxima termogravimetría.

II. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El primer paso de trabajo consistió en hallar las curvas termogravimétricas de los reactantes puros. Las muestras B y R de sílice no experimentan pérdida de peso por calentamiento en aire a 1.000°C. El carbonato sódico mostró constancia de peso a 800°C en aire; su estabilidad térmica está probada para temperaturas de 840°C y superiores (5, 6).

A continuación, se hicieron pruebas termogravimétricas con los dos tipos de mezcla reactante, a dos diferentes velocidades de calentamiento. Los períodos

isotérmicos han tenido lugar a 700, 750, 800 y 850°C. En la Tabla III se ordenan los experimentos realizados en cuatro grupos y se dan las condiciones de trabajo empleadas en cada uno de ellos.

A 850 °C, el gran desprendimiento gaseoso produce una disminución de peso que se sitúa fuera de los límites de pesada de la termobalanza e impide el trabajo en el período isotérmico.

TABLA III

Grupo	Clase de sílice en la mezcla reactante	Velocidad de calentamiento, °C/h	Temperatura del período isotérmico °C	Duración del período isotérmico h
I	B	300 y 150	700	3
	R	300 y 150	700	3
II	B	300 y 150	750	3
	R	300 y 150	750	3
III	B	300 y 150	800	2
	R	300 y 150	800	2
IV	B	300 y 150	850	0
	R	300 y 150	850	0

Sobre los resultados obtenidos en los análisis termogravimétricos realizados nos ilustran las gráficas representados en las figuras, 1, 2, 3, 4 y 5; en ordenadas se dan miligramos de dióxido de carbono desprendidos por hora (figuras 1 a 4) y temperatura del período isotérmico (fig. 5); en abscisas se dan temperaturas, o intervalos de temperatura, utilizados para el cálculo de velocidades de reacción (figs. 1 a 4) y tanto por ciento de carbonato sódico que reaccionó desde el comienzo del experimento hasta que se alcanza la temperatura del período isotérmico (fig. 5). Aunque, como se indica en la Tabla III, se hicieron experimentos a dos diferentes velocidades de calentamiento, solamente se representan los resultados obtenidos a 300°C/h por ser todos ellos cualitativamente concordantes.

Paralelamente a los experimentos en aire, a 800 y 850°C se hicieron experimentos en vacío (7). En estas últimas condiciones no se dan resultados debido a que el gran desprendimiento de dióxido de carbono produce fuertes descompensaciones en el platillo de pesada y dificulta, en gran manera, la realización de las medidas. Sin embargo, se ha observado que las velocidades de reacción en vacío son muy superiores a las correspondientes en aire.

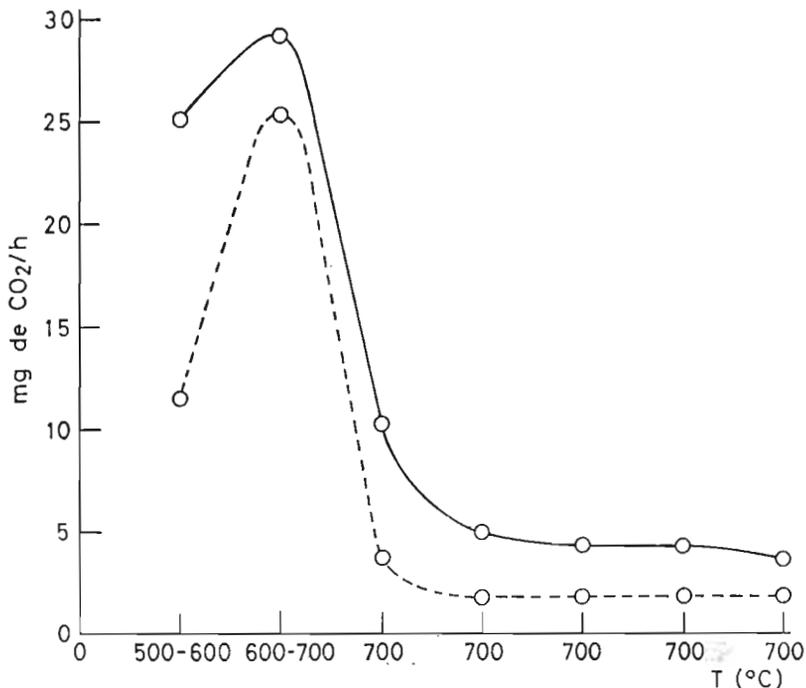


FIGURA 1. - - - $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento, $300^\circ\text{C}/\text{h}$; temperatura del periodo isotérmico, 700°C .

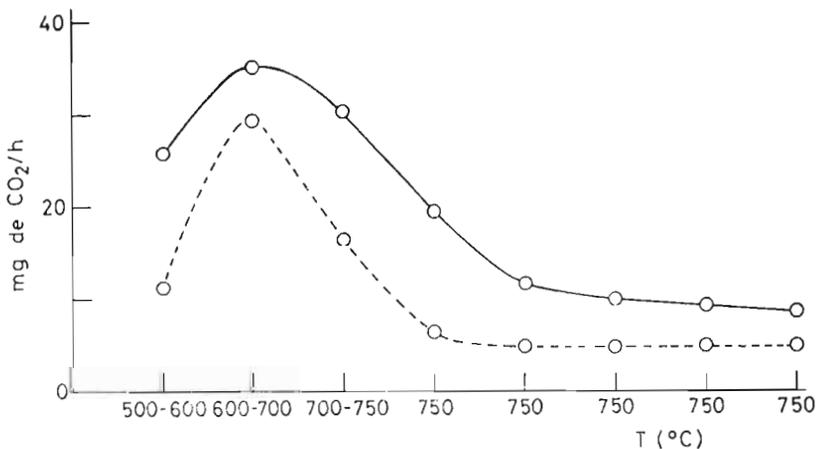


FIGURA 2. - - - $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento, $300^\circ\text{C}/\text{h}$; temperatura del periodo isotérmico, 750°C .

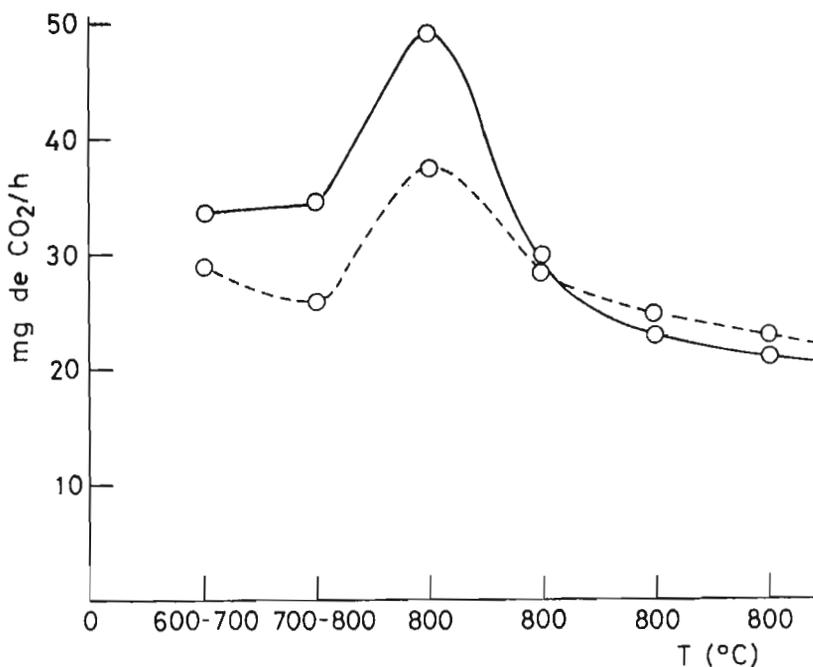


FIGURA 3. - - - $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento, 300°C/h ; temperatura del período isotérmico, 800°C .

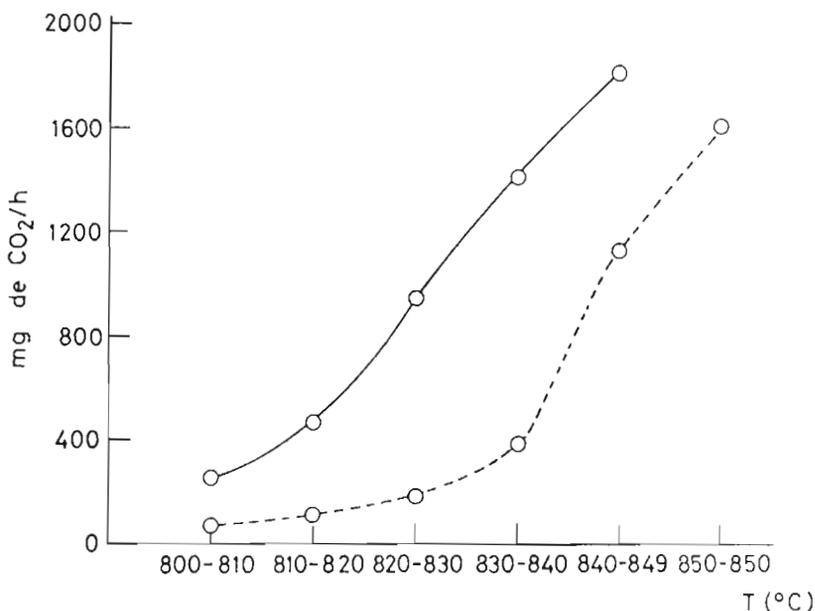


FIGURA 4. - - - $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento, 300°C/h ; temperatura del período isotérmico, 850°C .

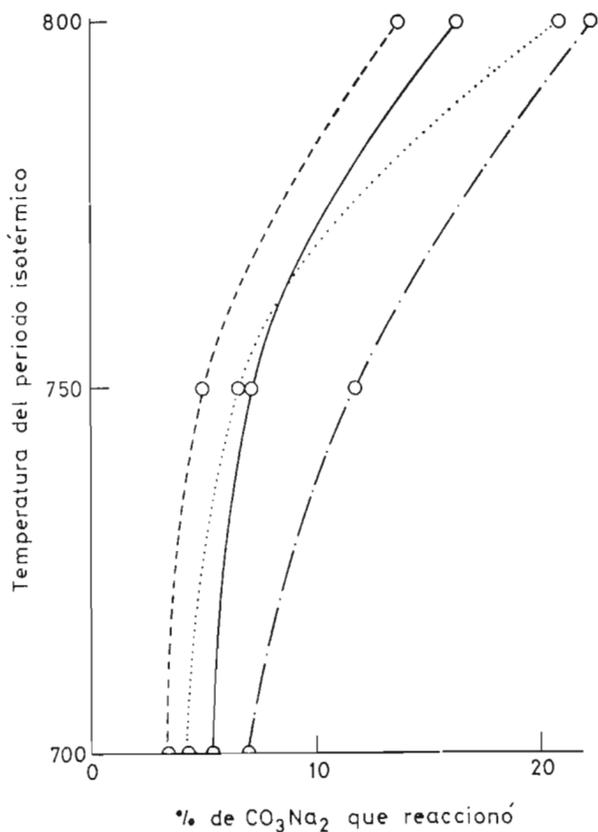


FIGURA 5. --- $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); velocidad de calentamiento $150^\circ\text{C}/\text{h}$. - - - $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (B); velocidad de calentamiento, $300^\circ\text{C}/\text{h}$. — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento $150^\circ\text{C}/\text{h}$. — — $\text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{SiO}_2$ (R); velocidad de calentamiento, $300^\circ\text{C}/\text{h}$.

III. DISCUSION

En los experimentos de período isotérmico a 700 , 750 y 800°C (fig. 1 a 3) la velocidad de reacción aumenta con la temperatura, pasa por un máximo y disminuye después a medida que la reacción progresa.

Las curvas masa-temperatura, no representadas, acusan un punto de inflexión a 790°C que apunta hacia la formación de un compuesto condensado (disilicato), y un notable aumento de la velocidad de reacción a 800°C que se acentúa en el intervalo 800 - 850°C hasta alcanzar valores 100 veces superiores a los obtenidos a temperaturas inferiores. Este aumento puede apreciarse en la figura 4,

correspondiente a los experimentos de período isotérmico de 850°C; en este caso no se observa la presencia de un máximo y la velocidad de reacción crece de forma continua.

La reacción al estado sólido entre el carbonato sódico y el dióxido de silicio ha sido estudiada por RYOHEI, IWAO y RYOZO (8), combinando la termogravimetría, la difracción de rayos X y el uso de trazadores radiactivos. El producto primario que encuentran, a presión atmosférica, es metasilicato que desaparece después. En vacío, sin embargo, este compuesto apenas puede ser detectado. El comportamiento de la reacción, similar al del sistema sílice-carbonato de litio, viene gobernado por la difusión de iones oxígeno a través de la capa de silicato producida. Este sistema ha sido estudiado, más recientemente, por MAZURIN, ROSKOVA y KLUYEV (9).

En nuestro trabajo los ensayos a 700 y 750°C son representativos de la reacción entre el carbonato sódico y el sílice en estado sólido, formándose una capa de monosilicato que recubre los granos de sílice y dificulta la continuación de la reacción: notable disminución de la velocidad de reacción después de un máximo. Al calentar a 800°C probablemente se llega a la formación de disilicato y al principio de la fusión del eutéctico sílice-disilicato sódico: reacción más rápida que la registrada a temperaturas inferiores y presencia de un máximo de velocidad de reacción. En los experimentos a 850°C se llega a la formación de un vidrio con desprendimiento importante de dióxido de carbono: continuo aumento de la velocidad de reacción sin observarse el descenso de los casos anteriores.

La temperatura de comienzo de la reacción al estado sólido encontrada por nosotros, 300°C, es inferior a la encontrada por NEWKIRK y ALIFERIS (6) y coincide con la señalada por HOWARTH y TURNER (10) y HOWARTH, MASKILL y TURNER (11).

Las representaciones gráficas muestran, de una manera clara, la mayor reactividad de la muestra R de sílice. Únicamente en el último tramo de la gráfica correspondiente a 800°C (fig. 3), la velocidad de reacción de la mezcla reactante que contiene sílice B supera ligeramente a la que contiene sílice R. Este fenómeno sólo sucede cuando la reacción está en su fase final y las velocidades de reacción son pequeñas y no gobiernan el proceso de reacción total.

A 750°C y velocidad de calentamiento de 300°C/h (fig. 5) se alcanza la máxima diferencia de reactividad entre las muestras B y R, exceptuando los experimentos a 850°C. Sin embargo, a velocidad de calentamiento de 150°C/h esta diferencia se mantiene constante en todo el intervalo de temperaturas estudiado. A 850°C (fig. 4), la velocidad de reacción y la diferencia de velocidades entre los dos tipos de mezcla reactante son máximas.

Se observa una clara concordancia entre los resultados obtenidos en este trabajo y los parámetros físicos de los tipos de sílice: Superficie específica, factor de forma y coeficiente de angularidad (Tabla I). Análisis micrográficos

realizados muestran que mientras el tipo R de sílice tiene un grano de forma angulosa, el tipo B tiene un grano redondeado, de superficie envejecida.

Del resultado de estos estudios se pone de manifiesto la mayor reactividad de la muestra R con diferencias netamente marcadas en todos los ensayos. Es importante señalar que estas diferencias se manifiestan no solamente en la primera fase del proceso —reacción al estado sólido— sino que sigue manteniéndose claramente, en la segunda fase, durante la formación del vidrio.

IV. BIBLIOGRAFIA

- (1) NEWKIRK, A. E., *Anal. Chem.*, 32, 1558 (1960).
- (2) COATS, A. W. y REDFERN, J. P., *The Analyst*, 88, 906 (1963).
- (3) DUVAL, C., *Inorganic Thermogravimetric Analysis*, Elsevier, 2.^a Ed. (1963).
- (4) Densidad aparente óptima de la composición. Cristalería Española, S. A., Laboratorio Central, Avilés (1964).
- (5) DUVAL, C., *Anal. Chim. Acta* 13. 32 (1955).
- (6) NEWKIRK, A. E. y ALIFERIS, I., *Anal. Chem.*, 30, 982 (1958).
- (7) L. GONZÁLEZ TEJUCA, Tesis de Licenciatura, Universidad de Oviedo (1965).
- (8) RYOHEI, T., IWAO, S. y RYOZO, H., *ZAYRIO*, 17 (177), 527 (1968).
- (9) MAZURIN, O. V., ROSKOVA, G. P., y KLUYEV, V. P., *Discuss. Faraday Soc.*, 50, 191 (1970).
- (10) HOWARTH, J. T. y TURNER, W. E. S., *J. Soc. Glass. Technol.*, 14, 402 T (1930):
- (11) HOWARTH, J. T., MASKILL, W. y TURNER, W. E. S., *J. Soc. Glass. Technol.*, 17, 25 T (1933).

TIEMPO DE RELAJACION EN LOS DIELECTRICOS POLARES

POR

ANTONIO Y DEMETRIO ESPURZ

Departamento de Física

RESUMEN

En este artículo se da una introducción de las teorías básicas de la "relajación dieléctrica", necesarias para la interpretación de la dependencia de la estructura molecular con el tiempo de respuesta, al estimularse un dieléctrico con un campo eléctrico exterior. Exponiéndose la teoría de Debye y la modificación de Cole y Cole en la representación de la "permitividad compleja".

El concepto de "relajación" se define en Física, como la demora a la respuesta que presenta un sistema al variar la acción exterior estimulante. Así, la relajación dieléctrica tiene lugar en aquellas sustancias con conductividades eléctricas muy bajas, que al estimularse con un campo eléctrico exterior dan como respuesta una polarización, existiendo entre la acción y la respuesta (campo eléctrico y polarización) una demora que implica una degradación irreversible en forma de calor de la "energía libre del dieléctrico".

Al ser sometido un dieléctrico a un campo eléctrico alternativo existen dos posibilidades en la manera de comportarse, que dependerán de la frecuencia del campo, de la temperatura y de la naturaleza interna del dieléctrico.

a) Si no hay diferencia de fase entre los vectores desplazamiento eléctrico \mathbf{D} y campo eléctrico \mathbf{E} , entonces la polarización \mathbf{P} estará en fase con el campo eléctrico alternativo, lo cual se cumple hasta un valor crítico de la frecuencia de éste.

Adoptando el sistema de unidades (C.G.S.E.) por resultar más cómodo en la nomenclatura de símbolos, tendremos la relación:

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad ; \quad \epsilon = \frac{\mathbf{D}}{\mathbf{E}} \quad (1)$$

Siendo ϵ la "constante dieléctrica" o "permitividad estática", que caracteriza al dieléctrico, que tendrá el mismo valor que cuando se aplica al dieléctrico un campo eléctrico estático \mathbf{E} .

b) En otros casos, existe una diferencia de fase entre los vectores \mathbf{D} y \mathbf{E} , no siendo válida la relación anterior $\mathbf{D} = \epsilon\mathbf{E}$.

Desde el punto de vista experimental, el dieléctrico estará situado entre las armaduras de un condensador sobre las que actuará una tensión alternativa: $V = V_0 \cos \omega t$. Cargándose ellas alternativamente para dejar paso a la corriente: $I = I_0 \cos (\omega t + \varphi)$.

Para estas dos posibilidades, existe una diferencia importante en el primer caso, al no haber absorción de energía por el dieléctrico, mientras que en el segundo caso se producirá en él una disipación de energía. Conocida con la denominación de "pérdida dieléctrica".

Si el dieléctrico no tuviera pérdidas, o sea en el primer caso, entonces es bien sabido, que la corriente I estaría avanzada en cuadratura sobre la tensión V ($\varphi = \pi/2$). Lo que corresponde a dos vectores rectangulares en la representación de Fresnel. Figura 1.

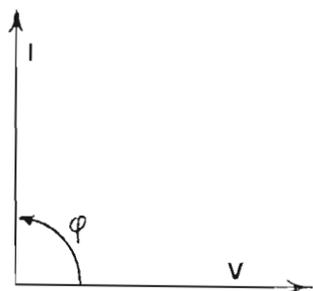


Fig. 1

Pero si el dieléctrico tiene pérdidas, que equivale a una absorción de energía, se traducirá por una disminución en la diferencia de fase ($\varphi = \frac{\pi}{2} - \delta$) entre los dos vectores. A este ángulo δ que pone de manifiesto la separación con respecto al dieléctrico perfecto, se le llama "ángulo de pérdida" del dieléctrico.

Para calcular la disipación de energía, consideremos el dieléctrico entre las armaduras de un condensador plano, donde aplicando una tensión alternativa sobre ellas, se obtendrá el campo eléctrico alternativo: $E = E_0 \cos \omega t$. Y el desplazamiento dieléctrico: $D = D_0 \cos(\omega t - \delta)$.

De aquí, la energía disipada en cada cm^3 del dieléctrico por segundo será:

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T E i \, dt \quad (2)$$

Siendo el periodo: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ y la densidad de corriente: $i = \frac{1}{4\pi} \frac{dD}{dt}$

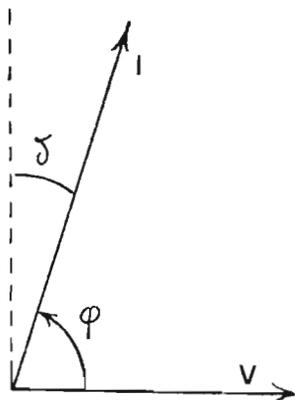
Sustituyendo en la fórmula anterior, resulta:

$$\begin{aligned} W &= -\frac{E_0 D_0 \omega}{4\pi T} \int_0^T \cos \omega t \cdot \text{sen}(\omega t - \delta) dt = -\frac{E_0 D_0 \omega}{8\pi T} \int_0^T [\text{sen}(2\omega t - \delta) - \text{sen} \delta] dt = \\ &= \frac{E_0 D_0 \omega}{8\pi T} \int_0^T \text{sen} \delta \cdot dt = \frac{E_0 D_0 \omega}{8\pi} \text{sen} \delta \end{aligned}$$

Puesto que la integral $\int_0^T \text{sen}(2\omega t - \delta) dt = 0$

Se deduce de esta fórmula de la energía disipada en el dieléctrico por unidad de volumen y por segundo, que el ángulo de pérdida es independiente de la geometría del condensador.

$$\operatorname{sen} \delta = \frac{8\pi W}{E_0 D_0 \omega} \quad (3)$$



Por otra parte, como los campos eléctricos alternativos van asociados con las ondas electromagnéticas. Esta teoría de las pérdidas dieléctricas estará íntimamente relacionada con la teoría de la absorción de este tipo de ondas, incluida la luz, por los dieléctricos.

Si ahora representamos los vectores \mathbf{E} y \mathbf{D} en forma compleja, pasaremos a los escalares correspondientes:

$$E^* = E_0 e^{i\omega t}; \quad D^* = D_0 e^{i(\omega t - \delta)}$$

Quedando definida la permitividad compleja:

$$\epsilon^* = \frac{D^*}{E^*} = \frac{D_0}{E_0} e^{-i\delta} = \frac{D_0}{E_0} (\cos \delta - i \operatorname{sen} \delta) = \epsilon' - i\epsilon'' \quad (4)$$

$$\text{Siendo:} \quad \epsilon' = \frac{D_0}{E_0} \cos \delta \quad \text{y} \quad \epsilon'' = \frac{D_0}{E_0} \operatorname{sen} \delta \quad (5)$$

Se obtienen las relaciones:

$$\begin{aligned} \text{"módulo de la permitividad compleja"} \quad |\epsilon| &= \frac{D_0}{E_0} = \sqrt{(\epsilon')^2 + (\epsilon'')^2} \\ \text{"tangente del ángulo de pérdida"} \quad \operatorname{tg} \delta &= \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \end{aligned} \quad (6)$$

Combinando las ecuaciones (3) y (5), obtendremos para la energía disipada en el dieléctrico por cm^3 y por segundo, la expresión:

$$W = \frac{\omega E_0^2 \epsilon''}{8\pi}; \quad W = \frac{\omega E_0^2}{8\pi} |\epsilon| \operatorname{sen} \delta \quad (7)$$

Que nos dice que la energía disipada en el dieléctrico es proporcional a ϵ'' . Por cuyo motivo, a la magnitud ϵ'' se le llama "factor de pérdida". Como también, resulta proporcional a $\operatorname{sen} \delta$, llamado "factor de potencia".

ECUACIONES DE DEBYE

Quando los dieléctricos polares quedan sometidos a campos eléctricos alternativos de frecuencias altas (10^6 a 10^{13} seg^{-1}) sin llegar a las frecuencias ópticas, sabemos que habrá una diferencia de fase entre los vectores \mathbf{D} y \mathbf{E} , que se mantendrá entre los vectores polarización \mathbf{P} y campo eléctrico \mathbf{E} . Siendo este fenómeno debido a que los dipolos presentan una inercia en su orientación estadística, al no poder seguir instantáneamente las variaciones del campo eléctrico, produciéndose el efecto de "relajación", caracterizado por el "tiempo de relajación" τ

Para el desarrollo de esta teoría de DEBYE, consideraremos los dos casos siguientes:

1.º Tomando como punto de partida el comportamiento de un dieléctrico constituido por moléculas polares. Al someterlo a un campo eléctrico constante (estático) \mathbf{E} , tendremos que la polarización de distorsión P_1 aparecerá repentinamente, puesto que es debida a los desplazamientos electrónicos dentro de la molécula, conservando su valor, cualquiera que sea la frecuencia del campo eléctrico excitador. Por este motivo, en las moléculas polares la polarización de distorsión se refiere comúnmente a las frecuencias ópticas, al quedar anulada la polarización de orientación debida a los dipolos, para frecuencias que tienden a valores infinito.

La otra componente de la polarización eléctrica P , es la polarización de orientación P_2 , debida como ya dijimos, a la orientación estadística de los dipolos bajo la acción del campo eléctrico. Fenómeno que se produce al aplicar un campo eléctrico alternativo de frecuencia baja.

Representando la polarización P en función del tiempo t , el dieléctrico adquirirá primeramente de un modo instantáneo la polarización de distorsión P_1 (o también P_∞). Creciendo a continuación la polarización P con el tiempo, dependiendo de la inercia de la polarización de orientación de los dipolos permanentes bajo la acción del campo eléctrico. Así, la polarización total P tiende asintóticamente a un valor límite P_0 .

Las notaciones P_∞ y P_0 significan, por una parte que P_∞ es el valor límite obtenido con un campo alternativo de frecuencia muy alta (por ejemplo, infrarrojo lejano); mientras que P_0 será el valor límite obtenido con un campo eléctrico estático constante, o sea de frecuencia nula.

El comportamiento del dieléctrico quedará así representado gráficamente por una curva característica, válida para todas las frecuencias del campo eléctrico.

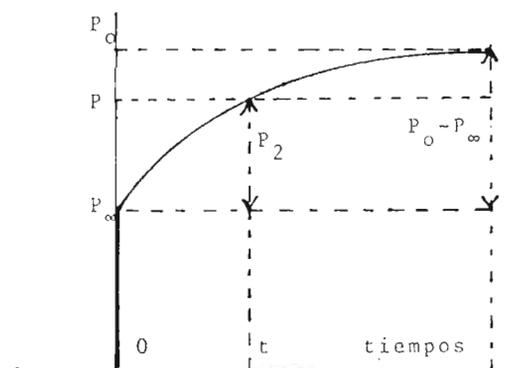


Fig. 3

Al cabo del tiempo t después de aplicar el campo eléctrico E sobre el dieléctrico, la polarización total alcanzará el valor:

$$P = P_{\infty} + P_2$$

Experimentando la polarización de orientación P_2 el fenómeno de la relajación, expresado por la ecuación:

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{1}{\tau} (P_0 - P_{\infty} - P_2) \quad (8)$$

Siendo τ una constante, llamada "tiempo de relajación". Integrando esta ecuación y teniendo en cuenta que $P_2 = 0$ para $t = 0$. Tendremos:

$$\ln (P_0 - P_{\infty} - P_2) = -\frac{t}{\tau} + C \quad ; \quad C = \ln (P_0 - P_{\infty})$$

$$P_2 = (P_0 - P_{\infty}) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

Que indica que la polarización de orientación P_2 se aproxima al equilibrio siguiendo una ley exponencial.

Procediendo ahora inversamente, es decir, una vez establecida la polarización total P de equilibrio bajo la acción de un campo eléctrico estático E . Al suprimirlo, en el instante $t = 0$, la polarización de distorsión P_{∞} se anulará inmediatamente, resultando:

$$\frac{dP_2}{dt} = -\frac{P_2}{\tau} \quad ; \quad \ln P_2 = C - \frac{t}{\tau}$$

Puesto que $P_2 = P_0 - P_{\infty}$ para $t = 0$; $C = \ln (P_0 - P_{\infty})$. Resulta

$$P_2 = (P_0 - P_{\infty}) \cdot e^{-t/\tau} \quad (9)$$

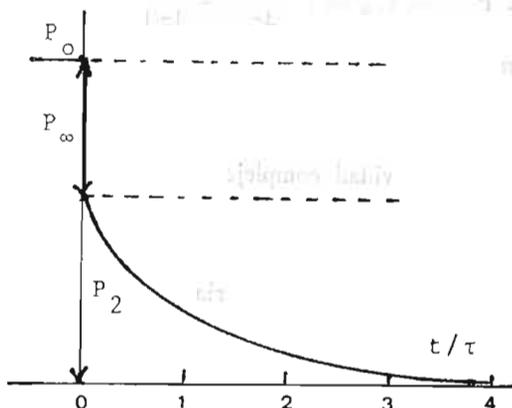


Fig. 4

Aquí, la polarización de orientación P_2 disminuirá exponencialmente con el tiempo deduciéndose que el tiempo de relajación τ será el tiempo necesario a partir del anulamiento del campo eléctrico E , para que la polarización inicial P disminuya $1/e$ veces.

2.º Consideremos ahora el caso, en que se aplica sobre el dieléctrico un campo eléctrico alternativo de frecuencia ν y pulsación $\omega = 2\pi\nu$. Empleando la notación compleja, quedará representado por $E^* = E_0 e^{i\omega t}$ y el desplazamiento dieléctrico por $D^* = D_0 e^{i(\omega t - \delta)}$

Las polarizaciones estática P_0 y óptica P_∞ , vendrán dadas en el sistema de unidades (C. G. S. E.) por

$$P_0 = \frac{\epsilon_0 - 1}{4\pi} E \quad ; \quad P_\infty = \frac{\epsilon_\infty - 1}{4\pi} E$$

La ecuación (8) quedará en la forma:

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{1}{\tau} \left[\frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{4\pi} E_0 e^{i\omega t} - P_2^* \right] \quad (10)$$

La solución de esta ecuación diferencial será del tipo:

$$P_2^* = A e^{i\omega t}$$

En que A se hallará sustituyendo esta solución en la ecuación diferencial (10).

$$A = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{4\pi(1 + i\omega\tau)} E_0$$

$$\text{Quedando} \quad P_2^* = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{4\pi(1 + i\omega\tau)} E^*$$

Entonces, la polarización total quedará expresada en forma compleja por

$$P^* = P_\infty^* + P_2^* = \left[\frac{\epsilon_\infty - 1}{4\pi} + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{4\pi(1 + i\omega\tau)} \right] E^*$$

El desplazamiento dieléctrico vendrá dado por

$$D^* = E^* + 4\pi P^* = \left[\epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + i\omega\tau} \right] E^*$$

Resultando la permitividad compleja:

$$\epsilon^* = \frac{D^*}{E^*} = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + i\omega\tau} = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + \omega^2\tau^2} (1 - i\omega\tau) = \epsilon' - i\epsilon''$$

Separando las partes real e imaginaria, tendremos:

$$\begin{aligned} \epsilon' &= \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + \omega^2\tau^2} \\ \epsilon'' &= \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \end{aligned} \quad (11) \quad \text{tg}\delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)\omega\tau}{\epsilon_0 + \epsilon_\infty + \omega^2\tau^2}$$

Estas son las ecuaciones de DEBYE, fundamentales para el estudio de la absorción de energía por un dieléctrico polar.

Teniendo en cuenta, que para las frecuencias ópticas (hasta el infrarrojo lejano) la permitividad ϵ_0 será igual al cuadrado del índice de refracción: $\epsilon_0 = n^2$; las ecuaciones de DEBYE podrán también escribirse así:

$$\begin{aligned} \epsilon' &= n^2 + \frac{\epsilon_0 - n^2}{1 + \omega^2 \tau^2} \\ \epsilon'' &= \frac{\epsilon_0 - n^2}{1 + \omega^2 \tau^2} \omega \tau \end{aligned} \quad (12) \quad \text{tg} \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \frac{(\epsilon_0 - n^2) \omega \tau}{\epsilon_0 + n^2 \omega^2 \tau^2}$$

Dando a estas ecuaciones la forma:

$$\frac{\epsilon' - n^2}{\epsilon_0 - n^2} = \frac{1}{1 + \omega^2 \tau^2} ; \quad \frac{\epsilon''}{\epsilon_0 - n^2} = \frac{\omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

Al hacer una representación gráfica, tomando los primeros miembros como ordenadas y como abscisas $\log \omega \tau$, se obtienen las curvas simétricas siguientes:

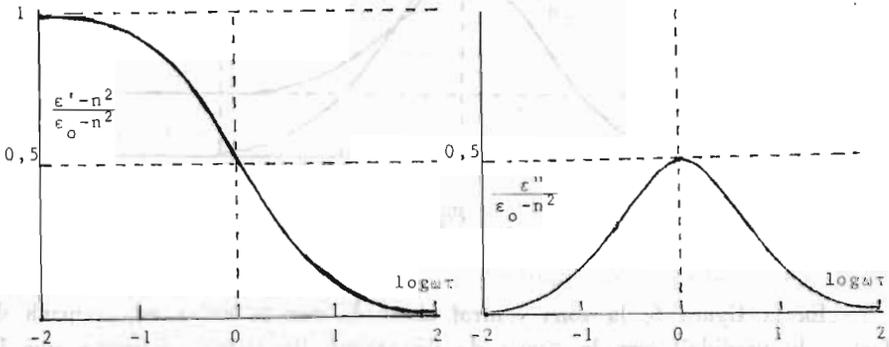


Fig 5

Teniendo en cuenta la ecuación (7) que dice, que la energía eléctrica W disipada en el dieléctrico por cm^2 y por segundo, es proporcional al "factor de pérdida" ϵ'' . Tendremos que el valor máximo de la absorción de energía por el dieléctrico, se obtendrá de la derivada $d\epsilon''/d\omega = 0$ en las ecuaciones (11) o (12), que conduce a la expresión $1 + \omega^2 \tau^2 - 2 \omega^2 \tau^2 = 1 - \omega^2 \tau^2 = 0$, dando la igualdad $\omega_m \tau = 1$ para la pulsación del campo eléctrico $\omega_m = 1/\tau$, que corresponde a la llamada "frecuencia crítica" $\nu_c = \omega_m / 2\pi = 1/2\pi\tau$.

Obteniéndose de la ecuación (12) el valor máximo del "factor de pérdida":

$$\epsilon''_m = \frac{\epsilon_0 - n^2}{2} \quad (13)$$

Como también, para esta "frecuencia crítica" el punto medio de simetría de la parte real ϵ' de la permitividad compleja, alcanzará el valor:

$$\epsilon'_m = \frac{\epsilon_0 + n^2}{2} \quad (14)$$

Poniendo las partes real ϵ' e imaginaria ϵ'' de la permitividad compleja en función de la pulsación del campo eléctrico. Tomando en la representación gráfica $\log(\omega\tau)$ como abscisas, para lograr la simetría, resultará la figura 6.

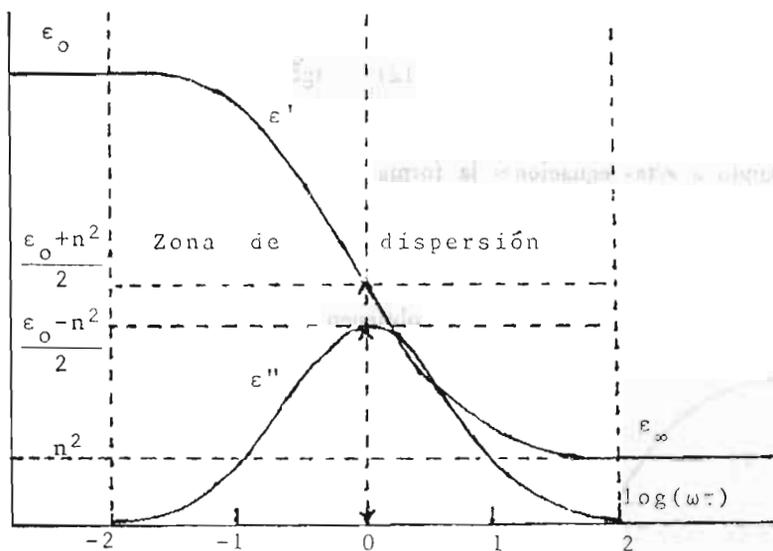


Fig 6

En la figura 6, la zona central abarcada por la curva en campana del "factor de pérdida" será la "zona de dispersión dieléctrica", mientras que las zonas de la izquierda y de la derecha, serán la "zona estática" y la "zona óptica", respectivamente.

Como es evidente, en esta teoría de DEBYE figura un solo valor del tiempo de relajación τ , lo cual se cumple para determinados dieléctricos, en los que los valores medidos experimentalmente de ϵ_0 , n^2 y ω_m deberán de satisfacer a los valores teóricos de las partes real ϵ' e imaginaria ϵ'' de la permitividad compleja de acuerdo con las curvas experimentales que se obtengan del modo indicado.

Sin embargo, gran número de dieléctricos se apartan de esta teoría al no ser posible representarlos con un solo tiempo de relajación.

Los resultados experimentales suelen representarse gráficamente, tomando los valores de ϵ' y ϵ'' en función de $\log(\omega)$, dentro de la zona de dispersión, lo cual supone el conocimiento previo de los valores de ϵ_0 , n^2 y τ .

Por ejemplo, para $\epsilon_0 = 8$; $n^2 = 2$ y $\tau = 10^{-10}$ seg, tendremos para un dieléctrico que siga la teoría de DEBYE la figura 7.

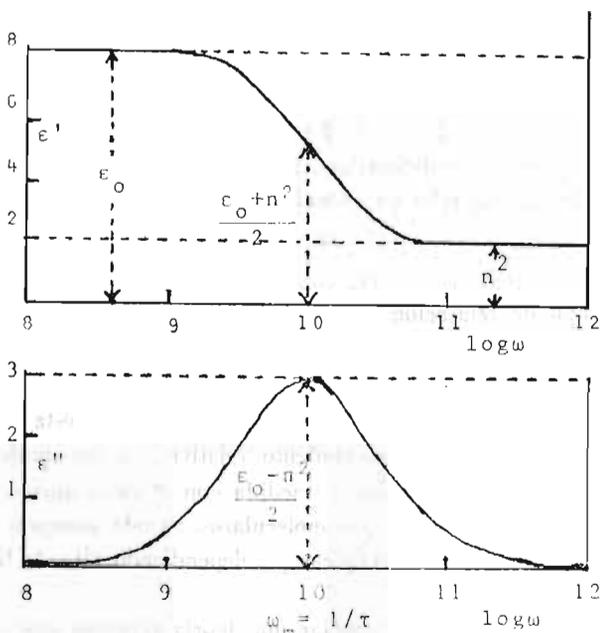


Fig. 7

Cuando se trata de líquidos polares, el tiempo de relajación τ queda relacionado con la viscosidad η , la densidad ρ , y la temperatura T

Suponiendo que la molécula polar tiene la forma de una esfera, de radio a , moviéndose en un líquido viscoso de coeficiente de viscosidad η , DEBYE, basándose en la teoría de STOKES, obtiene para el tiempo de relajación la expresión:

$$\tau = \frac{4 \pi \eta a^3}{kT} = \frac{3 \eta v}{kT} = \frac{3 \eta V}{RT} \quad (15)$$

Siendo v el volumen de la molécula esférica y V el volumen molar a la temperatura T ; dado por la relación:

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{\tau RT}{3\eta} \quad (16)$$

Sin embargo, los valores del volumen molar V obtenidos a partir del peso molecular M y de la densidad ρ del líquido, generalmente no están de acuerdo con los que se obtienen con la fórmula (16), que introduce los valores del tiempo de relajación y de la viscosidad a la misma temperatura. Lo cual sugiere que, los valores macroscópicos del tiempo de relajación y de la viscosidad, habrán de sustituirse por sus valores microscópicos.

De las ecuaciones de DEBYE, el tiempo macroscópico de relajación τ obtenido del valor recíproco de la pulsación ω_m en que el factor de pérdida ϵ'' alcanza el valor máximo en la gráfica, queda relacionado con el tiempo de relajación molecular τ_μ por la expresión:

$$\tau = \frac{1}{\omega_m} = \frac{\epsilon_0 + 2}{\epsilon_\infty + 2} \tau_\mu \quad (17)$$

Donde el factor $\epsilon_0 + 2/\epsilon_\infty + 2$ puede alcanzar un valor apreciable para aquellos líquidos de constante dieléctrica alta, pero siendo muy próxima a uno en las disoluciones diluidas. La relación obtenida por POWLES y GLARUM:

$$\tau = \frac{3\epsilon_0}{2\epsilon_0 + \epsilon_\infty} \tau_\mu \quad (18)$$

indica que el tiempo de relajación macroscópico no puede exceder del tiempo de relajación molecular, a lo más en 1,5 veces. Lo cual ha sido comprobado experimentalmente.

Por lo que respecta a la viscosidad microscópica η' ésta corresponde al frotamiento de cada dipolo en su movimiento relativo con las moléculas vecinas, mientras que la viscosidad macroscópica (medida con el viscosímetro) corresponde al frotamiento mecánico entre las capas moleculares. Siendo siempre, la viscosidad macroscópica η mayor que la microscópica η' , dependiendo ello de la forma y dimensiones de las moléculas.

No se ha llegado todavía a formular una teoría rigurosa que pueda relacionar el tiempo de relajación con la viscosidad microscópica, aunque se le suelen asignar valores de acuerdo con la fórmula de DEBYE:

$$\tau_\mu = \frac{3 \eta' v}{kT} = \frac{3 \eta' V}{RT} \quad (19)$$

Otra fórmula empleada para los polímeros es la siguiente:

$$\tau = \frac{1}{\omega_m} = \frac{3 \pi a^2 b \eta'}{kT} n \quad (20)$$

Siendo n el grado de polimerización, a y b las dimensiones del monómero.

En los polímeros, la viscosidad microscópica η' es muy inferior a la macroscópica η , lo que explica que a pesar de los valores altos de la viscosidad de estos líquidos, se encuentre su zona de dispersión en la región de las longitudes de onda corta.

REPRESENTACION DE LA PERMITIVIDAD EN EL PLANO COMPLEJO

El diagrama del "plano complejo" de ARGAND ha sido aplicado a la permitividad compleja $\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$ por COLE y COLE, el cual se obtiene trazando por puntos los valores de ϵ'' y ϵ' a la misma frecuencia del campo eléctrico.

Eliminando el parámetro $\omega\tau$ entre las dos ecuaciones de DEBYE:

$$\frac{\epsilon' - n^2}{\epsilon_0 - n^2} = \frac{1}{1 + \omega^2\tau^2} \quad ; \quad \frac{\epsilon''}{\epsilon_0 - n^2} = \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2}$$

$$\frac{(\varepsilon' - n^2)^2 + \varepsilon''^2}{(\varepsilon_0 - n^2)^2} = \frac{1}{1 + \omega^2 \tau^2} ; \quad (\varepsilon' - n^2)^2 + \varepsilon''^2 = (\varepsilon' - n^2) (\varepsilon_0 - n^2) - \varepsilon''^2 = (\varepsilon' - n^2) (\varepsilon' - \varepsilon_0) \quad (21)$$

Haciendo

$$\varepsilon' - n^2 = \varepsilon' - \frac{\varepsilon_0 + n^2}{2} + \frac{\varepsilon_0 - n^2}{2} ; \quad \varepsilon' - \varepsilon_0 = \varepsilon' - \frac{\varepsilon_0 + n^2}{2} - \frac{\varepsilon_0 - n^2}{2}$$

Se obtiene

$$\left(\varepsilon' - \frac{\varepsilon_0 + n^2}{2} \right)^2 + \varepsilon''^2 = \left(\frac{\varepsilon_0 - n^2}{2} \right)^2 \quad (22)$$

Que es la ecuación de una circunferencia, cuyo centro estará situado en el eje de abscisas a la distancia $(\varepsilon_0 + n^2)/2$ del origen. Valiendo su radio $(\varepsilon_0 - n^2)/2$.

De las ecuaciones (12) resulta para $\omega = 0$; $\varepsilon' = \varepsilon_0$, $\varepsilon'' = 0$ y para $\omega = \infty$ resulta $\varepsilon' = n^2$, $\varepsilon'' = 0$. Para $\omega \tau = 1$, tendremos para la abscisa $\varepsilon' = \frac{\varepsilon_0 + n^2}{2}$ el valor máximo de la ordenada $\varepsilon'' = \frac{\varepsilon_0 - n^2}{2}$. Con estos valores se podrá trazar la semicircunferencia del diagrama de COLE y COLE.

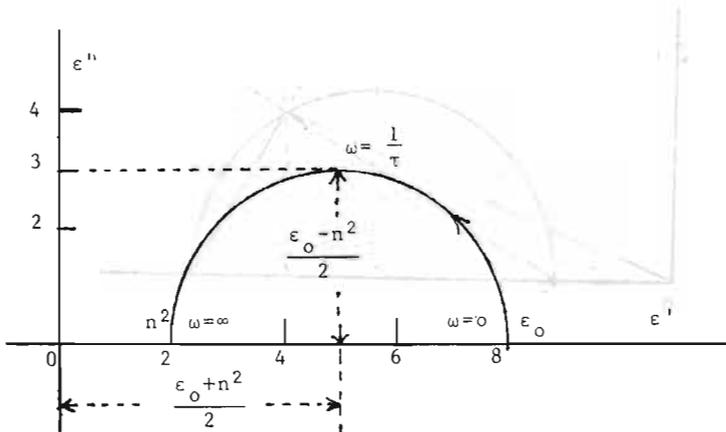


Fig 8

Esta representación gráfica presenta como propiedad interesante, que la semicircunferencia de COLE y COLE queda definida a partir de los valores de ε_0 y n^2 , siendo independiente del valor del tiempo de relajación τ que figura en las ecuaciones (12).

Por otra parte, también estas ecuaciones (12) podrán escribirse así:

$$\begin{aligned} \varepsilon' &= \frac{\varepsilon''}{\omega \tau} + n^2 & n^2 &= \varepsilon_0 - \frac{1 + \omega^2 \tau^2}{\omega \tau} \varepsilon'' \\ \varepsilon' &= -\omega \tau \varepsilon'' + \varepsilon_0 \end{aligned}$$

Resultando las ecuaciones:

$$(15) \quad \frac{\epsilon''}{\epsilon' - n^2} = \tau\omega \quad ; \quad \frac{\epsilon_0 - \epsilon'}{\epsilon''} = \tau\omega \quad (23)$$

De donde, el tiempo de relajación τ vendrá dado por la pendiente de la recta en función de ω , trazada desde el origen a un punto dado por los valores de los primeros miembros, deducidos de la semicircunferencia para un valor conocido de ω .

Cuando un dieléctrico presenta un sólo tiempo de relajación τ , entonces debe de satisfacer a las ecuaciones de DEBYE, resultando una semicircunferencia en la representación gráfica de COLE y COLE. Un punto dado P de la semicircunferencia, corresponderá a una determinada pulsación ω , coincidiendo el vértice del semicírculo con la pulsación $\omega = 1/\tau$.

Con esta representación, el arco de circunferencia queda caracterizado por los valores de ϵ_0 y n^2 del dieléctrico para un sólo tiempo de relajación τ , siendo independiente de ω .

Un punto P de la semicircunferencia define a los dos vectores u y v , trazados desde los puntos de corte n^2 y ϵ_0 con el eje ϵ' .

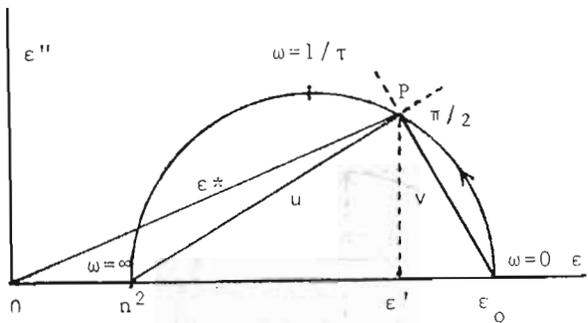


Fig. 9

Siendo

$$u - v = \epsilon_0 - n^2$$

$$u = \epsilon' - n^2 + i\epsilon'' \quad ; \quad v = \epsilon' - \epsilon_0 + i\epsilon''$$

Aplicando las ecuaciones (23) resulta:

$$u = \frac{\epsilon''}{\tau\omega} + i\epsilon'' \quad ; \quad v = -\omega\tau\epsilon'' + i\epsilon''$$

$$v = u(i\omega\tau) \quad (24)$$

Los dos vectores u y v serán perpendiculares entre sí, puesto que la multiplicación por i , significa la rotación $\pi/2$ en el plano complejo.

Recordando la ecuación de DEBYE para la permitividad compleja:

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'' = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + i\omega\tau}$$

Al ir a la representación gráfica de COLE y COLE, se observa experimentalmente que, gran número de dieléctricos no dan semicircunferencias, sino más bien arcos de círculo, caracterizados por un parámetro β , y con el centro por debajo del eje de abscisas ϵ' .

Manteniendo los vectores u y v , la permitividad compleja ϵ^* requiere la ecuación: $v = u(i\omega\tau_0)^{1-\beta}$ donde τ_0 es el tiempo de relajación, más probable, correspondiente a la pulsación en que $\epsilon'' = \epsilon''_m$ y β es un parámetro cuyo valor está comprendido entre 0 y 1.

Así, la ecuación de la permitividad compleja de DEBYE queda modificada de esta manera por la ecuación empírica de COLE y COLE:

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + (i\omega\tau_0)^{1-\beta}} \quad (25)$$

En la que si $\beta = 0$, se reduce a la ecuación de DEBYE para la semicircunferencia, con un solo tiempo de relajación. Por el contrario, para $\beta = 1$ degenerará en una recta, y la distribución de los tiempos de relajación se extenderá indefinidamente.

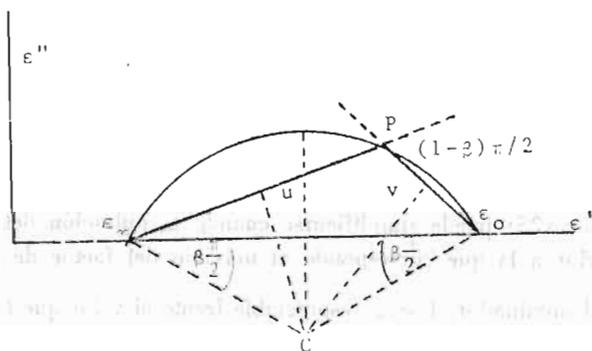


Fig 10

Para determinar el valor de β , se fijará primeramente el centro C de la circunferencia, trazando las mediatrices a las dos cuerdas. Midiendo el valor de $\text{tg } \beta \frac{\pi}{2}$ sobre la gráfica se podrá calcular el valor de β .

El tiempo de relajación más probable τ_0 podrá calcularse con la relación:

$$\frac{v}{u} = (\omega\tau_0)^{1-\beta}$$

Donde los valores u y v serán las distancias indicadas en la figura 10, para el punto experimental P .

Si siguiendo razonamientos geométricos sencillos se deduce:

$$\frac{v}{u} = \left[\frac{(\epsilon_0 - \epsilon')^2 + \epsilon''^2}{(\epsilon' - \epsilon_\infty)^2 + \epsilon''^2} \right]^{1/2} \quad (26)$$

Siendo $\log \frac{v}{u} = (1-\beta) \log (\omega\tau_0) = (1-\beta) \log \omega + (1-\beta) \log \tau_0$ (27)

Es evidente que, tomando como ordenadas $\log \frac{v}{u}$ con los valores calculados con la ecuación (26) y como abscisas $\log \omega$, se tendrá una recta con pendiente $(1-\beta)$ y con ordenada en el origen $(1-\beta) \log \tau_0$.

Esta representación gráfica que conduce a una recta, confirmará experimentalmente si el dieléctrico se ajusta al recorrido del arco de círculo de COLE y COLE, permitiendo la identificación del valor del parámetro β y el cálculo del tiempo de relajación más probable τ_0 .

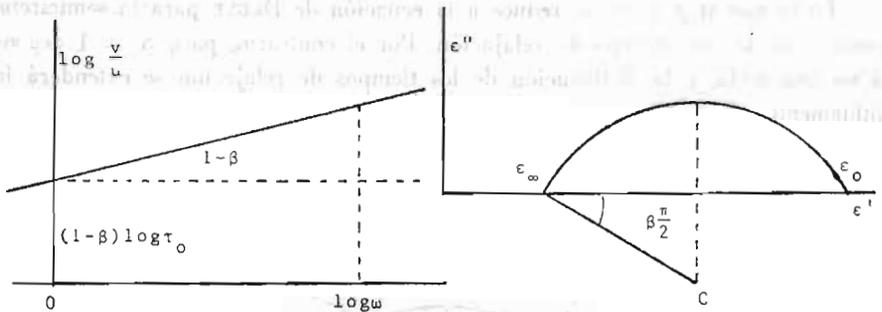


Fig. 11

La ecuación (25) puede simplificarse cuando la pulsación del campo es notablemente superior a la que corresponde al máximo del factor de pérdida ϵ''_m . Entonces, en el denominador, 1 será despreciable frente al valor que toma $(\omega\tau_0)^{1-\beta}$ quedando simplificada en la forma:

$$\epsilon^* - \epsilon_\infty = (\epsilon_0 - \epsilon_\infty) (i\omega\tau_0)^{\beta-1} \quad (28)$$

Luego, como para las frecuencias altas, se puede poner $\epsilon^* - \epsilon_\infty = -ie''$ resultará que el factor de pérdida ϵ'' es proporcional a la potencia $\beta-1$ de la frecuencia:

$$\epsilon'' \sim \omega^{\beta-1} \quad (29)$$

Que es una ley aplicable a los dieléctricos de los condensadores industriales.

De la ecuación (25) que expresa la permitividad compleja, podemos separar las partes real e imaginaria, empleando la identidad:

$$i(1-\beta) \equiv e^{i(1-\beta)\frac{\pi}{2}}$$

$$\begin{aligned} \epsilon' - \epsilon_{\infty} &= \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}) [(1 + \omega\tau_0)^{1-\beta} \operatorname{sen}\beta\pi/2]}{1 + 2(\omega\tau_0)^{1-\beta} \operatorname{sen}\beta\pi/2 + (\omega\tau_0)^2 (1-\beta)} = \\ &= \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{2} \left[1 - \frac{\operatorname{senh}(1-\beta)s}{\operatorname{cosh}(1-\beta)s + \cos\beta\pi/2} \right] \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \epsilon'' &= \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}) (\omega\tau_0)^{1-\beta} \cos\beta\pi/2}{1 + 2(\omega\tau_0)^{1-\beta} \operatorname{sen}\beta\pi/2 + (\omega\tau_0)^2 (1-\beta)} = \\ &= \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{2} \frac{\cos\beta\pi/2}{\operatorname{cosh}(1-\beta)s + \operatorname{sen}\beta\pi/2} \end{aligned} \quad \text{Siendo } s = \ln(\omega\tau_0)$$

De esta última ecuación se puede deducir el valor máximo del factor de pérdida, haciendo $s = 0$ se tiene:

$$\epsilon''_m = \frac{1}{2} (\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}) \cdot \operatorname{tg}(1-\beta) \frac{\pi}{4}$$

Que pone en evidencia que el valor máximo del factor de pérdida de COLE y COLE es inferior al valor hallado por DEBYE $\frac{1}{2} (\epsilon_0 - \epsilon_{\infty})$

DISTRIBUCION DE LOS TIEMPOS DE RELAJACION

Para las moléculas que no son esféricas, los procesos de orientación por rotaciones alrededor de los diferentes ejes moleculares, darán lugar a tiempos de relajación diferentes.

La hipótesis más sencilla, será aquella en que la teoría de la distribución de las energías de activación siga la ley de las probabilidades de GAUSS. Para ello, consideremos que la energía de activación w varía entre los valores w_0 y $w_0 + v$; así tendremos que el tiempo de relajación variará entre:

$$\tau_0 < \tau < \tau_1 \quad \tau_0 = A e^{\frac{w_0}{kT}} \quad ; \quad \tau_1 = A e^{\frac{w_0 + v}{kT}}$$

$$\text{Representando por } S = \ln \frac{\tau}{\tau_0} \quad ; \quad F(S) = \frac{kT}{v} \text{ para } 0 < S < \frac{v}{kT}$$

Siendo τ_0 el tiempo de relajación más probable; $F(S)$ dará la probabilidad de hallar un tiempo de relajación τ , tal que $\ln \frac{\tau_0}{\tau}$ quede comprendido entre S y $S + dS$. Obteniéndose la fórmula:

$$F(S) = \frac{b}{\sqrt{n}} e^{-b^2 S^2} \quad (31)$$

Como puede observarse, esta fórmula de distribución de GAUSS no se presta a un cálculo sencillo, por cuyo motivo COLE y COLE han propuesto una fórmula empírica más asequible para el cálculo.

$$F(S)dS = \frac{1}{2n} \frac{\operatorname{sen} \beta \pi}{\cosh(1-\beta)S - \cos \beta \pi} \quad (32)$$

Esta ecuación relaciona el ángulo β con el ancho de la distribución del tiempo de relajación τ , teniendo una representación gráfica similar a la dada por la representación de probabilidades de GAUSS. Pudiendo lograrse la coincidencia de ambas curvas, tomando valores convenientes de b y de β .

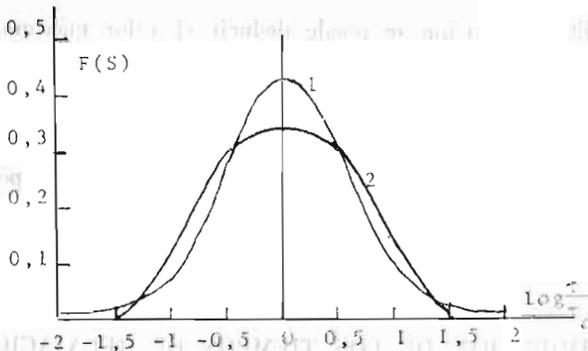


Fig. 12

Curvas de distribución de los tiempos de relajación $F(S)$ con $S = \ln \frac{\tau}{\tau_0}$.

Los calculados con la ecuación (32) de distribución de COLE y COLE, con $\beta = 0,23$, dan la curva 1. Y los calculados con la ecuación (31) de distribución de GAUSS con $b = 0,6$ dan la curva 2.

La función de distribución de COLE y COLE, no es la única que da una representación gráfica conveniente con un número pequeño de parámetros. Habiendo sido modificada por FUOSS y KIRWOOD, los cuales parten de la siguiente ecuación para el factor de pérdida:

$$\epsilon'' = \frac{\epsilon''_m}{\cosh(ax)}$$

Siendo a una constante y $x = \log \frac{\omega}{\omega_m}$ en que tanto ϵ''_m como ω_m se refieren al centro de la distribución simétrica. La ecuación (33) da una recta con pendiente a , tomando $\cosh^{-1} \epsilon''_m / \epsilon''$ en función de $\log \omega$. La función de FUOSS y KIRWOOD corresponde a una función de distribución logarítmica dada por

$$F(x) = \frac{a}{\pi} \frac{\cos a\pi/2 \cdot \cosh(ax)}{\cos^2 a\pi/2 + \sinh^2(ax)} \quad (34)$$

Todas estas funciones de distribución son simétricas como funciones de $\log \frac{\tau}{\tau_0}$, representando una dependencia del factor de pérdida ϵ'' con la pulsación ω , de modo análogo a lo que sucede en las representaciones gráficas de DEBYE.

No obstante, gran número de dieléctricos se comportan de manera diferente, presentando arcos de círculo asimétricos en la representación del plano complejo de COLE y COLE.

Para estos casos, DAVIDSON y COLE han propuesto la fórmula empírica representativa:

$$\epsilon^* - \epsilon_\infty = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{(1 + i\omega\tau_0)^\beta} \quad (35)$$

Cuya ecuación corresponde a la forma característica del arco deformado, obtenido experimentalmente, en la representación gráfica del plano complejo. Siendo la función de distribución de los tiempos de relajación, adoptada para $\tau < \tau_0$

$$f\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right) = \frac{\sin\beta\pi}{\pi} \left(\frac{\tau}{\tau_0 - \tau}\right)^\beta \quad (36)$$

En la que tanto τ_0 como β son constantes; dependiendo de la frecuencia y de la temperatura la forma del arco trazado en la representación compleja de ϵ'' con ϵ' .

DAVIDSON ha resumido el empleo de la ecuación (35) en el plano complejo, tomando como ordenadas ϵ'' y como abscisas ϵ' , el valor de β vendrá dado trazando la tangente al arco desde ϵ_∞ , en que éste presenta un tramo recto, valiendo entonces $\beta\pi/2$ el ángulo que forma con el eje de abscisas.

Por otra parte, τ_0 se obtendrá del valor recíproco de $\omega = 1/\tau_0$ en que la bisectriz del ángulo $\beta\pi/2$ corta al arco en un punto que corresponde a la pulsación $\omega = 2\pi\nu$.

Glicerina, -50°C

N-Propanol, -140°C

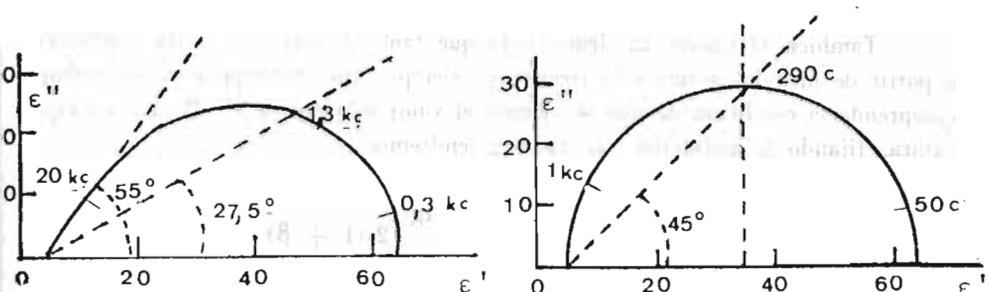


Fig. 13

El n-propanol a la temperatura de -140°C queda representado en el plano complejo por una semicircunferencia, respondiendo a las ecuaciones de DEBYE, y por tanto, $\beta = 1$. Resultando para τ el valor de $5,6 \cdot 10^{-4}$ seg.

En cambio, la glicerina a -50°C da en el plano complejo un arco de formado, con un valor de $\beta = 0,6$ y un valor de $\tau_0 = 1,25 \cdot 10^{-4}$ seg.

Otra forma para obtener el valor de τ_0 será representando la ecuación (35) en coordenadas polares.

$$r = |(\epsilon' - \epsilon_{\infty})^2 + \epsilon''^2|^{1/2}; \quad \theta = \text{tg}^{-1} \frac{\epsilon''}{\epsilon' - \epsilon_{\infty}}$$

$$\text{Siendo } \text{tg} \frac{\theta}{\beta} = \text{tg} \frac{\epsilon''}{(\epsilon' - \epsilon_{\infty})\beta} = \omega \tau_0$$

Entonces, trazando una gráfica tomando en el eje de ordenadas $\text{tg} \frac{\theta}{\beta}$ y en el eje de abscisas ν , tendremos una recta.

Aquí, la frecuencia crítica ν_c quedará determinada por $\text{tg} \frac{\theta}{\beta} = 1$. Resultando para el tiempo de relajación más probable:

$$\tau_0 = \frac{1}{2\pi \nu_c}$$

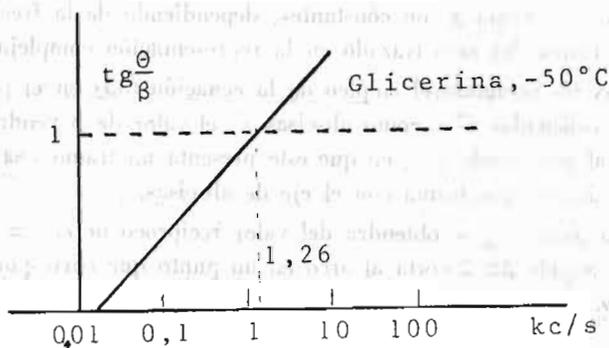


Fig. 14

También DAVIDSON ha demostrado que tanto β como τ_0 podrán obtenerse a partir de medidas a una sola frecuencia, siempre que la temperatura de trabajo comprenda la condición de que se alcance el valor máximo de ϵ'' . Para esa temperatura, fijando la pulsación $\omega \text{ rad.s}^{-1}$, tendremos:

$$\omega_c \tau_0 = \frac{\epsilon' - \epsilon_{\infty}}{\epsilon''} = \text{tg} \frac{\pi}{2(1 + \beta)}$$

CONCLUSIONES

Como es sabido, el tiempo de relajación dieléctrica es debido al efecto orientador de los dipolos bajo la acción de un campo eléctrico alternativo. Para una molécula rígida, el tiempo de relajación dependerá del giro orientador estadístico de la molécula, como una masa fijada sobre el eje del momento dipolar de ella.

Sin embargo, ciertas moléculas poseen grupos polares con rotación interna alrededor del eje del enlace molecular. Entonces, estas moléculas presentarán dos tiempos de relajación, uno el τ_1 correspondiente a la molécula en sí, y el otro τ_2 correspondiente al momento dipolar del grupo.

Otro caso interesante, que se da comúnmente cuando se trata de líquidos, es el proceso de relajación dieléctrica en las soluciones diluidas de sustancias polares en disolventes apolares. El disolvente apolar, no presentará tiempo de relajación, pero afectará al tiempo de relajación de las moléculas polares del soluto, debido a que reduce el campo eléctrico interno a la vez que modifica la viscosidad de la solución.

Para las mezclas binarias de líquidos polares, estudiadas en función de la temperatura, se han encontrado dos máximos del tiempo de relajación para algunas mezclas de un líquido asociado con otro no asociado. Pero, cuando las mezclas son entre dos líquidos no asociados, éstas presentan siempre un sólo máximo de relajación.

Podemos decir, que cuando no existe asociación, el tiempo de relajación de una molécula individual estará influido por el campo eléctrico interno y las fuerzas de viscosidad ejercidas por las moléculas vecinas, siendo el tiempo de relajación que presenta la mezcla, resultante aditiva estadística de las relajaciones de las moléculas individuales.

El conocimiento del tiempo de relajación de las moléculas polares, tiene hoy día, gran importancia en la investigación de la "rotación interna" y la "estructura molecular".

Como la posición de equilibrio de los dipolos depende de la temperatura y de la frecuencia crítica ν_c del campo eléctrico alternativo en que la absorción es máxima, viniendo dado el tiempo de relajación por $\tau = 1/2\pi\nu_c$. Será necesario, que para un determinado tipo molecular y a una temperatura dada, las medidas habrán de realizarse dentro de la zona de dispersión para esa temperatura.

Por otra parte, es bien conocido que el equilibrio de los dipolos moleculares en las fases líquida y sólida, se produce en una amplia banda de frecuencias que va desde 0 a 10^{12} c/s. Dentro de la cual las ondas de "radio-frecuencia" están comprendidas en la región de 0 a 10^7 c/s. Por encima de los 10^7 c/s hasta los 10^{13} c/s son empleadas las técnicas de las microondas.

También de la relación de DEBYE entre el tiempo de relajación y la viscosidad, se deduce que el máximo del "factor de pérdida" ϵ'' se desplaza hacia las

frecuencias altas al crecer la temperatura. Por cuyo motivo, a la temperatura ordinaria, sólo los altos polímeros presentarán la zona de dispersión cuando se emplean las ondas de "radio-frecuencia". En cambio, las moléculas de pequeño tamaño tendrán sus zonas de dispersión con las microondas, aunque determinadas moléculas de este tipo, podrán presentar zonas de dispersión en la región de las "radio-frecuencias a temperaturas muy bajas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) P. DEBYE "Polar Molecule".—(Dover Publications. New York, 1929.) (1933).
- (2) G. ALLARD "Polarisation Diélectrique".—(Act. Scf. et. Industrielles núm. 365. Hermann. Paris, 1936.)
- (3) J. GRANIER "Les Diélectriques".—(Dunod. Paris, 1948.)
- (4) J. y G. GRANIER "Les Propriétés électriques des résines synthétiques".—(Dunod. Paris, 1948.)
- (5) H. FRÖHLICH "Theory of Dielectrics".—(Oxford University Press, 1950.)
- (6) C. J. F. BÖTTCHER "Theory of Electric Polarisation".—(Elsevier Pub Co. Amsterdam, 1952.)
- (7) C. P. SMYTH "Dielectric Behavior and Structure".—(Mc Graw-Hill. New York, 1955.)
- (8) J. BARRIOL "Les Moments Dipolaires".—(Gauthier-Villars. Paris, 1957.)
- (9) "Progress in Dielectrics". Serie de seis volúmenes.—(Heywood. Co. London, 1959-1965.)
- (10) A. VON HIPPEL "Les Diélectriques et leurs applications".—(Dunod. Paris, 1961.)
- (11) J. C. ANDERSON "Dielectrics".—(Chapman and Hall. London, 1964.)
- (12) J. G. KIRKWOOD "Dielectrics-Intermolecular Forces-Optical Rotation".—(Gordon and Breach. London, 1965.)
- (13) "Chemical Society Symposium". "Molecular Relaxation Processes".—(Academic Press. London, 1966.)
- (14) VERA DANIEL "Dielectric Relaxation".—(Academic Press. London, 1967.)
- (15) NORA HILL, W. E. VAUGHAN, A. H. PRICE, MANSEL DAVIE, "Dielectrics Properties and Molecular Behaviour".—(Van Nostrand Reinhold. London, 1969.)

ANÁLISIS DE LOS DERMATOGLIFOS EN ASTURIANOS Y SU RELACION CON LOS DE OTRAS POBLACIONES

POR

J. E. EGOICHEAGA RODRIGUEZ

Profesor adjunto de Antropología de la Facultad de Ciencias de la
Universidad de Oviedo

RESUMEN

En el presente trabajo, que constituye un resumen de la tesis doctoral del autor realizada bajo la dirección del Prof. Dr. J. Pons Rosell, se procede al estudio dermatoglífico de una muestra de 500 asturianos de ambos sexos.

En el análisis de las impresiones dactilares se estudia la distribución de frecuencias de los distintos tipos de figuras, promedio de deltas (pattern intensity), índice de DANKMEIJER y valor cuantitativo digital. Mediante el correspondiente análisis estadístico se estudian las diferencias sexuales y bimanuales de los asturianos, así como las características dermatoglíficas de los asturianos respecto a las de otras poblaciones españolas y no españolas.

En la palma se estudian las frecuencias de terminación de las líneas principales, índice de CUMMINS, tri-radio axial y tipos y frecuencia de figuras en las áreas hipotenar, tenar e interdigitales. Al igual que para los dedos se verifica el análisis estadístico de las diferencias sexuales y bimanuales, así como un estudio comparativo entre los asturianos y otras poblaciones españolas y no españolas.

RESUME

Dans ce travail, qui constitue un abrégé de la thèse doctorale de l'auteur réalisée sous la direction du Prof. Dr. J. Pons Rosell, on fait l'étude dermatoglyphique d'un échantillon de 500 asturiens des deux sexes.

Dans l'analyse des empreintes digitales on étudie la distribution des fréquences des différents types de figures, moyenne de deltas (pattern intensity), indice de DANKMEIJER et valeur quantitative digitale. Moyennant l'analyse statistique correspondante on étudie les différences sexuelles et bimanuelles des asturiens, ainsi que les caractéristiques dermatoglyphiques des asturiens par rapport à celles d'autres populations espagnoles et pas espagnoles.

Dans la paume on étudie les fréquences de terminaison des lignes principales, indice de CUMMINS, tri-rayon axial et types et fréquences de figures dans les zones hypo-thénar, thénar et inter-digitale. De même que pour les doigts, on fait l'analyse statistique des différences sexuelles et bi-manuelles, et aussi une étude comparative entre les asturiens et d'autres populations espagnoles et pas espagnoles.

SUMMARY

In this paper, which is a résumé of the author's doctoral thesis written under the direction of Prof. Dr. J. Pons Rosell, a dermatoglyphic study is made of a sample of 500 asturians both male and female.

In the finger-prints analysis he studies the distribution of frequencies in the different types of patterns, the delta average (pattern intensyti), DANKMEIJER'S index and quantitative digital value. Through the corresponding statistic analysis he studies the sexual and bi-manual differences of the asturians, as well as the dermatoglyphic characteristics of asturians with regard to other Spanish and no Spanish populations.

In the palm he studies the end frequencies of the main lines, CUMMINS index, axial trirradii and types and frequencies of patterns in the hypothenar, thenar and interdital areas. As in the fingers, he carries out the statistic analysis of sexual and bi-manual differences, as well as a comparative study between the asturians and other Spanish and no Spanish populations.

CONSIDERACIONES GENERALES

Como es sabido, se denominan dermatoglifos o impresiones dermopapilares a los dibujos que se forman sobre la piel de los dedos, palmas y plantas, consistentes en las alineaciones de las crestas papilares. Son, pues, el resultado de los relieves producidos por el estrato papilar de la dermis. Cada relieve externo corresponde a una doble hilera de papilas (fig. 1).

Las líneas dermopapilares se forman durante el tercero y cuarto mes de vida intrauterina y, una vez formadas, permanecen ya inmutables durante toda la vida del individuo, salvo por lo que se refiere a su tamaño, lo que fue demostrado por WILCHER en 1898.

Las líneas dermopapilares presentan una base genética de herencia polímera. El número de genes que intervienen no está aún bien determinado, y aunque BONNEVIE propuso la existencia de tres factores (V, R y U), en la actualidad esta hipótesis está desechada.

El estudio de las líneas dermopapilares presenta un indudable interés tanto desde el punto de vista teórico como práctico, debido a sus características y entre las que merecen ser señaladas las siguientes:

- Inmutabilidad a lo largo de la vida del individuo.
- Herencia polímera.
- Poco sensibles a la deriva genética y a las mutaciones, precisamente como consecuencia de su herencia poligénica.
- Ausencia de selección matrimonial.
- Presentan gran variabilidad racial.
- Presentan asociación con otros rasgos corporales (sindactilia, debilidad mental, epilepsia, esquizofrenia, etc.).
- Son de fácil obtención y conservación.

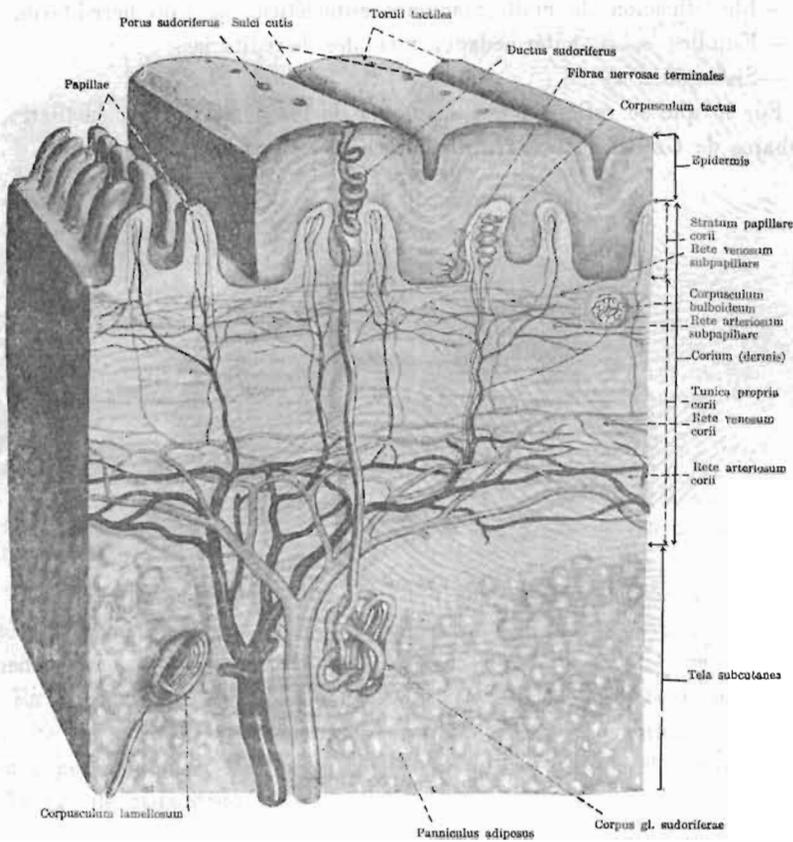


Fig. 1.—Bloque diagramático representando la estructura de la piel y la formación de los relieves dermopapilares.

—Aportan una información objetiva.

—Permiten un tratamiento de datos no sólo cualitativos sino también cuantitativos.

Todos estos rasgos hacen posible un gran número de aplicaciones de los dermatoglifos, tales como:

—Identificación personal.

—Resolución de problemas legales de paternidad.

—Identificación de gemelos monozigóticos.

—Análisis de las diferencias bimanuales y sexuales.

—Estudios genéticos en familias.

—Determinación de alteraciones gonosómicas (síndromes de TURNER, KLINEFELTER) y autosómicas (síndromes de DOWN, maullido del gato, etc.).

- Identificación de malformaciones esqueléticas de tipo hereditario.
- Estudios sobre enfermedades mentales hereditarias.
- Sistemática racial.

Por lo que se refiere a la morfología de los dermatoglifos dactilares, desde los trabajos de GEIPEL (1935), se distinguen tres tipos básicos:

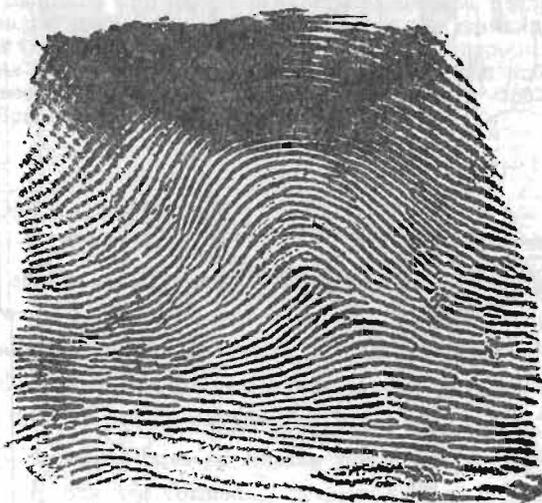


Fig. 2.—Arco típico.

1.—ARCOS: las líneas entran por uno de los bordes de la yema y tienden a extenderse hacia el otro lado, formando una curva u onda en el centro del área de la figura, con la concavidad hacia el borde proximal. Este tipo de figura carece de delta o trirradio. (Fig. 2).

2.—PRESILLAS: es un tipo de figura en el que una o más líneas se introducen por uno de los bordes del área de la muestra. se curvan y terminan, o tienden a terminar, en el mismo lado de la yema por el que las líneas entraron. Las presillas poseen un solo delta (punto en el que se delimitan tres sistemas de líneas: basilar, marginal y nuclear).

Las presillas se clasifican en CUBITALES y RADIALES, según el borde de la mano hacia el que se presente la concavidad de las líneas del sistema nuclear. (Fig. 3).

3.—TORBELLINOS: es un tipo de figura provisto de dos o más trirradios y en el que las líneas que forman el sistema nuclear pueden cerrarse sobre sí mismos, formar espirales u otras figuras. (Fig. 4).



Fig. 3.—Presilla.



Fig. 4.—Torbellino concéntrico.

Cada uno de los anteriores tipos fundamentales puede a su vez dar formas intermedias o particulares, con lo que el número de figuras aumenta considerablemente.

En el estudio de las figuras dactilares se atiende, además de al tipo y frecuencia de las mismas, al número de deltas y al valor cuantitativo digital (determinado por el número de líneas existentes entre el delta y el centro del núcleo de la figura) de cada dedo.

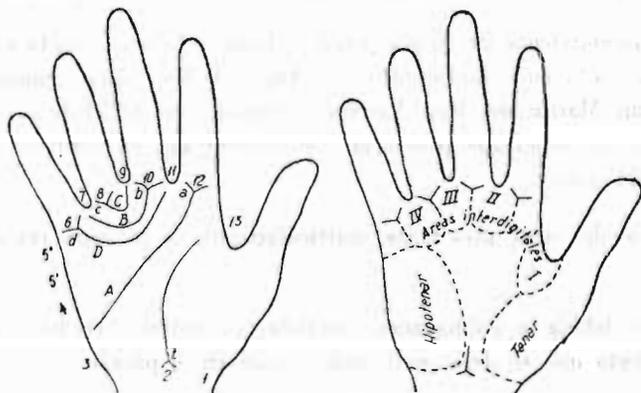


Fig. 5.—Líneas principales y áreas de la palma.

La palma presenta también sus propias características dermopapilares, algunas de las cuales se representan mediante la denominada FORMULA PALMAR, consistente en una serie de cifras y letras colocadas en un orden determinado.

Para el estudio dermatoglífico de la palma, de acuerdo con las indicaciones metodológicas de CUMMINS y MIDLO (1961), se atiende a la terminación de las LINEAS PRINCIPALES (Fig. 5), que son los radiantes de mayor longitud que parten de los deltas situados en la base de los dedos índice, medio, anular y meñique (designadas por las letras A, B, C y D, respectivamente), al TRIRRADIO AXIAL (situado en el borde proximal de la palma) y a las figuras de las áreas HIPOTENAR, TENAR I INTERDIGITAL y II, III y IV áreas interdigitales. En ocasiones también se atiende a otros rasgos, como son ángulos y distancias entre determinados trirradios de la palma, índices, etc.

LA MUESTRA ESTUDIADA Y SUS CARACTERISTICAS

Nuestro trabajo de investigación se centra fundamentalmente en el estudio de una muestra de asturianos de ambos sexos.

Los estudios bioantropológicos sobre los asturianos son aún muy escasos y por lo que se refiere a las líneas dermopapilares estaban sin realizar, por lo que teniendo en cuenta su interés raciológico unido a que ya algunos grupos de españoles habían sido estudiados por PONS (1962b, 1954, 1963, 1966a, 1966b y 1967), consideramos interesante realizar este trabajo al objeto de contribuir no sólo al conocimiento de los asturianos sino también al de perfilar mejor las características raciales de los españoles.

La muestra estudiada está formada por 500 individuos (262 varones y 250 mujeres). La selección de la misma se realizó atendiendo a distintos aspectos:

- 1.—*Irregular asentamiento de la población*, debido a la accidentada orografía regional. Tan sólo en ocho municipios (Aller, Avilés, Gijón, Langreo, Mieres, Oviedo, San Martín del Rey Aurelio y Siero), con 1.259 Km², es decir, el 11,92 % de la superficie provincial, se concentraba en 1960 el 53,42 % de la población total.
- 2.—*Inmigración* de otras provincias, particularmente a la zona central más industrial.
- 3.—*Endogamia* debida a poblaciones asentadas en valles cerrados o mal comunicados, efecto que se dejó sentir mucho más en el pasado.

Como consecuencia de los anteriores hechos, se siguieron los criterios que a continuación se mencionan:

- 1.—*El grado de asturianía* de los individuos de la muestra se fijó al elegir solamente aquellos individuos que tuvieran como ascendientes a sus cuatro abuelos de origen asturiano.

- 2.—*Para evitar la pérdida de información genética* se eliminó el parentesco entre los individuos de la muestra.
- 3.—*Se realizó un muestreo al azar* procurando que el número de individuos de cada zona fuera proporcional a la densidad de población de la misma.
- 4.—*La composición por sexos* de la muestra se tomó en proporciones similares, al objeto de poder realizar los estudios estadísticos para las diferencias sexuales.

Los resultados obtenidos del análisis dermatoglífico de la muestra fueron sometidos al correspondiente estudio bioestadístico al objeto de realizar la adecuada tabulación de datos, cálculo de estadísticos y análisis de las pruebas de significación estadística para las diferencias sexuales, bimanuales y de poblaciones.

Con objeto de tener una primera idea comparativa de los asturianos se ha realizado al mismo tiempo un estudio dermatoglífico comparado entre los diferentes grupos de españoles de los que se dispone de datos, así como entre los españoles y otras poblaciones no españolas.

CONCLUSIONES

ANALISIS DE LAS IMPRESIONES DACTILARES

FIGURAS DACTILARES

1.—*LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS*, entre los asturianos, de cada uno de los tipos de figuras se representa en el cuadro n.º 1.

CUADRO N.º 1

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE FIGURAS EN LOS DIEZ DEDOS
DE LOS ASTURIANOS

n	P R E S I L L A S				Frec. global	Arcos
	Torbellinos	Radiales	Cubitales			
262 ♂ + 250 ♀	28,93 ± 0,63	3,95 ± 0,26	60,56 ± 0,63	64,51 ± 0,68	6,56 ± 0,35	

La distribución de cada tipo de figura para los cinco dedos de ambas manos nos permite comprobar que los ARCOS son más frecuentes en el dedo II, los TORBELLINOS lo son en el dedo IV, las PRESILLAS CUBITALES en el dedo V y las P. RADIALES lo son en el dedo II.

La serie de frecuencias decrecientes para cada tipo de figuras nos permite establecer el siguiente orden para los dedos de ambas manos:

ARCOS	II, III, I, IV, V
PRESILLAS RADIALES	II, III, IV, I, V
PRESILLAS CUBITALES	V, III, IV, I, II
TORBELLINOS	IV, I, II, III, V

2.—Las DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES entre los asturianos son manifiestas. Los varones presentan más altos porcentajes de torbellinos y presillas radiales que las mujeres, mientras que éstas tienen más altos los porcentajes de arcos y presillas cubitales (cuadro n.º 2).

Tipo de figura	Varones		Mujeres		Total
	Nº	%	Nº	%	
ARCOS	110	10,2	170	15,5	280
TORBELLINOS	280	25,5	170	15,5	450
PRESILLAS RADIALES	170	15,5	110	10,2	280
PRESILLAS CUBITALES	170	15,5	280	25,5	450
TOTAL	730		450		1180

CUADRO 2

CUADRO N.º 2

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE LAS FIGURAS DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES

Figuras	Arcos			Presillas radiales			Presillas cubitales			Torbellinos		
	D	I	D+I	D	I	D+I	D	I	D+I	D	I	D+I
♂	4,28	6,58	5,43	4,81	4,51	4,66	56,61	61,97	59,29	34,30	26,93	30,62
♀	6,72	8,80	7,76	2,80	3,60	3,20	62,62	61,36	61,84	28,16	26,24	27,20
♂ + ♀	5,50	7,69	6,60	3,81	4,10	3,95	59,47	61,67	60,57	31,23	26,59	28,91

Las presillas radiales están ausentes en el dedo V de ambas manos de los varones, mientras que las mujeres presentan la ausencia de este tipo de figuras en el dedo I de ambas manos y en los dedos IV y V de la mano derecha.

Entre los varones se presentan las frecuencias más altas de arcos y presillas cubitales en la mano izquierda que en la derecha, mientras que los torbellinos presentan una distribución contraria (cuadro n.º 2). En las mujeres los arcos y presillas radiales son más frecuentes en la mano izquierda que en la derecha, mientras que los torbellinos y presillas cubitales presentan una distribución inversa (cuadro n.º 2).

Las presillas radiales se presentan más frecuentemente en la mano derecha de los varones y en la izquierda de las mujeres, ocurriendo lo contrario con las presillas cubitales.

3.—EL PROMEDIO DE DELTAS es, para ambos sexos, más alto en la mano derecha que en la izquierda y, también, más alto entre los varones que entre las mujeres (cuadro núm. 3), tal como habíamos anunciado en un trabajo anterior (EGOCHEAGA, 1971). Las diferencias sexuales y bimanuales no son estadísticamente significativas.

CUADRO N.º 3

PROMEDIO DE DELTAS ("Pattern intensity") E INDICE DE DANKMEIJER DISPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES EN ASTURIANOS

n	Sexo	Promedio de deltas			Índice de Dankmeijer		
		D	I	D + I	D	I	D + I
262	♂	13,06	12,02	12,54 ± 0,23	12,47	24,43	17,72
250	♀	12,13	11,73	11,92 ± 0,24	23,86	33,53	28,52
512	♂ + ♀	12,59	11,87	12,23 ± 0,17	17,61	28,92	22,83

4.—La COMPARACION DE LOS ASTURIANOS CON OTRAS POBLACIONES DE ESPAÑOLES nos permite observar que para los torbellinos el orden decreciente de frecuencias es el siguiente: VASCOS > CANARIOS > ASTURIANOS > BARCELONESES > ARANESES; para las presillas radiales el orden decreciente de frecuencias es: ARANESES > BARCELONESES > ASTURIANOS > VASCOS > CANARIOS >; para las presillas cubitales se tiene: BARCELONESES > ARANESES > ASTURIANOS > CANARIOS > VASCOS; finalmente, para los arcos el orden decreciente de frecuencias es: ARANESES > CANARIOS > ASTURIANOS > BARCELONESES > VASCOS (cuadro núm. 4).

Al analizar las frecuencias de figuras en cada dedo se observa una coincidencia en la ordenación decreciente de frecuencias en los dedos II, III y I para los arcos, y en los dedos II, III y IV para las presillas radiales de todos los grupos; para las presillas cubitales coinciden, en la ordenación, los vascos y barceloneses (dedos V, III y I), por un lado, y los canarios y asturianos (dedos V, III y IV) de otro. Por lo que se refiere a los torbellinos coinciden plenamente los vascos asturianos y barceloneses (dedos IV, I, II, III y V), diferenciándose los canarios.

Por lo que se refiere al PROMEDIO DE DELTAS, los valores más bajos los presentan los araneses (11,68) y los más altos los vascos (12,89). La ordenación decreciente de los diferentes grupos de españoles es la siguiente: VASCOS > CANARIOS > ASTURIANOS > ESPAÑOLES DEL N. E. > BARCELONESES > ARANESES.

Los asturianos no difieren estadísticamente de ninguno de los grupos de españoles estudiados por lo que se refiere al promedio de deltas, pero hay que tener en cuenta que las comparaciones se han realizado únicamente entre las series de varones por carecer de datos para las mujeres en la mayoría de las poblaciones estudiadas.

5.—De la COMPARACION DE LOS ESPAÑOLES CON OTRAS POBLACIONES no españolas, utilizando para ello el promedio de deltas, se deduce la posición intermedia que ocupan los asturianos entre los Európidos (gráfica 1) juntamente con los italianos y portugueses. Los Európidos alcanzan valores más altos que los Négridos, pero notablemente más bajos que los Mongólidos. Los valores de la "pattern intensity" de los Európidos oscilan entre 11,09 (Frisones U.S.A.) y 14,55 (Sirios); para los Négridos los valores están comprendidos entre 11,1 y 13,5; los Mongólidos, con una mayor variabilidad, oscilan entre 12,6 y 18,2. Los Pigmidos presentan una oscilación entre 10 y 13,6, mientras que los Khoisánidos, con los valores más bajos, oscilan entre 9,9 y 11,2.

Dado que el promedio de deltas sirve para valorar la complejidad de las figuras dactilares, se puede observar dentro del tronco de los Európidos (gráfica 1) como la complejidad de las mismas aumenta desde los nórdicos a los mediterráneos pasando por valores intermedios entre los álpidos.

EL VALOR CUANTITATIVO DIGITAL

6.—Entre los asturianos, y para ambos sexos, el orden decreciente de los dedos según el valor cuantitativo es el siguiente: I, IV, V, III y II (cuadro n.º 5).

El valor cuantitativo individual medio de los asturianos concuerda con el obtenido para el promedio de deltas para las DIFERENCIAS SEXUALES, de forma que los varones presentan los valores más altos, siendo las diferencias entre varones y mujeres estadísticamente significativas ya que para una $t = 2,20$ y 510

CUADRO N.º 4

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE FIGURAS EN EL CONJUNTO DE LOS DIEZ DEDOS EN ESPAÑOLES VARONES

	n	P R E S I L L A S				Arcos
		Torbellinos	Radiales	Cubitales	Frec. globales	
Vascos	102 ♂	33,6 ± 1,49	4,6 ± 0,66	57,0 ± 1,56	61,7 ± 1,53	4,7 ± 0,67
Canarios	471 ♂	32,0 ± 0,67	3,5 ± 0,26	53,4 ± 0,72	61,9 ± 0,71	5,9 ± 0,34
Asturianos	262 ♂	30,62 ± 0,90	4,66 ± 0,41	59,29 ± 0,96	63,67 ± 0,94	5,43 ± 0,45
Barceloneses	100 ♂	28,1 ± 1,40	5,9 ± 0,75	61,1 ± 1,54	67,0 ± 1,49	4,9 ± 0,68
Araneses	103 ♂	25,5 ± 1,36	6,0 ± 0,74	60,0 ± 1,53	66,0 ± 1,47	8,5 ± 0,87

grados de libertad, la probabilidad está comprendida entre 0,02 y 0,05. La variabilidad del valor cuantitativo oscila entre 10,80 y 19,94 para los varones y de 10,62 a 17,76 en las mujeres.

Las DIFERENCIAS BIMANUALES son más fuertes en las mujeres que entre los varones, presentándose los valores cuantitativos más altos para la mano derecha que para la izquierda. Las diferencias bimanuales son estadísticamente significativas para ambos sexos, ya que para una $t = 2,27$ y 261 grados de libertad se obtiene, para los varones, una probabilidad comprendida entre 0,02 y 0,05, mientras que para las mujeres, con una $t = 2,66$ y 249 grados de libertad se obtiene una probabilidad comprendida entre 0,001 y 0,01.

Muestra	N	Izquierda		Derecha		Diferencia	Probabilidad	Grados de libertad
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.			
Varones	103	10,80	1,20	11,20	1,40	0,40	0,02	261
Mujeres	100	10,62	1,10	11,10	1,48	0,48	0,01	249
Varones	50	10,80	1,20	11,20	1,40	0,40	0,02	125
Mujeres	50	10,62	1,10	11,10	1,48	0,48	0,01	125

CUADRO N.º 5

VALORES CUANTITATIVOS INDIVIDUALES MEDIOS EN ASTURIANOS

Dedos	I		II		III		IV		V		I a V		I a V	
	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
Manos														
♂	19,94	16,73	11,87	10,80	11,94	12,15	15,92	16,24	13,67	13,75	14,67	13,94	14,31	± 0,33
♀	17,76	14,98	11,50	10,62	11,55	11,34	15,33	15,14	12,55	12,65	13,74	12,94	13,34	± 0,30
♂ + ♀	18,85	15,86	11,69	10,71	11,75	11,75	15,63	15,69	13,11	13,22	14,21	13,44	13,83	± 0,32

7.—La COMPARACION CON LAS POBLACIONES ESPAÑOLAS en las que este rasgo dermatoglífico ha sido estudiado (PONS, op. cit.), nos permite establecer la siguiente ordenación decreciente según el promedio del valor cuantitativo individual: ASTURIANOS > VASCOS > BARCELONESES (cuadro n.º 6). Si se atiende ahora al valor cuantitativo de cada dedo se puede establecer el siguiente ordenamiento según valores decrecientes: I, IV, V, III y II, que es idéntico para las tres series de varones consideradas.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4 + 5	13.82	11.90	10.41	11.22	11.22	12.09	12.60	13.11	13.35	13.51	13.64	
6	12.20	11.01	10.05	11.22	11.31	12.03	12.14	12.22	13.02	13.24	13.61	
5	13.24	10.53	10.30	11.07	13.12	12.65	10.57	11.91	13.12	14.02	13.00	
PROMEDIO												
TOTAL												

ESTADÍSTICA DE LA POBLACION DE BARCELONA EN 1910

CUADRO N.º 6

CUADRO N.º 6

VALORES CUANTITATIVOS INDIVIDUALES MEDIOS EN ESPAÑOLES VARONES

Dedos	I		II		III		IV		V		I a V		I a V			
	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I		
Manos																
Asturianos	19,94	16,73	11,87	10,80	11,94	12,15	15,92	16,24	13,67	13,79	14,67	± 0,40	13,94	± 0,38	14,31	± 0,33
Vascos	19,7	16,4	11,0	10,2	12,1	12,7	16,4	16,9	14,0	14,5	14,6	± 0,51	14,1	± 0,51	14,3	± 0,49
Barceloneses	18,0	15,1	10,5	11,2	10,6	11,6	15,3	15,3	13,2	12,7	13,5		13,2		13,3	± 0,46

Las series de varones vascos y asturianos presentan valores cuantitativos prácticamente iguales (cuadro n.º 6), por lo que al no disponer de los datos correspondientes a la serie femenina entre los vascos, no es posible señalar si realmente existirían diferencias de grupo. Las diferencias para las tres series de varones españoles a las que nos referimos, no son estadísticamente significativas.

8.—La COMPARACION CON OTRAS POBLACIONES no españolas no permite sacar conclusiones definitivas dado el escaso número de ellas en las que se ha estudiado el valor cuantitativo dactilar. No obstante se puede, provisionalmente, señalar el hecho de que los asturianos, y con ellos los otros dos grupos de españoles estudiados, ocupan una posición intermedia. Los valores promedio del valor cuantitativo oscilan entre 8,6 (Pígmidos) y 20,6 (Esquímidos). Los españoles se sitúan dentro de la variabilidad de los Európidos, los cuales, a su vez, se sitúan entre los Négridos y los Mongólidos.

ANALISIS DE LAS IMPRESIONES PALMARES

LINEAS PRINCIPALES

9.—Las FRECUENCIAS DE TERMINACION, para la LINEA A, más altas se presentan en posición 3 para ambos sexos, siendo, además, los valores más altos entre las mujeres (54,60) que para los varones (47,69). Para la LINEA B las frecuencias más altas se dan en posición 7 para los varones y en posición 5" para las mujeres. La LINEA C termina más frecuentemente en posición 9 en ambos sexos, presentando las frecuencias más altas los varones (44,8) mientras que para las mujeres quedan algo más bajas (41,8). Para la LINEA D las frecuencias de terminación más altas se dan en posición 11 para ambos sexos, siendo los valores más altos entre los varones (44,42) que entre las mujeres (41,4).

10.—Las DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES entre los asturianos se ponen de manifiesto más claramente cuando se atiende al INDICE DE CUMMIS para las líneas principales (cuadros n.º 7 y 8). Se observa que las diferencias sexuales únicamente son estadísticamente significativas cuando se consideran ambas manos reunidas, mientras que las diferencias bimanuales son claras en ambos sexos, siendo la probabilidad muy inferior al 0,001.

CUADRO N.º 7

INDICE DE LAS LINEAS PRINCIPALES (CUMMINS Y MIDLO) DISPUESTO PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS BIMANUALES EN ASTURIANOS

	♂	♀	♂ + ♀
D	9,10 ± 0,13	8,65 ± 0,11	8,88 ± 0,09
I	7,77 ± 0,14	7,56 ± 0,11	7,67 ± 0,16
D-I	1,33	1,09	1,21
t	6,65	7,79	7,12
gl	521	498	1021
p	p << 0,001	p << 0,001	p << 0,001

CUADRO N.º 8

INDICE DE LAS LINEAS PRINCIPALES DISPUESTO PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES EN ASTURIANOS

	D	I	D + I
♂	9,10 ± 0,13	7,77 ± 0,14	8,43 ± 0,10
♀	8,65 ± 0,11	7,56 ± 0,12	8,10 ± 0,11
♂ — ♀	0,45	0,21	0,33
t	0,98	1,24	2,36
gl	510	509	1021
p	0,3 < p < 0,4	0,2 < p < 0,3	0,01 < p < 0,02

También se encuentran diferencias bimanuales cuando se atiende a las formas abortivas de la LINEA C, siendo éstas más frecuentes en la mano izquierda que en la derecha en ambos sexos.

11.—Para COMPARAR A LOS ASTURIANOS CON AQUELLOS GRUPOS DE ESPAÑOLES en los que también se han estudiado estos caracteres dermatoglíficos, resulta muy práctico utilizar como dato comparativo el PROMEDIO DE LAS TERMINACIONES DE LA LINEA D, encontrándose que los valores más altos los presentan los araneses (9,93) y los más bajos los españoles del NE. (9,36). De acuerdo con este dato (cuadro n.º 9) se puede establecer la siguiente ordenación de-

creciente: ARANESES > VASCOS > ASTURIANOS > BARCELONESES > CANARIOS > ESPAÑOLES del NE., de donde se deduce que los habitantes del Valle de Arán son, de entre los españoles estudiados, los que presentan una mayor tendencia a la transversalidad de las líneas principales de la palma.

CUADRO N.º 9

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE LAS TERMINACIONES DE LA LINEA D Y PROMEDIO DE LAS TERMINACIONES DE LA LINEA D (M), SEGUN LOS TIPOS MODALES DE CUMMINS Y MIDLÓ, EN ESPAÑOLES VARONES

	7	9	11	M
Españoles del NE.	20,35	41,10	38,55	9,36
Canarios	17,75	41,41	40,85	9,37
Barceloneses	21,0	39,5	39,5	9,41
Asturianos	14,04	41,36	45,00	9,56
Vascos	12,9	40,1	47,0	9,68
Araneses	12,15	38,45	51,10	9,93

Resultados similares se obtienen al considerar el INDICE DE CUMMINS para las líneas principales. De acuerdo con este valor, la ordenación de los distintos grupos de españoles según una serie decreciente es la siguiente: ARANESES > ASTURIANOS > VASCOS > BARCELONESES > ESPAÑOLES del NE. (cuadro número 10). No se dispone de datos para los CANARIOS. La diferencia entre los valores obtenidos para los araneses y los españoles del NE es estadísticamente significativa, como también lo es entre araneses y barceloneses, pero ya no lo es entre araneses y vascos ni entre araneses y asturianos.

12.—Por lo que respecta a la COMPARACION DE LOS ESPAÑOLES CON OTRAS POBLACIONES no españolas, se ha de señalar, en primer lugar, que los españoles caen dentro de la variabilidad de los Európidos (gráfica n.º 3), cuando se consideran las terminaciones de la LINEA D agrupadas según los tres tipos modales de CUMMINS y MIDLÓ.

Si se atiende al promedio de las terminaciones de la LINEA D (gráfica n.º 2) se observa que los Európidos, y entre ellos los españoles, presentan los valores más altos; los Pígmidos y los Négridos tienden, en cambio, a presentar valores bajos; los Khoisánidos se aproximan bastante a la variabilidad de los Európidos; los Mongólios asiáticos, los Amerindios y algunas poblaciones de Insulindia y del Pacífico, ocupan posiciones intermedias; los Esquímidos, en cambio, se aproximan a valores similares a los de los Európidos.

CUADRO N.º 10

INDICE DE LAS LINEAS PRINCIPALES DE CUMMINS EN ESPAÑOLES
VARONES

	n	I. C.
Españoles del NE.	156 ♂	16,19 ± 0,3
Canarios	471 ♂	?
Barceloneses	100 ♂	16,30 ± 0,17
Vascos	102 ♂	16,81 ± 0,35
Asturianos	262 ♂	16,87 ± 0,10
Araneses	103 ♂	17,21 ± 0,33

EL TRIRRADIO AXIAL

13.—Los asturianos presentan las frecuencias más altas para la posición t, siendo, asimismo, más altas entre los varones (77,48) que entre las mujeres (67,70); para la posición t' las frecuencias son ya mucho más bajas, presentando los valores más altos las mujeres (12,40). Las frecuencias para el resto de las posiciones y número de trirradios axiales son ya mucho más bajas.

Las DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES no son tan claras como para otros rasgos dermatoglíficos. Ya se ha señalado que para la posición t son los varones los que presentan las frecuencias más altas, en cambio, para las posiciones t' y t'' son las mujeres las que presentan frecuencias más altas. La presencia de más de un trirrudio axial es poco frecuente, siendo de destacar la aparición de la forma tt' en un 8,02 % entre los varones y en un 7,22 % entre las mujeres asturianas. Las diferencias bimanuales son poco claras entre los varones pero más expresivas entre las mujeres (cuadro n.º 11), sobre todo, para el tipo tt' que se presenta más frecuentemente en la mano derecha de ambos sexos.

14.—La COMPARACION DE LOS ASTURIANOS CON OTRAS POBLACIONES no puede realizarse en forma satisfactoria por no disponer de suficientes datos publicados para el trirrudio axial. Entre los españoles, además de los asturianos, este carácter ha sido estudiado por PONS (1952b) en estudiantes barceloneses y para los que, al igual que ocurre con los asturianos, las frecuencias más altas se dan para la posición t, seguidas de las de la posición t'. Para la posición t, los asturianos presentan frecuencias más altas que los barceloneses.

PONS (1951 y 1952a) encontró para los Bubi, Pamue y Combe valores del trirrudio axial próximos a los encontrados para los barceloneses, y valores no muy diferentes se encuentran en los esquimales de Cabo Barrow, húngaros, negros de

CUADRO N.º 11

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE LAS DISTINTAS POSICIONES DEL TRIRRADIO AXIAL EN ASTURIANOS, DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES

Tipos de trirradios	♂			♀			Σ
	D	I	D + I	D	I	D + I	
t	75,95	79,00	77,48	68,80	68,40	67,60	72,54
t'	9,16	9,54	9,35	9,20	15,60	12,40	10,88
t''	1,15	0,38	0,76	1,20	0,80	1,00	0,88
tt	1,15	—	0,57	1,20	0,40	0,80	0,69
tt'	8,78	7,25	8,02	8,00	6,40	7,22	7,62
t' t'	—	—	—	—	0,40	0,20	0,10
tt''	1,15	0,76	0,95	—	—	—	0,48
t' t''	—	—	—	0,40	—	0,20	0,10
tt' t'	0,38	—	0,19	—	—	—	0,10
tt' t''	0,38	—	0,19	0,40	—	0,20	0,20
0 ó t	1,91	3,05	2,48	8,80	4,40	6,60	4,54
Palmas	261	262	523	250	250	500	1.023

Sierra Leona y Liberia. Frecuencias algo más altas se encuentran para los árabes de Ruala, ciertos Amerindios y Bosquimanos. Valores más bajos los presentan los pigmeos del Ituri, indígenas de América Central e hindúes.

LAS FIGURAS EN EL AREA HIPOTENAR

15.—Las frecuencias más altas de figuras verdaderas en el área hipotenar entre los asturianos se presentan para las presillas radiales (19,59), seguidas de las formas dobles A^u /L^u (3,56), descendiendo ya mucho las frecuencias para el resto de las figuras.

Hay que señalar el hecho de la presencia de una gran riqueza de figuras en esta área de la palma ya que, para los asturianos, se han contabilizado 36 tipos diferentes sin contar los arcos y vestigios.

16.—Las frecuencias más altas de figuras verdaderas y vestigios en el área hipotenar de los asturianos la presentan las mujeres (cuadro n.º 12). Las DIFERENCIAS SEXUALES son estadísticamente significativas tanto si se consideran las manos derecha e izquierda por separado, como cuando se consideran ambas manos reunidas, siendo este hecho particularmente interesante por cuanto no había podido constatarse hasta ahora en otros estudios similares además de que, al contrario de lo que ocurre en otras poblaciones, aquí son las mujeres las que presentan las frecuencias más altas.

CUADRO N.º 12

FRECUENCIAS DE VESTIGIOS Y FIGURAS VERDADERAS EN EL AREA HIPOTENAR, DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES EN ASTURIANOS

	σ	φ	$\sigma + \varphi$	Palmas	Diferencia $\sigma - \varphi$	t	gl	Probabilidad
D	35,24 \pm 2,95	45,60 \pm 3,15	40,42 \pm 2,17	511	- 10,36	2,40	509	0,01 < P < 0,02
I	34,11 \pm 2,12	42,80 \pm 3,13	38,47 \pm 2,15	508	- 8,67	2,29	506	0,02 < P < 0,05
D + I	34,69 \pm 2,09	44,20 \pm 2,22	39,45 \pm 1,52	1.019	- 9,51	3,11	1.017	0,001 < P < 0,01
Palmas	519	500	1.019					
D - I	1,11	2,80	1,95					
t	0,31	0,63	0,64					
g.l	517	498	1.017					
Probabilidad	0,7 < P < 0,8	0,5 < P < 0,6	0,5 < P < 0,6					

Las DIFERENCIAS BIMANUALES se ponen de manifiesto por una frecuencia más alta de vestigios y figuras verdaderas en la mano derecha que en la izquierda para ambos sexos. La significación estadística para esta diferencia no alcanza, para ninguno de los sexos, una probabilidad inferior al 0,05 ni cuando se les considera por separado ni en conjunto.

17.—Al COMPARAR LOS ASTURIANOS CON OTROS GRUPOS DE ESPAÑOLES nos encontramos, atendiendo a las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas, con que los valores más altos los presentan los vascos (44,7) y los más bajos los españoles del NE (33,97). La ordenación decreciente de los distintos grupos de españoles, atendiendo a las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas en el área hipotenar, nos da la siguiente secuencia: VASCOS > BARCELONESES > ARANESES > CANARIOS > ASTURIANOS > ESPAÑOLES del NE. La diferencia entre asturianos y vascos es estadísticamente significativa, pero ya no lo es entre asturianos y barceloneses ni entre asturianos y españoles del NE.

18.—Los grupos de españoles estudiados hasta la fecha se COMPARAN CON OTRAS POBLACIONES NO ESPAÑOLAS, encontrándose que caen dentro de la variabilidad de los Európidos, quedando los vascos entre las poblaciones con frecuencias más altas y los españoles del NE entre los de las frecuencias más bajas (gráfica n.º 4).

Los Európidos presentan valores más bien altos con relación a los Négridos, mientras que los Mongólidos presentan una amplia variabilidad que se extiende desde valores más bajos que los de los Négridos aunque sin alcanzar los valores altos de los Európidos (gráfica n.º 4).

LAS FIGURAS DE LAS AREAS TENAR Y PRIMERA INTERDIGITAL

19.—Los asturianos presentan en estas áreas, que como es sabido se estudian conjuntamente por la dificultad de su separación, trece tipos diferentes de figuras, sin contar los campos abiertos ni vestigios. Las frecuencias más altas se dan para los vestigios (4,13) y a las que siguen las frecuencias para las formas combinadas L/V (3,27) y presillas (1,57), siendo las frecuencias del resto de las figuras verdaderas bastante más bajas.

20.—Las DIFERENCIAS SEXUALES, cuando se atiende únicamente a las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas, no se confirman estadísticamente ni cuando se consideran la mano derecha e izquierda por separado, ni para ambas manos reunidas (cuadro n.º 13).

Las DIFERENCIAS BIMANUALES son muy claras para los varones (probabilidad inferior al 0,001) pero no así para las mujeres cuya probabilidad está comprendida entre 0,6 y 0,7 (cuadro n.º 13). No obstante las diferencias bimanuales de grupo quedan estadísticamente aseguradas como consecuencia de la fuerte diferencia que presentan los varones.

CUADRO N.º 13

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE VESTIGIOS Y FIGURAS VERDADERAS EN LAS AREAS TENAR
Y I INTERDIGITAL EN ASTURIANOS

	σ	φ	$\sigma + \varphi$	Palmas	Diferencia $\sigma - \varphi$	t	g.l.	Probabilidad
D	7,45 ± 1,64	12,03 ± 2,09	9,32 ± 1,33	496	-4,58	1,72	494	0,05 < P < 0,1
I	16,85 ± 2,31	13,41 ± 2,17	15,14 ± 1,59	507	3,45	1,09	505	0,1 < P < 0,2
D + I	12,21 ± 1,42	12,73 ± 1,51	12,47 ± 1,04	1.003	-0,52	0,25	1.001	0,8 < P < 0,9
Palmas	516	487	1.003					
D → I	-9,41	-1,38	-5,40					
t	3,31	0,46	2,61					
g.l	514	485	1.001					
Probabilidad	P < 0,001	0,6 < P < 0,7	0,001 < P < 0,01					

21.—De la COMPARACION DE LOS ASTURIANOS CON LOS DEMAS GRUPOS DE ESPAÑOLES estudiados se deduce, cuando se atiende a las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas en las áreas tenar/I interdigital, la siguiente ordenación decreciente: CANARIOS > ASTURIANOS > ARANESES > VASCOS > ESPAÑOLES del NE. > BARCELONESES. Los asturianos son, por tanto, los peninsulares con frecuencias más altas, mientras que los canarios con 17,6 % casi doblan las frecuencias de los barceloneses (9,5 %).

Las diferencias entre asturianos y canarios son estadísticamente significativas (probabilidad comprendida entre 0,001 y 0,01), pero en cambio no lo son entre asturianos y barceloneses (probabilidad comprendida entre 0,5 y 0,6).

Al igual que ocurre entre los asturianos, en todos los grupos de españoles estudiados por PONS, las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas en las áreas tenar/I interdigital son mucho más bajas que las del área hipotenar.

22.—De la COMPARACION DE LOS ESPAÑOLES CON OTRAS POBLACIONES no españolas se deduce, en primer lugar, que los asturianos ocupan una posición intermedia entre los Európidos (gráfica n.º 4), mientras que los canarios se sitúan entre los grupos con valores más altos y los barceloneses entre los de valores más bajos.

Mientras que los Európidos presentan en las áreas tenar/I interdigital una menor frecuencia de vestigios y figuras verdaderas que en el área hipotenar, los Négridos presentan una mayor correspondencia como tronco racial, aunque con amplias diferencias raciales dentro del tronco; por su parte los Mongólidos presentan una amplia variabilidad, aunque también se observa para cada raza una correlación inversa entre las frecuencias del área hipotenar y tenar/I interdigital. En general, pues, hay que señalar el hecho de que a una alta frecuencia de vestigios y figuras verdaderas en el área hipotenar corresponde una baja frecuencia en las áreas tenar/I interdigital y viceversa, particularmente cuando se atiende a cada raza por separado.

Al objeto de poder establecer más claramente las diferencias entre los principales troncos raciales, resulta interesante establecer el cociente entre las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas en el área hipotenar y de las áreas tenar/I interdigital (gráfica n.º 5). Se observa entonces que los Európidos presentan valores del cociente Hipotenar/Tenar comprendidos entre 1,7 y algo más de 6,5; en los Négridos los valores oscilan desde 0,1 a 2,1, mientras que en los Mongólidos presentan una variabilidad que va desde 0,1 a 5,5.

LAS FIGURAS DE LA SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA AREAS INTERDIGITALES.

23.—Si se atiende únicamente a las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas, los asturianos presentan los valores más altos en la IV área interdital, seguidos de los de las áreas III y II, respectivamente (cuadros n.º 14, 15 y 16).

CUADRO N.º 14

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE VESTIGIOS Y FIGURAS VERDADERAS EN LA II AREA INTERDIGITAL, DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES EN ASTURIANOS.

	♂	♀	♂ + ♀	Palmas	Diferencia ♂ - ♀	t	g.l	Probabilidad
D	13,36 ± 2,10	6,80 ± 1,59	10,08 ± 1,33	512	6,56	2,49	510	0,01 < P < 0,02
I	4,96 ± 1,34	1,20 ± 0,68	3,08 ± 0,76	512	3,76	2,49	510	0,01 < P < 0,02
D + I	9,16 ± 1,26	4,00 ± 0,88	6,58 ± 0,77	1.024	5,16	3,31	1.022	P < 0,001
Palmas	524	500	1.024					
D - I	8,40	5,60	7,00					
t	3,37	6,36	4,58					
g.l	522	498	1.022					
Probabilidad	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001					

CUADRO N.º 15

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE VESTIGIOS DE FIGURAS VERDADERAS EN LA III AREA INTERDIGITAL, DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES EN ASTURIANOS.

	♂	♀	♂ + ♀	Palmas	Diferencia ♂ - ♀	t	gl	Probabilidad
D	69,49 ± 2,85	59,20 ± 3,11	64,35 ± 2,13	509	10,29	2,44	507	0,01 < P < 0,02
I	55,00 ± 3,08	53,20 ± 3,15	54,10 ± 2,40	510	1,80	0,41	508	0,6 < P < 0,7
D + I	62,24 ± 2,13	56,20 ± 2,22	59,22 ± 1,86	1.019	6,04	1,99	1.017	0,02 < P < 0,05
Palmas	519	500	1.019					
D - I	14,49	6,00	10,25					
t	2	2,70	3,19					
g.l	517	498	1.017					
Probabilidad	0,02 < p < 0,05	0,001 < p < 0,01	0,001 < p < 0,01					

CUADRO N.º 16

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE VESTIGIOS Y FIGURAS VERDADERAS EN LA IV AREA INTERDIGITAL, DISPUESTAS PARA EL ANALISIS DE LAS DIFERENCIAS SEXUALES Y BIMANUALES EN ASTURIANOS.

	σ	φ	$\sigma + \varphi$	Palmas	Diferencia $\sigma - \varphi$	t	gl	Probabilidad
D	49,62 \pm 3,10	60,00 \pm 3,99	54,81 \pm 2,18	510	-10,38	2,10	508	0,02 < P < 0,05
I	72,59 \pm 2,75	74,80 \pm 2,75	73,70 \pm 1,96	509	- 2,21	0,67	507	0,5 < P < 0,6
D + I	61,08 \pm 2,14	67,40 \pm 2,10	64,24 \pm 1,50	1.019	- 6,32	2,11	1.017	0,02 < P < 0,05
Palmas	519	500	1.019					
D - I	-22,97	-14,80	-18,89					
t	5,55	7,05	6,45					
g.l	517	498	1.017					
Probabilidad	p < < 0,001	p < < 0,001	p < < 0,001					

En la II, III y IV áreas interdigitales se presentan presillas acompañadas de trirradios accesorios, siendo más frecuentes en el área IV de la mano derecha de ambos sexos.

24.—Las DIFERENCIAS SEXUALES son claras para las tres áreas interdigitales cuando se consideran ambas manos reunidas, pero no si se consideran las manos por separado, es decir, manos derecha entre sí e izquierda entre ellas, en este caso las diferencias sexuales son bastante claras para las manos derecha pero no para la izquierda, salvo para el área II (cuadros n.º 14, 15 y 16).

Las DIFERENCIAS BIMANUALES son claras en las tres áreas (cuadros n.º 14, 15 y 16) y para ambos sexos, tanto si se las considera por separado como conjuntamente. Las diferencias son estadísticamente significativas en las tres áreas, con una probabilidad muy baja, sobre todo, en las áreas II y IV.

Para las áreas II y III las frecuencias más altas de vestigios y figuras verdaderas se dan en la mano derecha, mientras que en el área IV las frecuencias más altas aparecen en la mano izquierda.

En el área IV de ambos sexos la mano derecha presenta las más altas frecuencias de trirradios accesorios.

25.—De la COMPARACION DE LOS ASTURIANOS CON OTRAS POBLACIONES DE ESPAÑOLES se deduce la siguiente ordenación decreciente de las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas:

área II: ASTURIANOS > VASCOS > CANARIOS > BARCELONESES > ESPAÑOLES del NE > ARANESES

área III: ASTURIANOS > VASCOS > ARANESES > CANARIOS > BARCELONESES > ESPAÑOLES del NE.

área IV: BARCELONESES > CANARIOS > ESPAÑOLES del NE. > ASTURIANOS > ARANESES > VASCOS.

Las diferencias entre asturianos y vascos para el área II no son estadísticamente significativas, pero ya lo son entre asturianos y barceloneses (los vascos y canarios presentan las mismas frecuencias). Para el área III las diferencias entre asturianos y vascos no son estadísticamente significativas, pero, en cambio, son altamente significativas las diferencias entre asturianos y barceloneses. Para el área IV, las diferencias entre asturianos y barceloneses no son estadísticamente significativas y es dudosa la significación para la diferencia entre asturianos y vascos (cuadro n.º 17).

26.—Al COMPARAR LOS ESPAÑOLES CON OTRAS POBLACIONES NO ESPAÑOLAS se deduce, en primer lugar, que los españoles caen dentro de la variabilidad de los Európidos. Los asturianos se colocan en una posición intermedia para el área II, se colocan entre los valores altos para el área III y en una posición muy alta para el área IV (gráfica n.º 6).

CUADRO N.º 17

FRECUENCIAS PORCENTUALES DE FIGURAS VERDADERAS Y VESTIGIOS EN LAS II, III y IV AREAS INTERDIGITALES DE ESPAÑOLES VARONES

	II	III	IV
Araneses ♂	3,90 ± 1,29	48,15 ± 3,52	55,40 ± 3,51
Españoles del NE. ♂	4,18 ± 1,15	42,17 ± 2,83	62,98 ± 2,77
Barceloneses ♂	5,0 ± 1,54	43,7 ± 3,53	67,7 ± 3,37
Canarios ♂	5,9 ± 0,78	45,8 ± 1,64	63,5 ± 1,6
Vascos ♂	5,9 ± 1,65	59,6 ± 3,48	53,5 ± 3,54
Asturianos ♂	9,16 ± 1,26	62,24 ± 2,13	61,08 ± 2,14

La observación de la gráfica n.º 6 nos permite comprobar claramente cómo los intervalos de variabilidad de las frecuencias de vestigios y figuras verdaderas para los tres grandes troncos raciales son muy escasos en el área II, mientras que van aumentando para las áreas III y IV. La gráfica n.º 6 permite también comprobar cómo mientras para el área II apenas existen grandes diferencias entre Európidos y Négridos, los Mongóolidos presentan frecuencias notablemente más bajas; para el área III los Európidos tienen, por término medio, mayor frecuencia de vestigios y figuras verdaderas que los Négridos, mientras que los Mongóolidos, a excepción de los Esquimales, presentan frecuencias más bajas que las de Európidos y Négridos; en el área IV, los Európidos presentan las frecuencias más bajas que los Mongóolidos (a excepción de Esquimidos, indios Guayaki y Maya y Japoneses), siendo, ahora, los Négridos los que presentan las frecuencias más altas. Los Hotentotes y Bosquimanes presentan, por su parte, frecuencias comprendidas entre las más altas de los Európidos y las medias de los Mongóolidos y, en consecuencia, más bajas que las de los Négridos típicos.

Los resultados, anteriormente expuestos, a nuestro estudio sobre los dermatoglifos de los asturianos nos permiten sacar, al menos provisionalmente, las siguientes CONCLUSIONES:

—Los asturianos se encuentran, por lo que se refiere a los caracteres dermopapilares aquí estudiados, dentro del ámbito de variación de los demás grupos de españoles estudiados hasta la fecha.

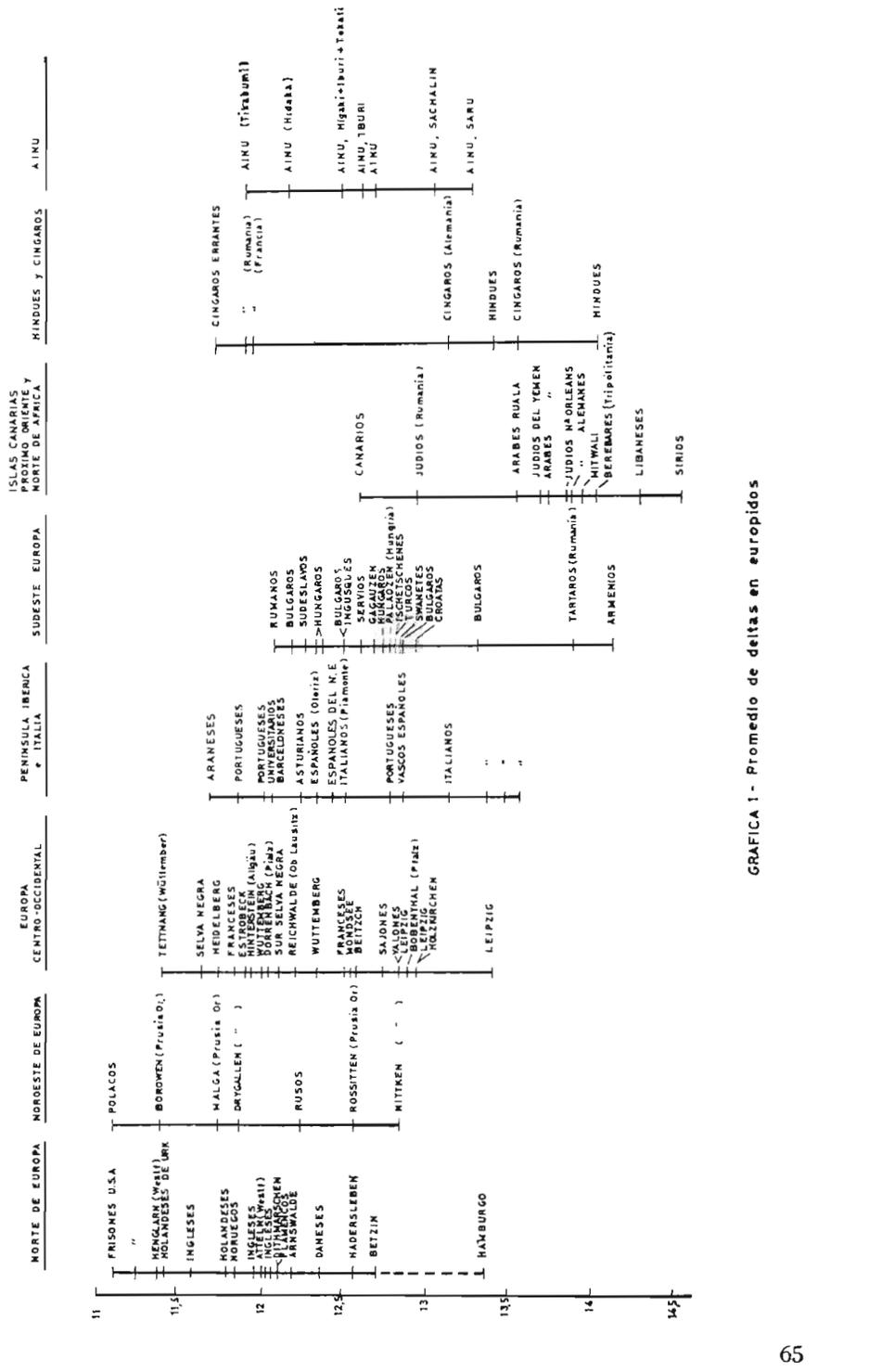
—Los asturianos presentan, para cada uno de los distintos caracteres dermopapilares, su propia variabilidad dentro del conjunto de los españoles aún cuando para un rasgo determinado las diferencias con otra u otras poblaciones de españoles no sean estadísticamente significativas.

—No es posible establecer, al menos por el momento, para el conjunto de los caracteres dermopapilares una neta diferenciación de ninguna población de españoles (gráfica n.º 7).

—Para el conjunto de los caracteres dermopapilares los asturianos, y con ellos el resto de las poblaciones españolas estudiadas, caen dentro de la variabilidad de los Európidos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CUMMINS, H. y MIDLO, Ch. (1961): "Finger Prints, Palms and Soles".—Dover Publications, Inc—New York.
- EGOCHEAGA, J. E. (1971): "El número de trirradios digitales en esturianos y su relación con otras poblaciones".—Rev. Fac. de Ciencias, Universidad de Oviedo, vol. XII/2: 103-111.
- GEIPEL, G. (1935): "Anleitung Zur Erbbiologischen Beuteilung der Finger und Hand-leisten".—J. V. Lehmanns Editor—Munich.
- PONS, J. (1951): "Impresiones dermopapilares en indígenas de la Guinea Española en relación con otras poblaciones. I, Muestras dactilares".—Inst. de Est. Africanos—Madrid.
- PONS, J. (1952a): "Impresiones dermopapilares en indígenas de la Guinea Española en relación con otras poblaciones. II, Impresiones palmarés".—Inst. de Est. Afric.—Madrid.
- PONS, J. (1952b): "Impresiones dermopapilares en estudiantes universitarios barceloneses".—Trab. Inst. Bern. Sahagún (Barcelona), vol., 13/2.
- PONS, J. (1954): "Impresiones dermopapilares en vascos y su relación con otras poblaciones".—Trab. Inst. Bern. Sah. (Barcelona), vol., 14/3.
- PONS, J. (1963): "Aplicación del estudio de las líneas dermopapilares al análisis del complejo racial de Gran Canaria".—El Museo Canario, n.º 85-88.
- PONS, J. (1966a): "Líneas dermopapilares en habitantes de Gran Canaria. I, Muestras dactilares".—Rev. de la Fac. de Cienc., vol., VII/1: 23-29.—Universidad de Oviedo.
- PONS, J. (1966b): "Morfología dermopapilar en araneses. Influencia del tipo Pirenaico-occidental".—Rev. de la Fac. de Cienc., vol., VII/1: 31-38.—Universidad de Oviedo.
- PONS, J. (1967): "Líneas dermopapilares en habitantes de Gran Canaria. II, Impresiones palmarés".—Rev. de la Fac. de Cienc., vol., VIII/1: 3-12.—Universidad de Oviedo.



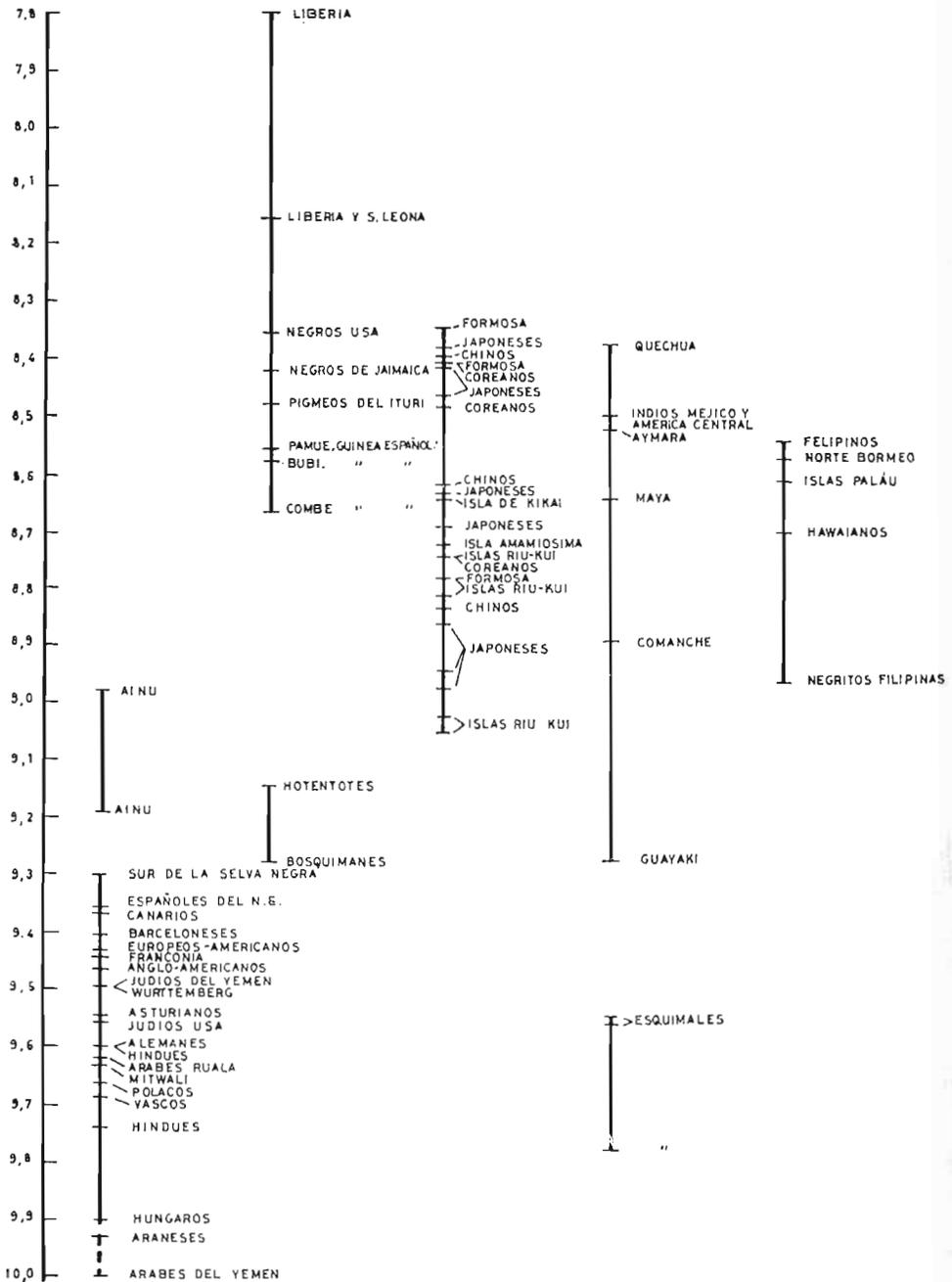
GRAFICA 1 - Promedio de deitas en europoides

EUROPIDOS

NEGROS PIGMEOS
Y KHOISANIDOS

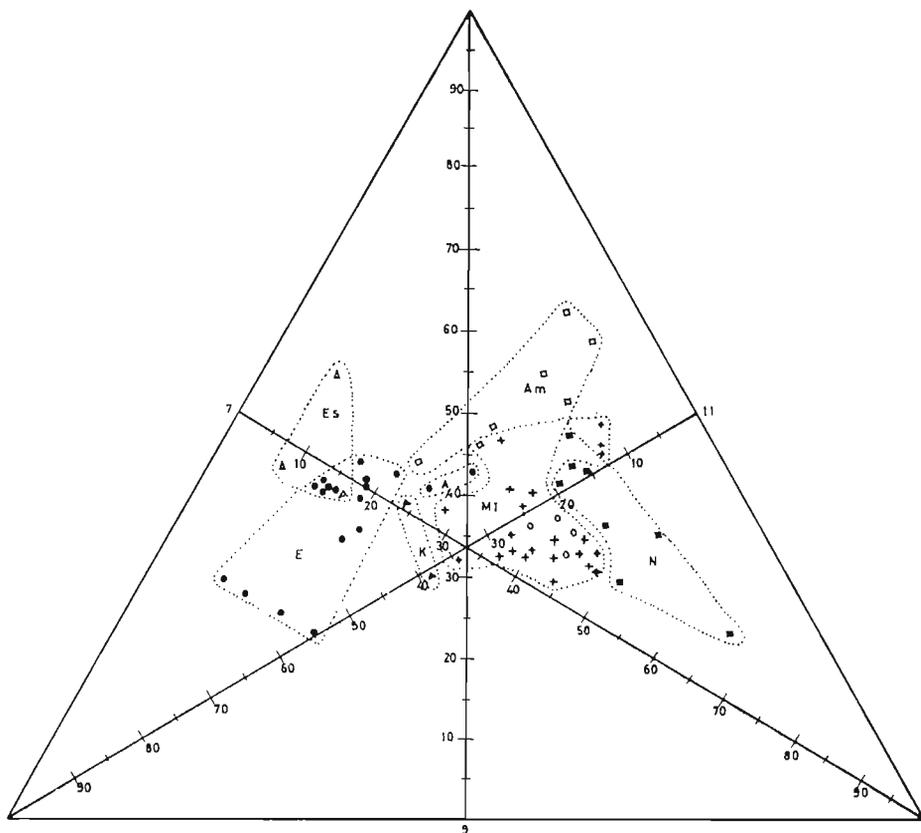
MONGOLIDOS Y GRUPOS AFINES

INSULINDIA
Y PACIFICO



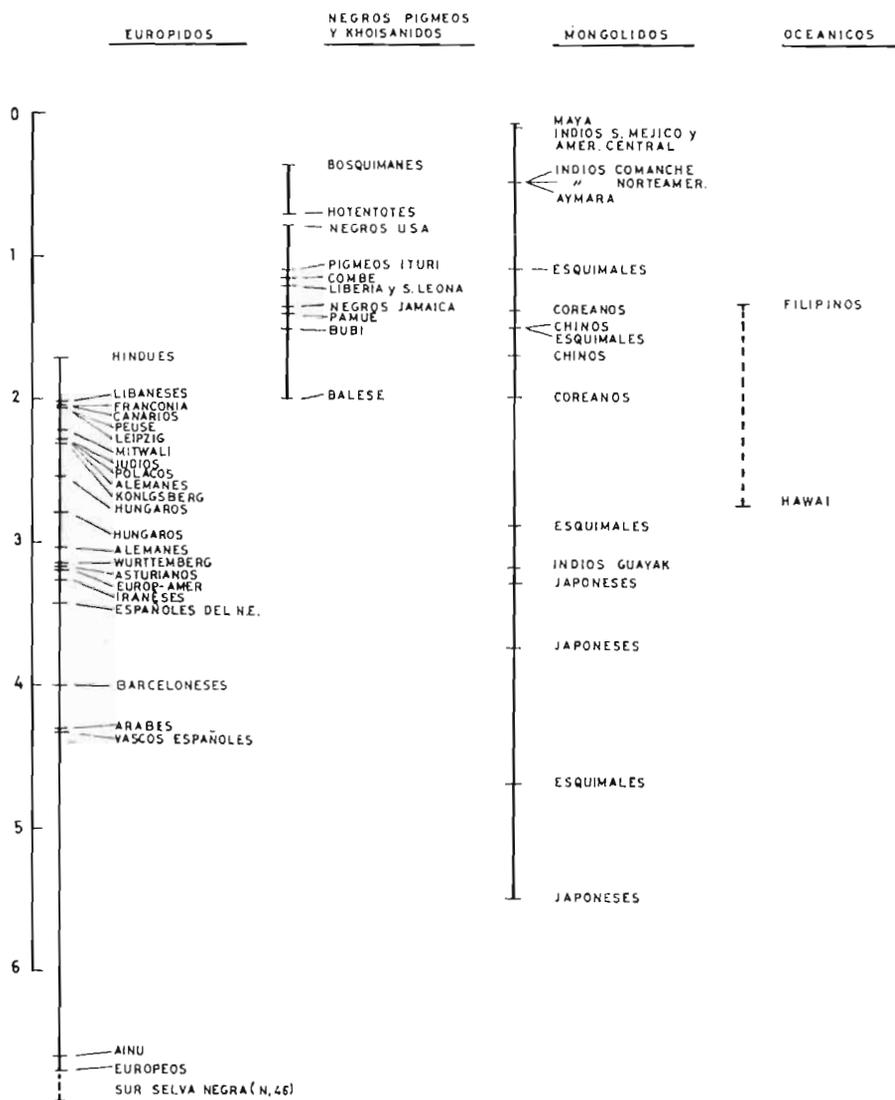
GRAFICA 2 - PROMEDIO DE LAS TERMINACIONES DE LA LINEA D EN DIFERENTES POBLACIONES

- EUROPIDOS (E).....●
- AINU (A).....●
- KHOISANIDOS (K).....▲
- ESQUIMALES (Es).....△
- MOGOLIDOS (M).....+
- INSUL y PACIF (I).....○
- AMERINDIOS (Am).....□
- NEGROS y PIGMEOS (N).....■



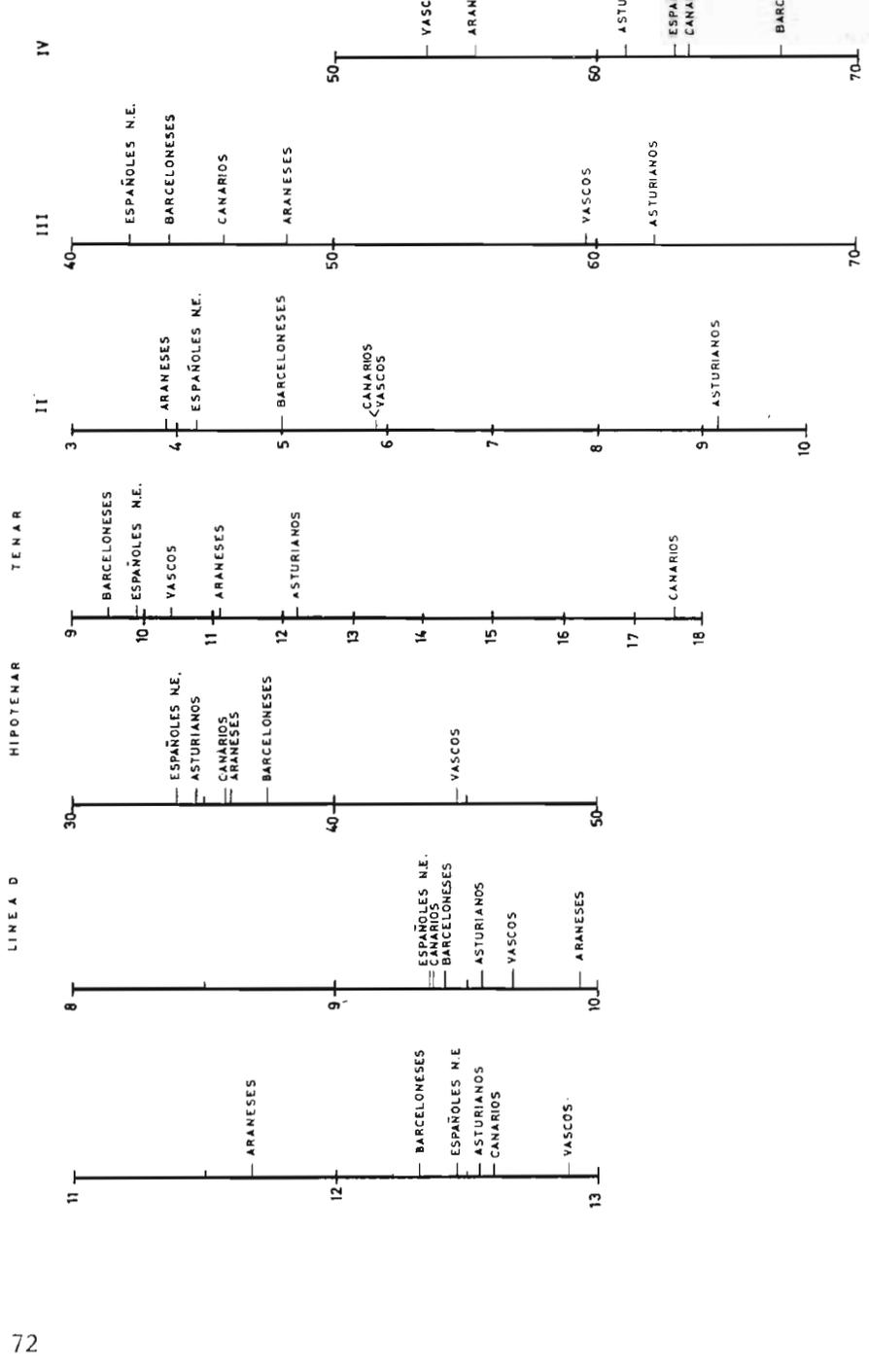
GRAFICA 3- FRECUENCIA DE LOS TRES TIPOS MODALES DE LA LINEA D EN DIFERENTES POBLACIONES

RELACION DE HIPOTENARES A TENAR



GRAFICA 5- RELACION DE FRECUENCIAS ENTRE LAS AREAS HIPOTENAR Y TENAR / I INTERDIGITAL

PROMEDIO DELTAS PROMEDIO TERMINACION AREA S AREA INTERDIGITAL



DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA DISTINTOS RASGOS DERMOPAPILARES EN LOS ESPAÑOLES

El presente trabajo constituye el resumen de la Memoria, que bajo la dirección del Prof. Dr. José Pons Rosell, catedrático de Antropología de la Universidad de Madrid, presentó el autor para la obtención del grado de Doctor en Ciencias.

MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS

POR

J. A. AGAPITO SERRANO* y F. GONZALEZ GOMEZ

Departamento de Física

INTRODUCCION

Desde la aparición de las calculadoras electrónicas en el campo de la técnica, su desarrollo ha ido dirigido en gran parte a su aplicación en los sistemas de control automático. Desde sus comienzos ha sido objetivo de los técnicos la inclusión de estos dispositivos como elementos integrantes en los lazos de control.

El éxito obtenido en los últimos años por las calculadoras digitales ha influido decisivamente en los métodos utilizados para el proyecto de los sistemas de control. Debido a esto, el campo del control automático ha evolucionado en el sentido de adoptar nuevas formas, para que la inclusión de este tipo de calculadoras sea a la vez más sencilla y más necesaria en el control de un proceso. Así, cada vez es más común la utilización, como elementos propios del lazo de control, de dispositivos en que se presenta y trata la información en forma discreta, reemplazando a sus análogos de tratamiento continuo.

Este cambio en el tipo de dispositivos a utilizar no obedece solamente a la posibilidad de incluir calculadoras, sino que las ventajas que aportan al sistema superan en gran manera a las que se deducen de la mayor sencillez de sus análogos continuos.

Si se comparan entre sí estos dos tipos de realizaciones se ponen de manifiesto las siguientes ventajas a favor de los circuitos discretos:

1.º) Compartición temporal, posibilidad de utilizar un único dispositivo que opera en forma discreta para servir a varios equipos. Esto lleva en sí una mayor economía, pues un solo elemento compartido por varios dispositivos no sólo abarataría el sistema total sino que lo reduce en tamaño.

2.º) Uso de calculadoras digitales. La inclusión de una calculadora digital da carácter discreto al sistema a la vez que se aumentan las posibilidades del

* Actualmente catedrático de Electricidad y Magnetismo de la Universidad de Salamanca.

mismo en cuanto a compensación, control multivariable, adaptación, etc... Además resulta más ventajosa su utilización porque a igualdad de capacidad una calculadora digital es menos pesada y voluminosa que una analógica.

3.º) Precisión. La utilización de técnicas discretas en servosistemas aumenta notablemente su precisión, ya que se pueden controlar mayores potencias mediante elementos de control muy sensibles, pues el efecto de la carga se reduce a intervalos de tiempo muy breves, siendo difícil dañarlos.

En estos momentos es conveniente hablar del avance espectacular que se ha logrado en la técnica de microminiaturización a que ha llegado la electrónica. La integración de circuitos a media y gran escala ha puesto de manifiesto que no hay fronteras para la utilización de circuitos digitales. En este sentido hay que destacar que la utilización de circuitos digitales es cada vez más numerosa y es de prever que en un futuro no muy lejano prácticamente todos los dispositivos utilicen estas técnicas debido precisamente a que el mercado de la electrónica ha sido inundado por los circuitos integrados, prácticamente todos digitales, cuyo precio es muy inferior a los clásicos analógicos y de componentes separadas.

No obstante, aunque en los equipos el tratamiento que se dé a la información sea de tipo discreto, el manejo de señales analógicas exige el desarrollo de nuevos conversores analógico-digitales. Entre éstos hay que destacar por su importancia los moduladores de anchura de impulsos.

La modulación de anchura de impulsos es conocida de antiguo, pero no se ha utilizado con gran frecuencia debido a las dificultades que lleva implícita su realización. Hay que tener en cuenta, que un modulador de anchura de impulsos es esencialmente un dispositivo no lineal, cuyas dos no linealidades dificultan enormemente la concepción de un circuito que obedezca a estas leyes. Sin embargo, como pondremos de manifiesto a lo largo del presente trabajo, los amplificadores magnéticos tienen características que permiten construir, tomándolos como base, un tipo de modulador de características muy ventajosas.

La importancia de la modulación de anchura de impulsos estriba, fundamentalmente, en la facilidad con que se pueden convertir las señales moduladas en anchura en señales analógicas o digitales. En efecto, para pasar de una señal modulada en anchura de impulsos a su correspondiente continua se pueden utilizar circuitos integradores, cuya construcción es muy sencilla. Además, si se aplica a motores no es necesario utilizar ningún conversor, pues el propio motor actúa de integrador, funcionando en condiciones óptimas, ya que se aplica siempre par máximo. Así mismo es particularmente apropiada la conversión de una señal modulada en anchura a otra digital según un código numérico ya que la amplitud de aquella es constante. Así, pues, la demodulación de este tipo de señales a otras analógicas o digitales es muy simple y los circuitos conversores exentos de toda complicación.

Las ventajas que aportan los amplificadores magnéticos estriban en que están formados por elementos de estado sólido (núcleos magnéticos, transistores, etcétera), lo cual comunica al dispositivo gran robustez y seguridad de funcionamiento. Además, como la operación de los transistores es en corte y saturación, no comunican al conjunto ruido ni deriva. Es decir, la precisión de estos dispositivos es muy grande.

AMPLIFICADOR MAGNETICO DE AUTOSATURACION

El amplificador magnético de autosaturación, objeto de este estudio, se caracteriza por la inclusión de diodos en serie con los arrollamientos del circuito de salida, cuya finalidad es la de bloquear la corriente en el circuito de salida durante el intervalo de control, que coincide con el semiperíodo no activo de la señal proporcionada por el circuito de salida, así como facilitar una realimentación positiva intrínseca interna durante el período activo o de autosaturación.

Este tipo de amplificador magnético presenta notables ventajas con respecto a los amplificadores clásicos de inductancia saturable, siendo de destacar: mayor ganancia y respuesta más rápida, para igual tamaño y peso. Pero a nosotros nos interesa su estudio fundamentalmente porque constituye un dispositivo de muestreo ideal para la modulación de anchura de impulsos, que estudiaremos más adelante. Sin embargo, frente a estas ventajas, tendremos que tener en cuenta que, debido a la saturación e histéresis de los núcleos, así como a las características de los diodos, aparecen dos no linealidades (las cuales también han de repercutir a la hora de la realización del modulador de anchura de impulsos). En lo que sigue hacemos uso de una aproximación que consiste precisamente en linearizar los circuitos, con el objeto de evitar las dificultades que para el cálculo nos ocasionarían estas no linealidades.

Haremos también uso del concepto de resistencia dinámica de un núcleo magnético con arrollamiento, que podemos definir así: mientras varía el flujo en el núcleo éste se puede sustituir por una resistencia R_d y cuando el núcleo está saturado esta resistencia se hace cero.

Los núcleos magnéticos de que vamos a hacer uso (H C R 0,002) están formados por una aleación de hierro y níquel, a partes iguales, en la que la disposición geométrica de los átomos le confiere unas propiedades magnéticas notables, siendo la más importante el que su ciclo de histéresis es prácticamente rectangular. El estudio lo realizaremos sobre un amplificador magnético tipo puente, de onda completa, y precisamente porque haremos el estudio con señales medidas en valores medios, tanto a la entrada como a la salida, el dispositivo es válido para cualquier tipo de onda que proporcione el generador V_s del circuito de salida. Para fijar ideas, en este estudio, supondremos que V_s es sinusoidal.

El esquema del amplificador que vamos a estudiar está representado en la figura 1.

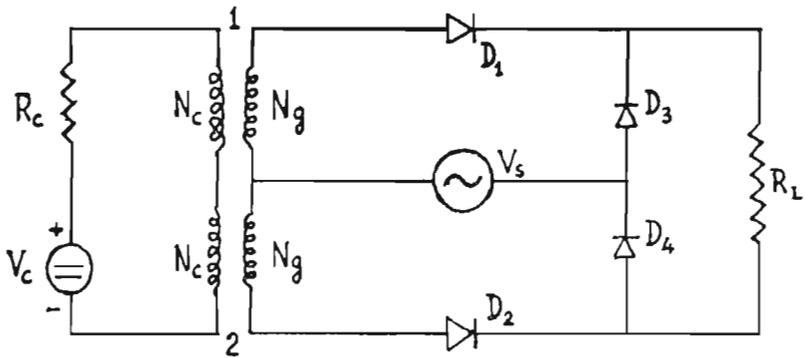


Fig. 1

El circuito de entrada está caracterizado por los arrollamientos N_c , de igual número de espiras, y la resistencia R_c , que incluye la propia de los arrollamientos. El circuito de salida consta también de dos arrollamientos iguales N_g sobre los mismos núcleos que están arrollados los N_c , un generador de tensión sinusoidal V_s , (aunque, como ya dijimos, el estudio es válido para cualquier tipo de señal periódica, pues las tensiones las tomaremos en valores medios) la resistencia de carga R_L y cuatro diodos dispuestos en forma de puente de rectificación.

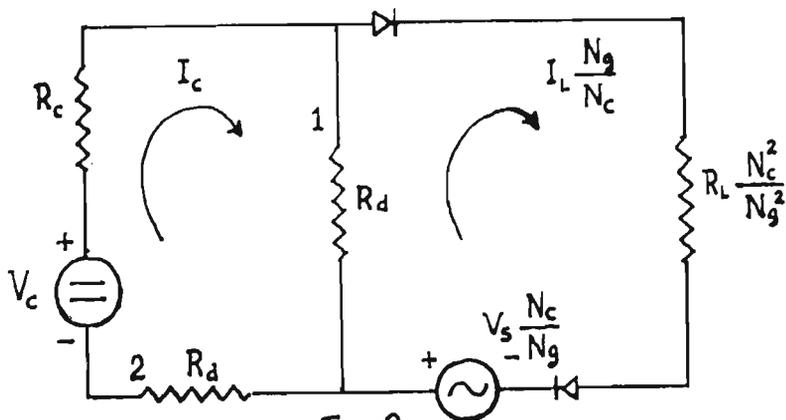
Cuando estamos en el semiciclo positivo de la onda proporcionada por V_s , los diodos D_1 y D_4 están abiertos y los D_2 y D_3 cerrados, sucediendo al revés en el semiciclo negativo, por lo que los núcleos magnéticos 1 y 2 se saturan alternativamente y sobre la carga R_L se obtiene una corriente rectificada en doble onda.

Consideremos, para fijar ideas, que el núcleo magnético 1 está en el semiciclo activo, es decir, conducen los diodos D_1 y D_4 . Su resistencia dinámica tendrá un valor R_d mientras varía el flujo producido por la corriente que circula a través de N_g y $R_d = 0$ cuando haya alcanzado la saturación. Mientras tanto el núcleo 2 no puede alcanzar saturación, pues la variación de flujo es debida únicamente a la corriente que circula por el arrollamiento de entrada, por tanto su resistencia dinámica tendrá un valor constante R_d .

Todo lo dicho nos permite describir el funcionamiento del amplificador magnético de autosaturación, mientras varía el flujo en el núcleo 1, mediante el circuito equivalente de la figura 2, en el que los parámetros del circuito de salida se han sustituido por los equivalentes reducidos al circuito de entrada.

La variación de flujo en el núcleo 2 será proporcional a la tensión V_d entre los extremos de su R_d , cuyo valor será:

$$V_d = \left(V_c + V_s \frac{N_c}{N_g} - R_L I_L \frac{N_c}{N_g} \right) \frac{R_d}{R_d + R_c}$$



Considerando las variaciones de tensión sobre R_L podemos poner:

$$\frac{N_c}{N_g} V_L = V_s \frac{N_c}{N_g} - I_L \frac{N_c}{N_g} R_L$$

con lo que se obtiene

$$V_d = \left(V_c + V_L \frac{N_c}{N_g} \right) \frac{R_d}{R_d + R_c} \quad (1)$$

En el semiciclo siguiente esta variación de flujo debe cancelarse antes de alcanzar la saturación, y todo ello a expensas del generador V_s , incluido en el circuito de salida, luego

$$V_d = \frac{N_c}{N_g} V_L \quad (2)$$

Como estas dos variaciones de flujo, en régimen permanente, y teniendo en cuenta que no hay pérdidas, han de ser iguales, podemos igualar (1) y (2), obteniendo:

$$\left(V_c + V_L \frac{N_c}{N_g} \right) \frac{R_d}{R_d + R_c} = \frac{N_c}{N_g} V_L$$

relación cuya transformada de LAPLACE sería:

$$\left[V_c(s) + V_L(s) \frac{N_c}{N_g} \right] \frac{R_d e^{-s\tau}}{R_d + R_c} = V_L(s) \frac{N_c}{N_g} \quad (3)$$

donde $e^{-s\tau}$ corresponde a un retardo de un semiperíodo de la señal V_s del circuito de salida, es decir, $\tau = \frac{T}{2}$, $T =$ período de V_s .

A partir de la expresión (3) podemos obtener la función de transmisión total, que será:

$$\frac{N_c V_L}{N_g V_c} = \frac{K e^{-s\tau}}{1 - K e^{-s\tau}} \quad (4)$$

donde

$$K = \frac{R_d}{R_d + R_c}$$

Teniendo en cuenta que $K < 1$, la expresión (4) se puede poner de la forma:

$$\frac{V_L(s) N_c}{V_c(s) N_g} = K e^{-s\tau} \left[1 + K e^{-s\tau} + K^2 e^{-2s\tau} + \dots \right] = \sum_{n=1}^{\infty} K^n e^{-ns\tau} \quad (5)$$

Esta expresión nos pone de manifiesto el carácter discreto de la señal de salida, que se compone de un tren de impulsos cuya amplitud corresponde al valor medio de la señal V_s del circuito de salida a lo largo de un semiperíodo.

Si suponemos que a la entrada se aplica la función impulso de DIRAC, $V_c(s) = 1$, la salida será, tomando la transformada inversa de LAPLACE:

$$V_L(t) = \frac{N_g}{N_c} \mathcal{L}^{-1} \sum_{n=1}^{\infty} K^n e^{-ns\tau} = \frac{N_g}{N_c} \sum_{n=1}^{\infty} K^n \delta(t - n\tau) \quad (6)$$

Las expresiones (5) y (6) nos demuestran que el amplificador magnético descrito puede tomarse como un dispositivo de muestreo que transforma una señal continua en otra discreta, lo cual nos aconseja emplear un dispositivo muy similar como modulador de anchura de impulsos, cuyo estudio se hará más adelante.

Completaremos el estudio del amplificador analizando someramente el funcionamiento del núcleo sobre su ciclo de histéresis (figura 3), que, como ya dijimos, consideramos perfectamente rectangular. Además supondremos que es suficientemente estrecho para despreciar las intensidades necesarias para hacer pasar el núcleo del estado D al E, sin que varíe sensiblemente la corriente que circula por los arrollamientos.

Al terminar el semiciclo activo el núcleo se encuentra en estado de saturación, región OA del ciclo de histéresis, debido a la corriente de salida I_L . Durante el semiciclo siguiente el diodo bloquea el paso de corriente a través del arrollamiento N_g , siendo debida la variación de flujo en el núcleo únicamente a la corriente de entrada I_c . Los arrollamientos N_c y N_g están dispuestos de tal manera que al circular corriente a través de ellos hacen variar el flujo en el núcleo en sentidos opuestos. Por tanto durante todo este semiciclo la variación de flujo en el núcleo sigue el camino OBC que se ha señalado en la figura 3. Cuando comienza de nuevo el semiciclo activo y por consiguiente el paso de corriente por el arrollamiento N_g el núcleo se encuentra en el estado C. Durante este semiperíodo el núcleo alcanza la saturación según el camino CDEA. Al observar la figura 3 es fácil darse cuenta de que las variaciones de flujo experimentadas por el núcleo en los dos semiciclos, $\Delta \Phi_1$ y $\Delta \Phi_2$, han de ser iguales.

Aunque las ramas laterales del ciclo no sean perfectamente verticales, dadas la estrechez del ciclo y relación de cuadratura del material utilizado cercana a la unidad, se pueden considerar como tales sin cometer por ello gran error.

La forma de onda de la señal de salida se ha representado en la figura 4. En ésta se han indicado los estados del núcleo en que suceden los cambios correspondientes en la corriente de salida I_L .

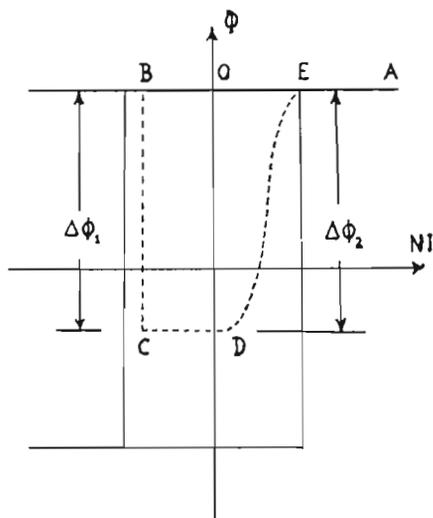


Fig. 3

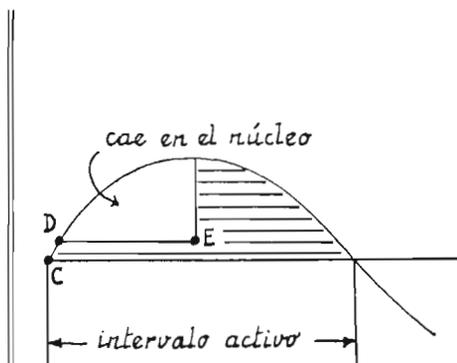


Fig. 4

MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS

DEFINICION

Un modulador de anchura de impulsos es un dispositivo de muestreo, cuya operación consiste en elaborar como salida un tren de impulsos de igual signo que la señal de entrada, amplitud y separación en el tiempo constantes y de anchura proporcional al valor que tomó la amplitud de la señal de entrada durante los instantes de muestreo. El tiempo que media entre dos impulsos consecutivos define el período de muestreo.

CIRCUITO BASICO

El circuito básico de este dispositivo es el de la figura 5 (en ella se aprecia que se trata de un amplificador magnético de autosaturación y semionda), en el que el *elemento modulador* es el núcleo magnético.

Este núcleo magnético (HCR 0,002), como ya dijimos al describir el amplificador magnético de autosaturación, es una aleación de partes iguales de hierro y níquel, en la que la disposición geométrica de los átomos en el cristal le con-

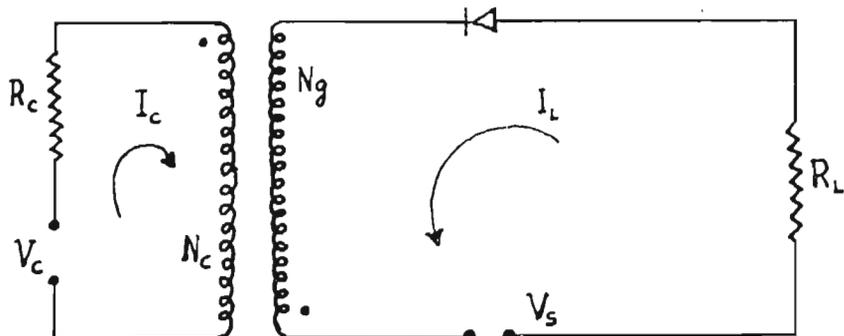


Fig. 5

fiere unas propiedades magnéticas notables. Siendo la más importante, y que nos servirá de hipótesis de trabajo para el estudio que vamos a realizar, el que el ciclo de histéresis es prácticamente rectangular.

Antes de hacer el análisis del circuito hay que poner de manifiesto que, debido a las características de la modulación de anchura de impulsos, el funcionamiento de este dispositivo presenta dos no linealidades que se corresponden con las apuntadas al hacer el estudio del amplificador, y han de ser tenidas en cuenta a la hora de su realización práctica. Estas son:

a) La suma de dos señales moduladas no corresponde a la señal modulada de la suma de las dos señales, y

b) La señal modulada alcanza un valor máximo cuando la amplitud de la señal a modular se corresponde con una anchura de los impulsos de salida que es mayor o igual que la anchura del intervalo activo proporcionado por el dispositivo de muestreo.

El dispositivo de muestreo a que aludimos lo constituye el circuito de salida, en el cual un generador V_s nos ha de proporcionar una señal de la forma representada en la figura 6, en la que el intervalo $(0, t_1)$ corresponde al *intervalo de muestreo*, y al (t_1, T) lo llamaremos *intervalo activo*. El intervalo de muestreo debe

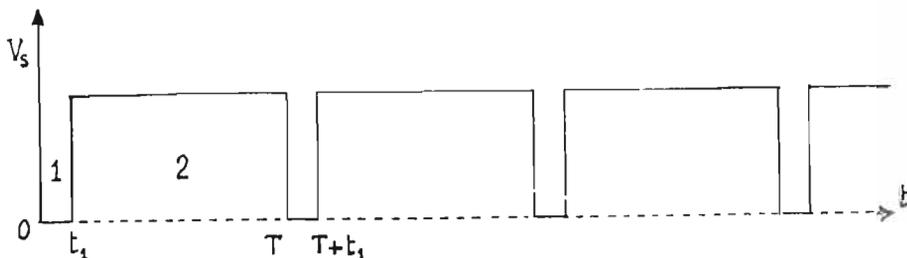


Fig. 6

de ser pequeño comparado con el intervalo activo, con el objeto de poder considerar que la señal de entrada durante el intervalo de muestreo es constante, lo cual en la práctica es posible, pues aunque la señal de entrada no sea constante, al ser el intervalo de muestreo de muy corta duración, la podemos sustituir por su valor medio.

FUNCIONAMIENTO

En el intervalo de muestreo el diodo del circuito de salida bloquea el paso de corriente por N_g , por tanto la variación de flujo en el núcleo es debida únicamente a la corriente del circuito de entrada. Esta variación de flujo, $\Delta \Phi$, la podemos evaluar haciendo el estudio del circuito de entrada que nos conduce a la ecuación:

$$V_c = I_c R_c + L_c \frac{dI_c}{dt}$$

cuya solución, teniendo en cuenta que para $t = 0$, $I_c = 0$, es:

$$I_c = -\frac{V_c}{R_c} e^{-\frac{R_c}{L_c} t} + \frac{V_c}{R_c} \quad (7)$$

Si llamamos V_{LC} a la caída de tensión que hay entre los extremos del arrollamiento de entrada tenemos:

$$V_{LC} = V_c - I_c R_c \quad (8)$$

Por otra parte:

$$V_{LC} = N_c \frac{d\Phi}{dt} \quad (9)$$

Igualando las ecuaciones (8) y (9) obtenemos la expresión

$$V_c - I_c R_c = N_c \frac{d\Phi}{dt}$$

de donde podemos sacar $d\Phi$, sustituir I_c por su valor dado en la expresión (7) e integrar en el intervalo de muestreo, quedándonos:

$$\Delta \Phi = \frac{1}{N_c} \int_0^{t_1} (V_c - I_c R_c) dt = \frac{1}{N_c} \int_0^{t_1} V_c e^{-\frac{R_c}{L_c} t} dt,$$

es decir

$$\Delta \Phi = \frac{V_c}{N_c} \frac{L_c}{R_c} \left(1 - e^{-\frac{R_c}{L_c} t_1} \right).$$

Desarrollando en serie y considerando que, debido a que el ciclo de histéresis del núcleo es prácticamente rectangular, L_c es muy grande comparado con R_c , podemos poner en primera aproximación:

$$\Delta \Phi = \frac{V_c}{N_c} t_1 \quad (10)$$

donde t_1 es la duración del intervalo de muestreo.

Al comenzar el intervalo activo el diodo ya permite el paso de corriente, por tanto la variación de flujo en este intervalo se debe a la acción de la corriente del circuito de salida, cuyo cálculo se puede hacer de una forma análoga al caso anterior.

El análisis de este circuito nos conduce a la ecuación

$$V_s = R_k I_L + L_k \frac{dI_L}{dt}, \quad (11)$$

en la que se tiene en cuenta la interacción de los dos circuitos, pues como el núcleo se encuentra recorriendo la otra rama del ciclo de histéresis, hay acople magnético entre los dos circuitos. Así pues, en el valor de R_k y L_k van englobadas las resistencias y coeficientes de autoinducción del circuito de salida y las reflejadas del de entrada. Es decir:

$$\begin{cases} R_k = R_L + K^2 R_c \\ L_k = L_g + K^2 L_c \end{cases} \quad \text{donde } K^2 = \left(\frac{N_g}{N_c} \right)^2$$

La tensión en los extremos del arrollamiento N_g será:

$$V_{Lg} = V_s - R_k I_L = N_g \frac{d\phi}{dt}$$

y por consiguiente la variación de flujo en el intervalo activo será:

$$\Delta\phi = \frac{1}{N_g} \int_{t_1}^{t_2} V_{Lg} dt \quad (12)$$

teniendo en cuenta que t_2 es variable y depende de la amplitud de la señal de entrada V_c , como veremos a continuación.

De la expresión (11) obtenemos el valor I_L que será

$$I_L = -\frac{V_s}{R_k} e^{-\frac{R_k}{L_k}(t-t_1)} + \frac{V_s}{R_k}$$

que nos sirve para calcular V_{Lg} el cual llevado a (12) nos queda:

$$\Delta\phi = \frac{1}{N_g} \int_{t_1}^{t_2} V_s e^{-\frac{R_k}{L_k}(t-t_1)} dt$$

de donde se deduce que la variación de flujo en este intervalo es:

$$\Delta\phi = \frac{V_s}{N_g} \frac{L_k}{R_k} \left[1 - e^{-\frac{R_k}{L_k}(t_2-t_1)} \right]$$

Al desarrollar en serie y teniendo en cuenta, lo mismo que antes, que $L_k \gg R_k$, nos podemos quedar con los primeros términos del desarrollo exponencial, obteniéndose como variación de flujo:

$$\Delta\phi = \frac{V_s}{N_g} (t_2 - t_1). \quad (13)$$

Considerando que se ha establecido el régimen estacionario, con el objeto de evitar cálculos complicados de acople magnético, podemos razonar así: al fina-

lizar el intervalo activo el núcleo está saturado, cuando empieza el intervalo de muestreo la corriente circula por N_c y produce una variación de flujo en el núcleo dada por la expresión (10).

En el instante t_1 comienza la conducción del circuito de salida y por consiguiente la corriente I_L al circular por N_g hace que varíe el flujo en sentido contrario a como lo hizo en el caso anterior, variación que también hemos evaluado en la expresión (13).

Si suponemos que no hay pérdidas, ni de dispersión, ni debidas a las corrientes de FOUCAULT (dada la forma toroidal del núcleo y haciendo arrollamientos con suficiente número de espiras, podemos dar por válida la primera suposición; la segunda nos la garantiza el hecho de que el espesor de la chapa de que están contruidos los núcleos es muy pequeño, 0,05 mm), la variación de flujo en un intervalo completo ha de ser nula, por tanto, igualando (10) y (13) tenemos:

$$\frac{V_c}{N_c} t_1 = \frac{V_s}{N_g} (t_2 - t_1).$$

Considerando que V_s , N_c , N_g , y t_1 son constantes podemos poner:

$$t_2 - t_1 = A V_c \quad (14)$$

siendo

$$A = \frac{N_g}{N_c} \frac{1}{V_s} t_1.$$

La expresión (14) es la que nos dice que el dispositivo descrito se comporta como un modulador de anchura de impulsos, según la definición dada más arriba.

MULTIVIBRADOR

Al estudiar el circuito básico del modulador de anchura de impulsos decíamos que en el circuito de salida necesitábamos una señal rectangular, con un intervalo de muestreo de corta duración comparado con el intervalo activo. El multivibrador que vamos a describir es un dispositivo con dos estados, ambos semiestables, capaz de proporcionarnos la señal mencionada.

El circuito que vamos a montar consta, en esencia, de dos transistores acoplados por emisor, cuyo esquema es el de la figura 7.

Su funcionamiento, a grandes rasgos, es el siguiente: supongamos, para empezar, que T_1 está conduciendo y T_2 cortado. La tensión en el colector de T_2 es negativa y la tensión en el emisor de T_1 es ligeramente positiva. El condensador C_c se carga a través de R_{c2} . Todas las tensiones del circuito permanecen fijas, excepto la del emisor de T_2 , que aumenta según se carga C_c . El transistor T_2 comenzará a conducir cuando la tensión en su emisor haya alcanzado la tensión de arranque V_a . Cuando empieza a conducir T_2 las tensiones en ambos emisores disminuyen, con lo cual deja de conducir T_1 y entonces la tensión en su colector

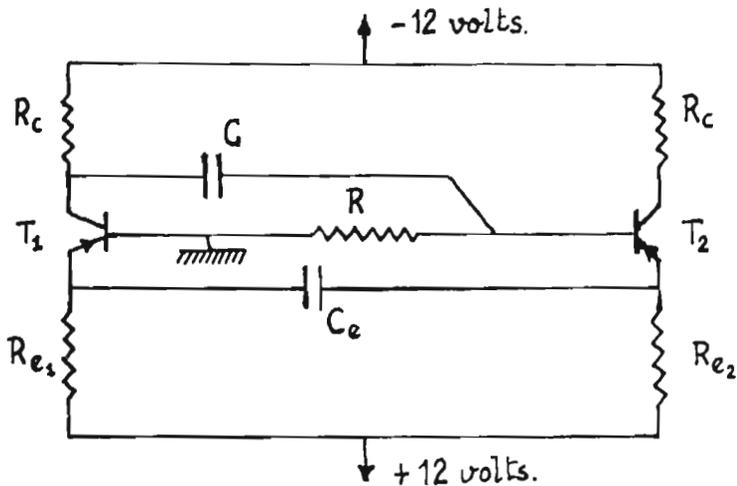


Fig. 7.

es negativa, la cual es llevada por C a la base de T_2 para favorecer la conducción de éste. Pero al cargarse ahora C_c a través de R_{c1} , hace que aumente la tensión en el emisor de T_1 hasta que éste conduce y, lo mismo que antes, se corta T_2 , y así sucesivamente, proporcionándonos una señal como la de la figura 6.

El intervalo τ_1 durante el cual T_2 conduce y T_1 está cortado, se puede calcular sin más que tener en cuenta que será el tiempo que el circuito $R_{e1} C_c$ tarda en hacer que la tensión del emisor de T_2 aumente desde V_0 hasta la tensión de arranque V_a . Como este aumento es exponencial podemos poner:

$$V_a = V_0 e^{\frac{\tau_1}{R_{e1} C_c}},$$

de donde

$$\tau_1 = R_{e1} C_c \ln \frac{V_a}{V_0}. \quad (15)$$

Análogamente podemos calcular el tiempo τ_2 , durante el cual T_1 conduce y T_2 está cortado, que vendrá dado por la expresión

$$\tau_2 = R_{e2} C_c \ln \frac{V_a}{V_0} \quad (16)$$

REALIZACION

Hasta ahora hemos estudiado teóricamente, primero el amplificador magnético de autosaturación y luego, al comprobar que éste se comporta como un dispositivo de muestreo, hacemos el estudio de un circuito muy semejante como modu-

lador de anchura de impulsos, que es, en definitiva, el objetivo a que tiende este trabajo: construir tal aparato y hacer un estudio de sus características de funcionamiento.

Tenemos que recordar, en primer lugar, que el estudio hecho al principio del amplificador magnético de autosaturación es válido para cualquier tipo de amplificador con tal de que haya un intervalo de tiempo durante el cual sólo actúe sobre el núcleo la señal de entrada (intervalo de muestreo) y otro intervalo durante el cual se apliquen simultáneamente las dos, de entrada y salida (intervalo activo), pero estos dos intervalos no tienen por qué ser iguales. También es importante el hecho de que en el estudio del amplificador se operó con tensiones y corrientes en valores medios, lo cual significa que las expresiones obtenidas son válidas para cualquier tipo de generador que se disponga en el circuito de salida (sinusoidal, rectangular, etc.). En cuanto a la señal de entrada se toma su valor medio en el intervalo de muestreo.

Por lo que se refiere al modulador, aunque queda claro que es un amplificador magnético de autosaturación de media onda, es necesario tener en cuenta que no se trata de un modulador convencional, pues es condición necesaria usar como señal de muestreo una onda rectangular, cuyo período se compone de dos intervalos de duraciones muy distintas; teóricamente el de muestreo debería ser cero, pero en la práctica se consiguen buenos resultados con un intervalo de muestreo del orden de un 10 % de la del intervalo activo.

Para obtener esta onda rectangular ya hemos dicho que montaríamos un multivibrador tipo "white" cuya característica más destacable es que ofrece gran estabilidad en la frecuencia de repetición de los impulsos, condición ésta también muy importante para el buen funcionamiento del modulador de anchura de impulsos.

El montaje de este multivibrador es muy sencillo. Disponemos de transistores PNP AC—126 de los que conocemos sus características y que, según el estudio hecho más arriba, consideramos apropiados para este montaje.

A la vista de las polarizaciones y de las características de los transistores consideramos que las resistencias más apropiadas de colector son $R_c = 470 \Omega$.

Para conseguir que la señal V_s sea de una frecuencia determinada y cumpla la condición de que el período de muestreo $t_1 = \tau_1$ sea un 10 %, aproximadamente, del período activo $T - t_1 = \tau_2$ no tenemos más que hacer uso de las expresiones (15) y (16). A la vista de estas expresiones, y considerando que C_c es un mismo valor para las dos y que V_o y V_a son constantes y, por lo tanto, también $\ln \frac{V_a}{V_o}$ es una constante, esto se consigue sin más que escoger R_{e_3} unas 10 veces mayor que R_{e_1} . Para variar la frecuencia sólo hay que variar C_c . Como haremos un estudio variando la frecuencia del multivibrador, esto lo conseguiremos con distintos valores de C_c .

En cuanto a los restantes elementos del circuito, que son la resistencia R y el condensador C , cuya misión es estabilizar la señal, sus valores sólo tienen que cumplir la condición de que sean considerablemente mayores que los del acoplamiento por emisor.

La señal V_s , así obtenida, la proporcionamos al circuito de salida del modulador, según se ve en la figura 10, a través de la base de un transistor con emisor común y un condensador. El acoplamiento lo hacemos con un transistor seguidor de emisor, para acoplar impedancias y obtener una ganancia grande.

Conocida la señal V_s , abordamos ahora el problema de calcular las componentes del circuito básico de la figura 5.

Como ya hemos dicho disponemos de núcleos magnéticos HCR 0.002", cuyas características magnéticas conocemos por el folleto que la misma casa constructora, Telcon Metals Limited, nos envía acompañándolos, y coinciden, prácticamente, con las hipótesis hechas en este trabajo: ciclo de histéresis rectangular, campo coercitivo reducido, lo que equivale a que el ciclo sea estrecho, como postulamos más arriba (según se ve en unas gráficas del folleto mencionado, el campo coercitivo aumenta con la frecuencia aunque sigue siendo bajo, aún para la mayor frecuencia con que nosotros trabajaremos, a saber, 926 ciclos/seg.). En cuanto a que las pérdidas por dispersión serán mínimas queda garantizado por la forma toroidal del núcleo, las debidas a corrientes de FOUCAULT también las podemos despreciar pues el espesor de la chapa de que están hechos los núcleos es de 0,05 mm. Otros datos, como inducción máxima B_M , superficie magnética del núcleo S , etc., también nos los ofrece el folleto.

Sólo nos queda, entonces, por encontrar el número de vueltas de los arrollamientos de entrada N_c y de salida N_g , y la resistencia de carga R_L y la del circuito de entrada R_c .

Para hacer el cálculo de N_g recordemos la expresión (13), en la que se ve que la variación de flujo durante el intervalo activo es

$$\Delta\phi = \frac{1}{N_g} V_s (T - t_2),$$

es decir, toda ella debida únicamente al generador V_s , que puede pasar el núcleo de saturación negativa a saturación positiva y, como V_s es rectangular, es decir, constante durante el intervalo $T-t_1$, podemos escribir

$$2B_M S = \frac{1}{N_g} V_s (T - t_1) \quad (17)$$

donde:

B_M , inducción máxima del núcleo = 1,54 Wb/m².

S , área magnética del núcleo = 10,1 mm².

(Datos del folleto de Telcon Metals Limited).

$T-t_1$ es la duración del intervalo activo.

El valor de T lo medimos en el oscilógrafo y, para los valores de los elementos constituyentes del multivibrador dados en la tabla I, obtenemos $T = 1,08$ mseg.

Por otra parte, teniendo en cuenta las expresiones (15) y (16) que nos dan los valores $\tau_1 = t_1$ y $\tau_2 = T - t_1$, podemos poner:

$$\frac{t_1}{T - t_1} = \frac{R_1}{R_2},$$

de donde

$$t_1 = \frac{T}{1 + R_2/R_1}$$

donde, sustituyendo valores, obtenemos $t_1 = 0,105$ mseg.

Luego $T - t_1 = 1,08 - 0,105 = 0,95$ mseg.

Despejando N_g en la expresión (17) tenemos

$$N_g = \frac{V_s (T - t_1)}{2 B_{MS}} \quad (18)$$

Sustituyendo valores nos queda

$$N_g = \frac{12 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,54 \cdot 10,1 \cdot 10^{-6}} \approx 400 \text{ vueltas.}$$

Para calcular el número de vueltas del primario, N_c , se puede hacer un estudio del amplificador en respuesta en frecuencia y escoger los parámetros del circuito de tal forma que la respuesta sea plana hasta frecuencias que sean la mitad de la de entrada. De cualquier forma este número no ha de tener demasiada importancia en la respuesta del modulador, sobre todo, teniendo en cuenta que pretendemos hacer distintos estudios variando tanto tensiones como frecuencias de las señales de entrada y salida, aunque debemos guardar una relación con las vueltas del secundario. En este caso ponemos en el primario la mitad de vueltas que en el secundario.

El hilo elegido es de 0,1 mm de diámetro, el cual permite el paso de una corriente muy superior a la que por él va a circular y su resistencia óhmica la podemos considerar despreciable. Dada la dificultad manual que supone hacer los arrollamientos sobre el núcleo toroidal, no podemos hacer uso de hilo de menor diámetro.

En la expresión (18) se pone de manifiesto que N_g es directamente proporcional a la duración del intervalo activo, es decir, a la inversa de la frecuencia del multivibrador. Acabamos de decir que pretendemos hacer estudios en un amplio margen de frecuencias del multivibrador, tomando como extremo superior una frecuencia de 926 ciclos/seg. Además, con el objeto de evitar pérdidas de dispersión debemos hacer los arrollamientos de tal forma que la superficie de ventana libre sea mínima. Por otra parte, aunque no se recorra el ciclo completo, la respuesta sigue siendo lineal, esto quiere decir que en la expresión (18) B_M puede

ser sustituido por un valor inferior y, por tanto, N_g ha de ser mayor. Es por todo ello por lo que los números de vueltas que hemos puesto a los arrollamientos son:

$$N_g = 2.800 \text{ vueltas y } N_c = 1.400 \text{ vueltas.}$$

Todo lo dicho valdrá solamente para modular ondas de componente positiva, para modular cualquier tipo de onda montamos el circuito de la figura 8.

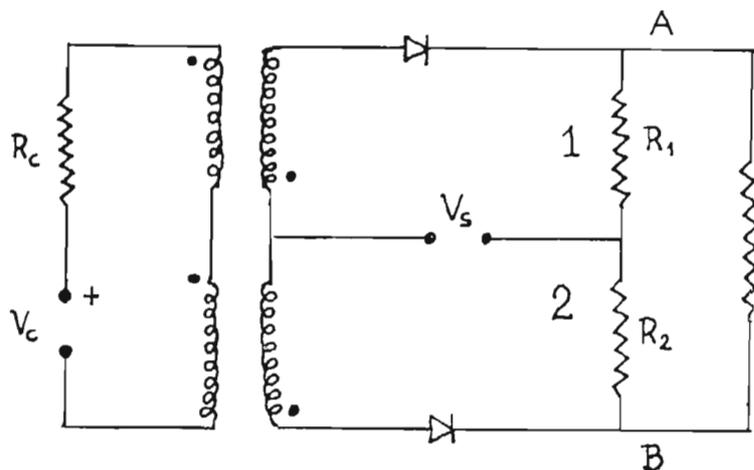


Fig. 8

Este circuito no es más que el ya estudiado (figura 5) doblado de forma simétrica.

Si por el circuito de entrada pasa una semionda positiva, ésta sólo afecta en la salida al circuito 1, apareciendo sobre la carga R_1 una señal de la forma que muestra la figura 9-b.

Durante este semiperíodo en el circuito 2 no hay conducción, por lo que sobre R_2 tendremos la señal de muestreo pura (figura 9-c). Teniendo en cuenta que esta señal, S_2 , es negativa con respecto a S_1 , vemos que sumando las dos tendremos, entre los extremos A y B del circuito de la figura 8, la señal representada en la figura 9-d.

Si por el circuito de entrada circula una semionda negativa las cosas ocurren de forma totalmente simétrica, como se pone de manifiesto también en la figura 9-parte derecha.

Tenemos, pues, a la salida una señal que cumple la definición del modulador de anchura de impulsos dada al principio.

En la figura 10 se ha representado el esquema completo del modulador cuyas características se van a estudiar y en la tabla I se han indicado los valores de todos los componentes utilizados en su realización.

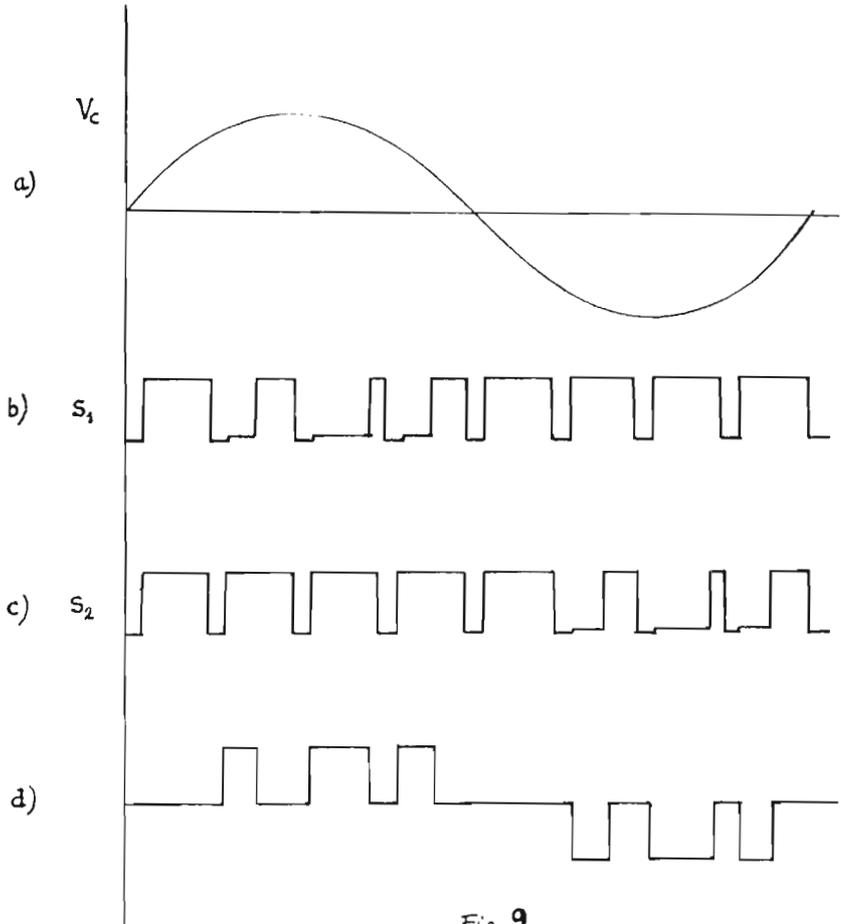


Fig. 9

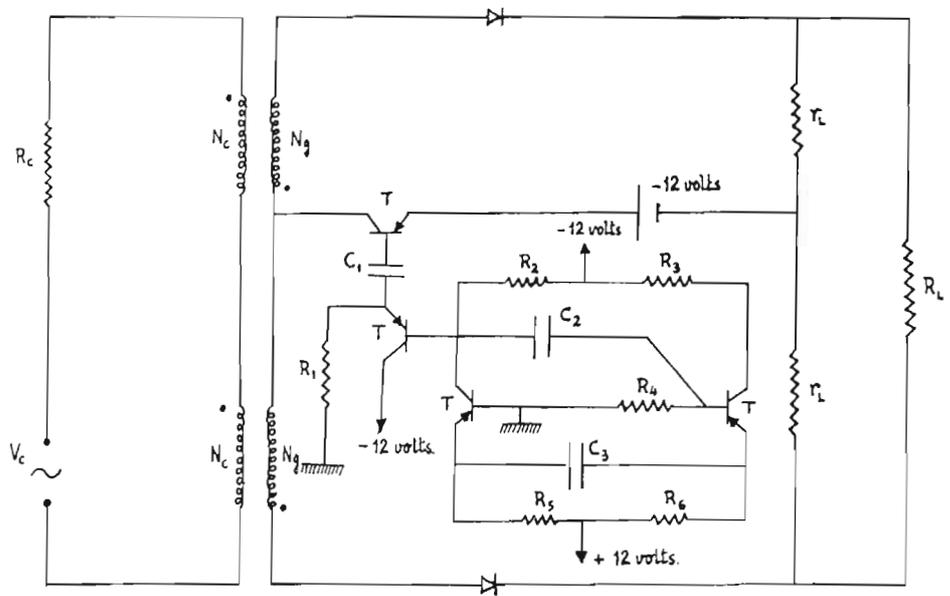


Fig. 10

TABLA I

$$\begin{aligned}
 R_c &= 1.950 \Omega \\
 N_c &= 1.400 \text{ vueltas} \\
 N_g &= 2.800 \text{ vueltas} \\
 T &: \text{PNP AC-126} \\
 r_L &= R_L = 470 \Omega \\
 C_1 &= C_2 = 50 \mu\text{F} \\
 R_1 &= 180 \Omega \\
 R_2 &= R_3 = 470 \Omega \\
 R_5 &= 3900 \Omega \\
 R_6 &= 470 \Omega \\
 C_3 &= 7,2 \text{ K (para } f_s = 926 \text{ ciclos/seg.)}
 \end{aligned}$$

CARACTERISTICAS

Vamos a realizar a continuación tres tipos de experiencias con el dispositivo que hemos montado, que creemos nos darán las características fundamentales del funcionamiento del modulador de anchura de impulsos.

Las medidas que haremos a la salida, en los tres casos, serán de la intensidad de la corriente alterna sobre la resistencia de carga, que, en todo caso, será proporcional a la anchura de los impulsos de la señal modulada, dado que, como hemos visto, su amplitud es constante; pues nos resulta más cómodo y preciso hacer estas medidas con un amperímetro que medir con el oscilógrafo las anchuras de dichos impulsos. De cualquier forma el hecho fundamental de la modulación, así como las medidas de las anchuras de los impulsos para algún caso concreto, lo ponemos de manifiesto con los oscilogramas de las figuras 14, 15 y 16.

Estas experiencias son las siguientes:

1.^a) Variación de la anchura de la señal modulada en función de la señal de entrada.

Manteniendo fija la frecuencia del multivibrador variamos la frecuencia de la señal de entrada y medimos la intensidad de la corriente sobre la carga. (Ver tabla II y figura 11).

Con una frecuencia de la señal de muestreo de 926 ciclos por segundo vemos que al modular una onda sinusoidal de amplitud constante, la anchura correspondiente a esta amplitud no varía hasta que la frecuencia de la onda modulada es justamente la mitad de la frecuencia de la señal de muestreo. Al hacer la misma

experiencia con otras frecuencias del dispositivo de muestreo observamos el mismo hecho. Esto lo hemos visto también, con más precisión, directamente sobre la pantalla del oscilógrafo.

Podemos, por tanto, aseverar que la respuesta del modulador de anchura de impulsos es fiel para señales de entrada de frecuencias inferiores a la mitad de la frecuencia del dispositivo de muestreo. (Esto nos garantiza, por otra parte, que los valores de los componentes que hay que elegir para la elaboración del modulador han de ser los que corresponden a los que se desprenden del estudio del dispositivo como amplificador magnético de autosaturación).

TABLA II

f_s	926	685	526	3j4	250	c/seg.
f_c	I_s	I_s	I_s	I_s	I_s	mA
10	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
20	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
50	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
100	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
150	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	
200	3,3	3,4	3,5	3,5		
250	3,3	3,4	3,4	3,3		
300	3,3	3,3	3,3			
350	3,3	3,2				
400	3,3	3,1				
450	3,2					
500	3,0					
c/seg.						

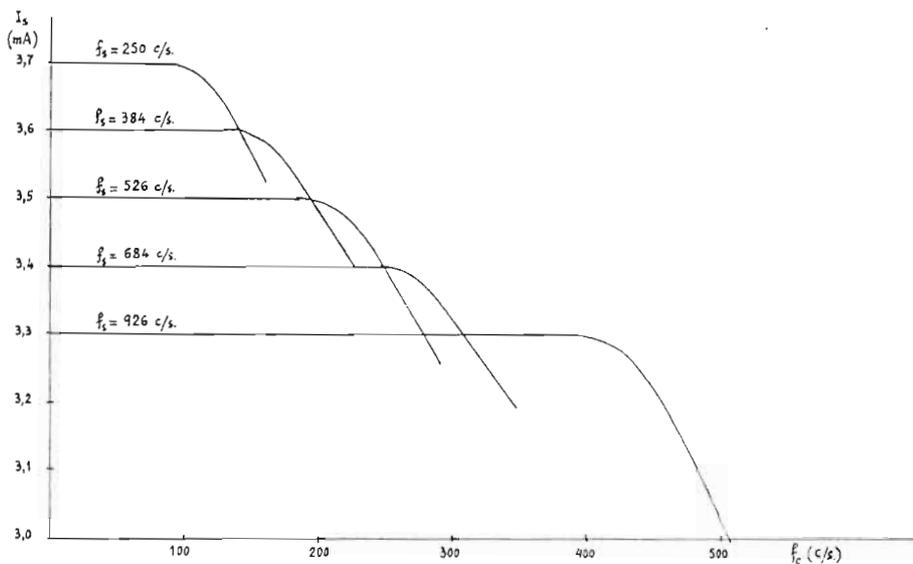
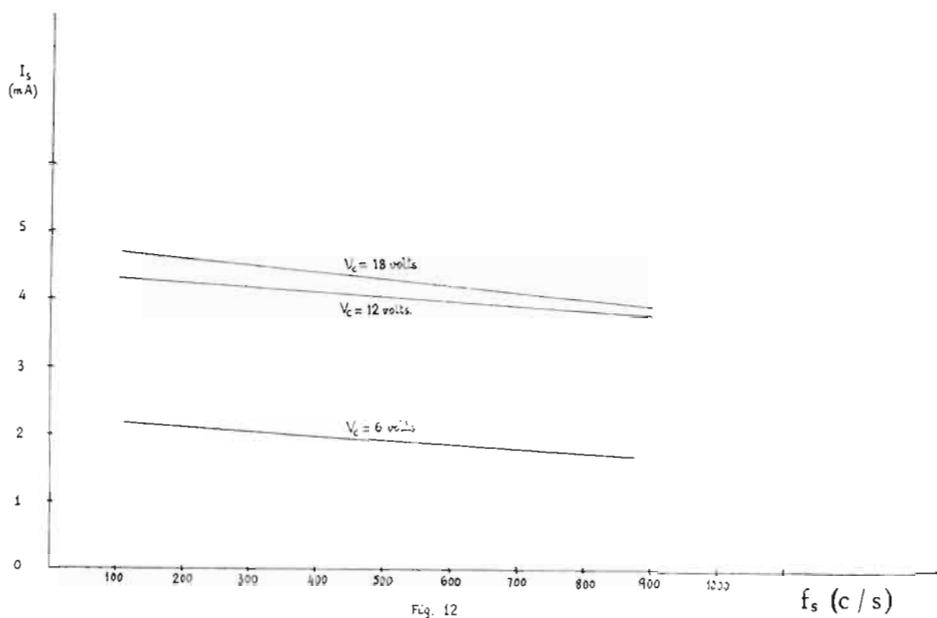


Fig. 11

2.^a) Con una señal continua a la entrada variamos la frecuencia del multivibrador y medimos la intensidad de la señal de salida sobre la carga. (Ver tabla III y figura 12).

TABLA III

V_c	6	12	18	
f_s	I_s	I_s	I_s	mA
870	1,7	3,9	4,0	
666	1,8	4,0	4,1	
333	1,8	4,2	4,4	
208	2,0	4,3	4,5	
151	2,1	4,3	4,5	
125	2,1	4,3	4,6	
c/s.				

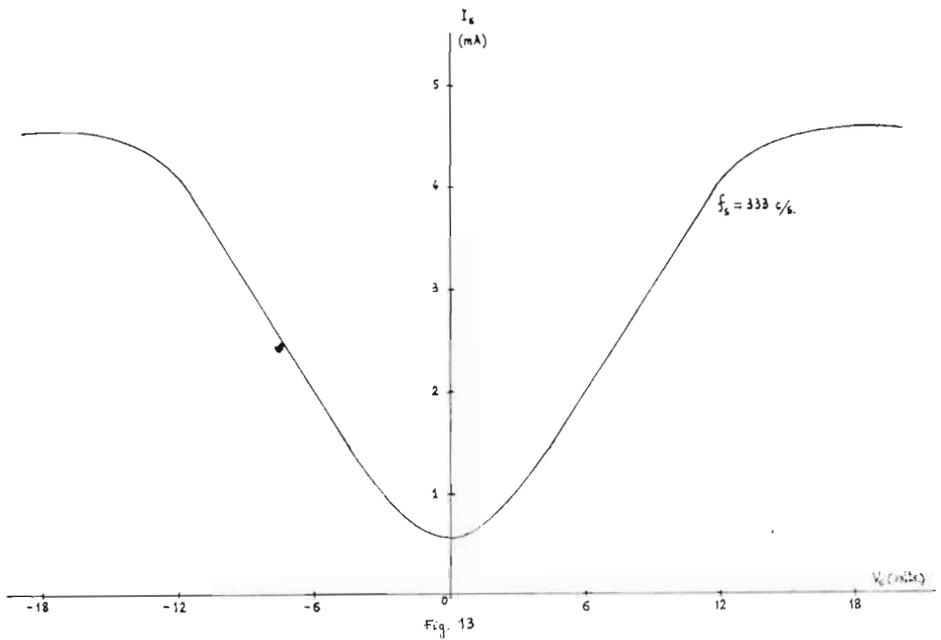


3.^a) A una frecuencia fija del multivibrador variamos la tensión de la señal de entrada y medimos la corriente de salida. (Ver tabla IV y figura 13).

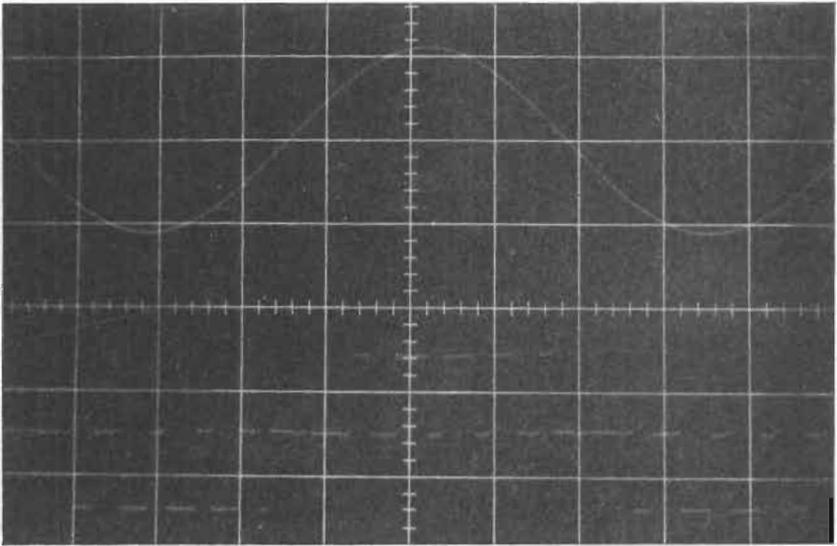
TABLA IV

V_c	V_c (+)		V_c (-)
	I_s	I_s	mA
0	0,6	0,6	
3	1,0		
6	2,0	1,9	
9	3,0		
12	4,1	4,0	
15	4,4		
18	4,5	4,5	
volts.			

La interpretación de estas características es inmediata, pues a mayor tensión de la señal de entrada corresponde mayor anchura de los impulsos de la señal de salida, o lo que es lo mismo, mayor intensidad, pues ya sabemos que los impulsos están igualmente distanciados.

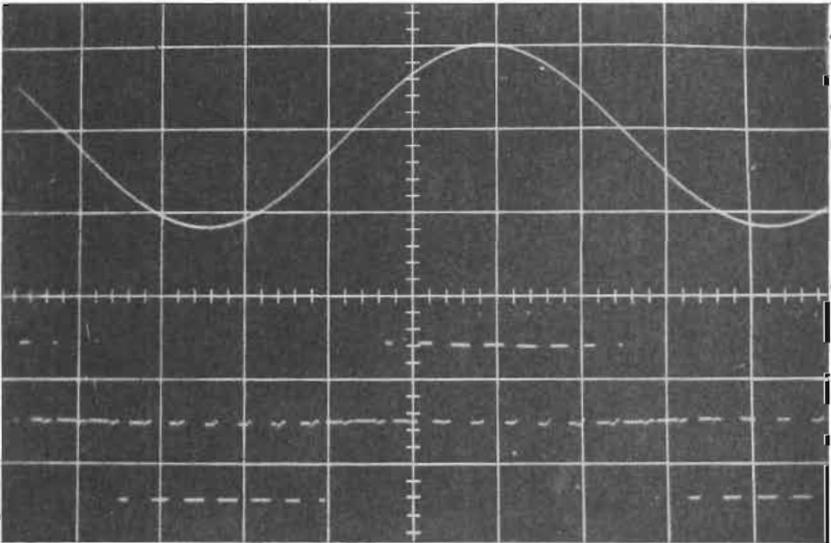


Finalmente en las figuras 14, 15 y 16 se presentan diversos oscilogramas, correspondientes a la operación del modulador en distintas condiciones de funcionamiento. Los oscilogramas I, II y III corresponden a una señal de entrada de 31 c/seg., cuando el modulador opera con una frecuencia de muestreo de 384 c/seg., 526 c/seg. y 621 c/seg. Los oscilogramas IV, V y VI corresponden a una frecuencia de muestreo de 926 c/seg. y señales de entrada de 50 c/seg., 100 c/seg. y 200 c/seg.



OSCILOGRAMA I

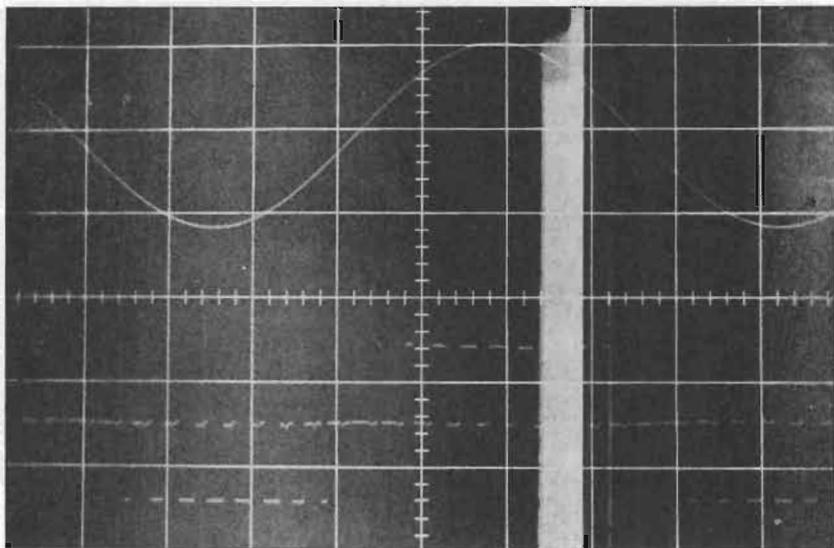
frecuencia muestreo 384 c/seg.
frec. señal entrada 31 c/seg.
 $T = 5$ mseg/cm.



OSCILOGRAMA II

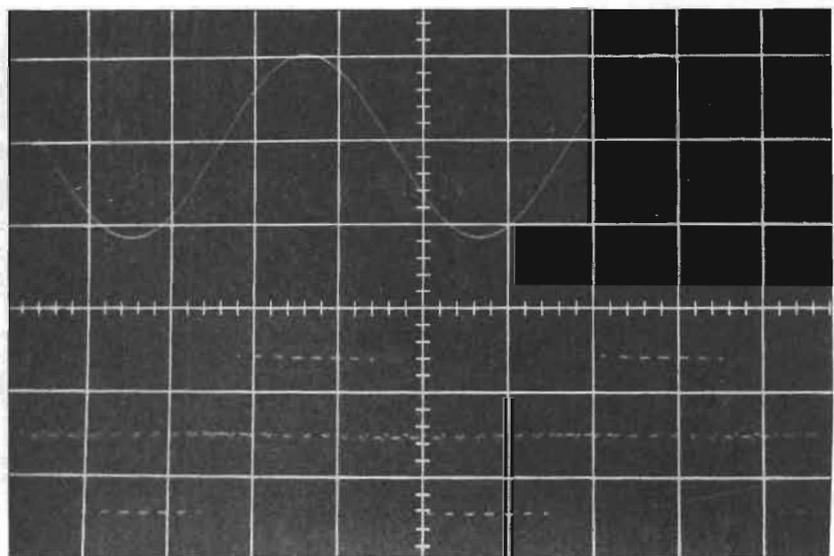
frecuencia muestreo 526 c/seg.
frec. señal entrada 31 c/seg.
 $T = 5$ mseg/cm.

Fig. 14



OSCILOGRAMA III

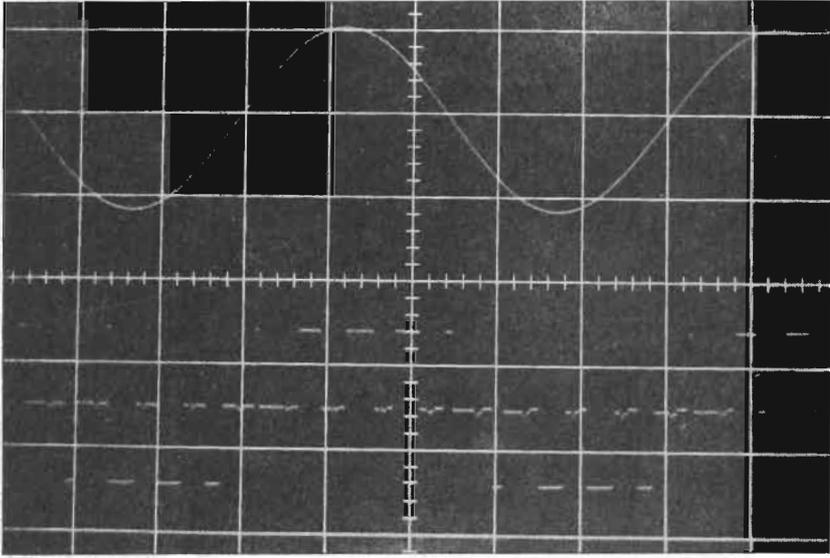
frecuencia muestreo 621 c/seg.
 frec. señal entrada 31 c/seg.
 $T = 5$ mseg/cm.



OSCILOGRAMA IV

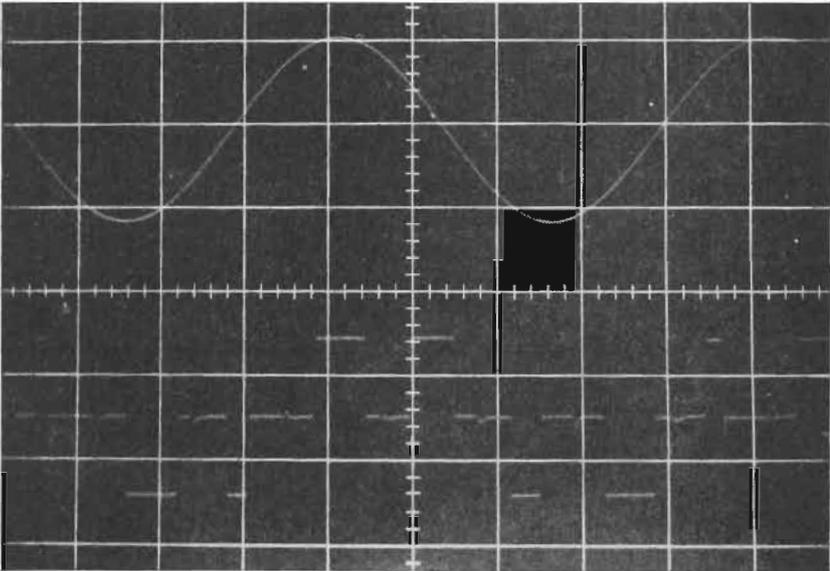
frecuencia muestreo 926 c/seg.
 frec. señal entrada 50 c/seg.
 $T = 5$ mseg/cm.

Fig. 15



OSCILOGRAMA V

frecuencia muestreo 926 c/seg.
 frec. señal entrada 100 c/seg.
 $T = 2$ mseg/cm.



OSCILOGRAMA VI

frecuencia muestreo 926 c/seg.
 frec. señal entrada 200 c/seg.
 $T = 1$ mseg/cm.

Fig. 16

CONCLUSIONES

En primer lugar se hace un estudio de los amplificadores de autosaturación, poniendo de manifiesto el carácter eminentemente discreto de su operación.

En segundo lugar se describe el funcionamiento de un modulador de anchura de impulsos utilizando como base para su realización un amplificador magnético.

Sobre el modulador de anchura de impulsos así construido se analiza su comportamiento desde tres aspectos distintos: a) Se halla la respuesta en frecuencia del dispositivo para distintos valores de la frecuencia de muestreo. En la gráfica construida con los datos experimentales se observa que, aunque la respuesta aumenta con la frecuencia de muestreo, sin embargo disminuye a partir de un cierto valor de la frecuencia de la señal de entrada. b) Se estudia el valor de la corriente de salida en función de la frecuencia de muestreo tomando como entrada corriente continua. En esta gráfica se encuentra la misma variación que antes. c) Se ha hallado la característica estática del modulador para una sola frecuencia de muestreo, poniéndose de manifiesto su simetría para señales positivas y negativas.

Finalmente se muestran los oscilogramas para diversas formas de operación del modulador, poniéndose de manifiesto su funcionamiento de acuerdo con la definición de que de él se ha dado.

BIBLIOGRAFIA

- LAFUZE, D. L.: "Magnetic amplifier analysis". John Wiley & Sons. 1963.
- STORM, H. F.: "Magnetic Amplifier". John Wiley & Sons. 1955.
- MELLADO, M. y AGAPITO, J. A. "Modulador de anchura de impulsos". An. Real Soc. Esp. de Fis. y Quím. Tomo LXIII (A) Sept.-Oct. 1967.
- MELLADO, M. y AGAPITO, J. A. "Transitorio de amplificadores magnéticos de autosaturación". An. Real Soc. Esp. de Fis. y Quím. Tomo LXIII (A) Sept.-Oct. 1967.
- MILMAN y TAUB: "Circuitos de Pulsos, Digitales y de Conmutación". Ediciones del Castillo, S. A. Madrid, 1957.

RELACION DE REVISTAS Y DE INSTRUMENTAL (de uso general) EXISTENTE EN LA FACULTAD, ACTUALIZADO AL 1 - II - 73

A petición de algunos directores de Departamento de esta Facultad de Ciencias damos a continuación una relación de las Revistas de que dispone la Facultad, centralizadas en las bibliotecas o seminarios de las distintas Secciones, o bien situadas directamente en los Departamentos.

Como no todos contestaron a nuestra solicitud, figuran en la relación sólo aquéllas de las que tenemos noticia.

Así mismo, y por si pueden ser utilizados por otros Departamentos, hemos rogado a todos los de la Facultad nos informen acerca de aquellos aparatos o instrumentos que estimen de utilidad general. Entre las respuestas obtenidas, figura, a continuación de la relación de Revistas, aquel instrumental que, a nuestro juicio, puede servir a diferentes Departamentos, no consignando otro, del que se nos ha dado cuenta por algunos Departamentos, que estimamos no cumplen dicha finalidad.

BIBLIOTECA DE LA SECCION DE QUIMICAS

A) Revistas que se reciben habitualmente

Advances in Physics.—Desde el año 1959.

Afinidad.—Año 1930 y desde 1949.

Agua.—Desde el año 1962.

Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química.—Desde el año 1903.

Analyst (the).—Años: 1946, 1951, y desde 1953.

Analytica Chimica Acta.—Desde el año 1947 a 1968.

Analytical Abstracts.—Desde el año 1954.

Analytical Chemistry.—Desde el año 1947.

Angewandte Chemie.—Años: 1933 al 1936, y desde 1959.

Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie.—Desde el año 1963.

Boletín Mensual Climatológico.—Desde el año 1944.
Boletín de la Sociedad Química del Perú.—Desde el año 1958.
Bulletin de la Société Chimique de France.—Desde el año 1953.
Centro Experimental del Frio.—Desde el año 1960.
Chemical Abstracts.—Desde el año 1930.
Chemical Communications.—Desde el año 1965.
Chemical Reviews.—Desde el año 1956.
Chemical Technology.—Desde el año 1971.
Chemist Analyst.—Desde el año 1953.
Chemistry in Britain.—Desde el año 1965.
Chimie Analytique.—Desde el año 1960.
Chimie et Industrie.—Años: 1933, 1936, y desde 1952 al 1970.
Discussions of the Faraday Society.—Desde 1958.
Education in Chemistry.—Desde el año 1964.
Electrochimica Acta.—Desde el año 1959.
Endéavour.—Desde el año 1962.
Engineering and Mining Journal.—Años: 1937, 1938, 1951, y desde 1956.
El Estañó y sus Aplicaciones.—Desde el año 1963.
Extracto de Publicaciones.—Desde 1960.
Industrial and Engineering Chemistry.—Año: 1936, y desde 1947.
Información de Química Analítica.—Desde el año 1947.
Inorganic Chemistry.—Desde el año 1962.
Ion.—Desde el año 1941.
Journal de Chimie Physique et de Physico-Chimie Biologique.—Años: 1920 al 1923, y desde 1969.
Journal de Physique et le Radium.—Años: 1920 al 1936, 1952, y desde 1959.
Journal of American Chemical Society.—Años: 1934 al 1936, y desde 1944.
Journal of Applied Physics.—Desde el año 1956.
Journal of Chemical Education.—Desde el año 1959.
Journal of Chemical Physics.—Año: 1951, y desde 1953.
Journal of Electroanalytical Chemistry.—Desde el año 1960.
Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry.—Desde el año 1960.
Journal of Organic Chemistry.—Desde el año 1961. (*The*).
Journal of Physical Chemistry.—(*The*). Desde el año 1959.
Journal of the Chemical Society. Años: 1907 al 1921, 1946, y desde 1954.
Journal of the Electrochemical Society.—Desde el año 1948.
Luz y Fuerza.—Desde 1963.
Medicamenta.—Desde el año 1949.
Nature.—Años: 1922 al 1936, 1948 al 1954, y desde 1958.
Philosophical Magazine.—Años: 1913 al 1936, 1949 al 1953, y desde 1959.
Physica.—Años: 1943, 1948 al 1962, y desde 1968.

Physical Review.—Años: 1920 al 1931, 1946 al 1951, y desde 1953.
Proceedings of the Society for Analytical Chemistry.—Desde el año 1964.
Quarterly Reviews.—Desde el año 1950.
Reviews of Modern Physics.—Años: 1929 al 1933, y desde 1953.
Revista de la Facultad de Ciencias.—Desde el año 1951.
Revista del Frío.—Desde el año 1956.
Revista de Jena.—Desde el año 1967.
Revista de Metalurgia.—Desde el año 1965.
Revue de Physique Appliquée.—Desde el año 1966.
Revue Roumaine de Chimie.—Desde 1964.
Sciences.—Desde el año 1959.
Scientific American.—Años: 1959 al 1968, y desde 1971.
Talanta.—Desde el año 1963.
Theoretica Chemical Acta.—Desde el año 1962.
Transactions of the Faraday Society.—Año: 1936 y desde 1959.
Trinángulo.—Desde 1961.
Tribuna Alemana.—Desde 1964.
Yatros (Asociación de la Prensa Médica Española).—Desde el año 1948.
Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie.—Años: 1935, 1936,
 y desde 1960.
Zeitschrift für Physicalische Chemie.—Años: 1934 al 1936, 1940, y desde
 1959.

B) Revistas de las que existen números sueltos

Actividades Petroleras de Venezuela.
Acta Científica Compostelana.
Acta Physicochimica URSS.
Acta Politécnica Mexicana.
Anales de Investigaciones Agronómicas.
Anales de la Sociedad Española de Historia Natural.
Annales de Chimie.
Aplicaciones Eléctricas.
Aranco World.
Bast.
Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie.
Berichte.
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie.
Boletín de Informaciones Electrónicas.
Boletín de la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales.
Boletín del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.
Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural.

Boletín Oficial del Ministerio de Minas e Hidrocarburos; (Caracas).
British Abstracts.
Bulletin de l'Omm.
Cahiers de Synthèse Organique.
Ciencia Interoamericana.
Ciencia y Técnica de la Soldadura.
Las Ciencias.
Colletio de Memoires Relatifs a la Physique.
Combustibles Líquidos y Lubricantes.
Comunidad Europea.
Comptes Rendus.
Chemical Engineering.
Chemisches Zentralblatt.
Chemistry and Industry.
Chimica e l'Industria (La).
Die Chemische Fabrik.
Die Chemische Industrie.
Die Chemische Technik.
Die Ernährung der Pflanze.
Ela Grafico.
Electrochemical Technology.
Enciclopedia de Química Industrial.
Enciclopedia de Tecnología Química.
Enciclopedia Salvar Ciencia y Tecnología.
Energía Nuclear.
Energie Nucleaire.
Ensayos e Investigación.
Estudio de las Ciencias.
Forces.
Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie.
Genie Atomique.
Genie Chimique.
Helvética Chimica Acta.
Hewlett-Packard Journal.
Hilger Journal.
Histoire Générale des Sciences.
Hochschul-Dienst.
Ibérica.
In Britain.
Industrial Chemist (The).
Ingeniería Internacional.

Ingeniería y Construcción.
Instituto de la Soldadura.
Instituto del Hierro y del Acero.
Instituto Nacional de Electrónica.
Instituto Nacional del Carbón.
Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft.
Journal of Applied Chemistry.
Journal of the Society of Chemical Industry.
Justus Liebigs Annalen der Chemie.
Kolloid-Beihefte.
Kolloid Zeitschrift.
Lipidos.
Medicina Alemana.
Memoirs of the College of Science.
Memorias de la Sociedad Española de Historia Natural.
Modern German Boiler Practique.
Naturewissenschaften.
News and Review.
New Scientist.
Morelco Reporter.
Nouveau Traite de Chimie Minerale.
Nuestra Industria = Revista Tecnológica.
Optica Pura y Aplicada.
Paleta.
Petroleo.
Petroleum Press Service.
Philips.
Physicalische Berischte.
Proceedings of the Geologists' Association.
Progreso de la Ingeniería (El).
Pure and Applied Chtmistry.
Química e Industria.
Revista de Ciencia Aplicada.
Revista de Educación.
Revista de Información del I.N.I.
Revista de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.
Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
Revista de la Universidad Industrial de Santander.
Revista Siemens.
Revue de l'Hygiène Professionnelle.
Russian Journal of Inorganic Chemistry.

Russian Journal of Physical Chemistry.

Sciencia.

Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research.

Scholl Science Review (The).

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereiens.

Siemens Zeitschrift.

Speleon.

Stahl und Eisen.

Traité de Chimie Organique.

Transation of the Electrochemical Society.

Transactions of the Institution of Chemical Engineers.

Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

Zeitschrift für Analytische Chemie.

Zeiteschrift für Elektrochemie un Angewandte Physicalische Chemie.

Zeitschrift für Physic.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA ANALITICA

Las revistas del Departamento se encuentran en la Biblioteca de la Sección.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA INORGANICA

Annual Reports.—Correspondientes a los años 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968 (A), 1969 (A), 1970.

DEPARTAMENTO DE MATEMATICAS

A) Revistas que se reciben con regularidad actualmente:

Mathematical Reviews.—Published by The American Mathematical Society. Se tiene la revista desde el año 1968 inclusive.

B) Revistas de las que se tienen números sueltos

Revista Matemática Hispano-Americana.—Publicada por el Instituto "Jorge Juan" de Matemáticas y la Real Sociedad Matemática Española.

Trabajos de estadística y de investigación operativa.—Revista editada por el Instituto de Investigación Operativa y Estadística. (C.S.I.C.).

Memorial des Sciences Mathematiques.—(Director H. Villat). (Gauthier-Villars, Paris).

Periodico di Matematiche.—Organo della Società italiana di Matematiche "Mathesis".

Gaceta Matemática.—Revista publicada por el Instituto “Jorge Juan” de Matemáticas y la Real Sociedad Matemática Española. (Con suplementos de la misma revista).

Euclides.—Revista mensual de ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales. (Madrid).

Matemática Elemental.—Órgano de los círculos matemáticos de Estudiantes, publicado bajo los auspicios de la Sociedad Matemática Argentina y de la Sociedad Matemática Española.

Journal de Mathématiques Élémentales.—(Librairie Vuibert. Paris).

Theoria.—Revista trimestral de Teoría, Historia y fundamentos de la Ciencia. (Madrid).

Revue de Mathématiques Spéciales.—(Librairie Vuibert. Paris).

Journal de Mathématiques Pures et Appliquées.—(Fundado por J. Liouville) (Gauthier-Villars, Paris).

Encyclopédie des Science Mathématiques Pures et Appliquées.—Publiée sous les auspices des académies des sciences de Göttingue, de Leipzig, de Munich et de Vienne avec la collaboration de nombreux Savants. (Edition Française).

Elemente der Mathematik.—Revue de Mathématiques élémentaires. Birkhäuser Verlag Basel.

Mathematica.—Publicata de seminarul de matematici al Universitatii Cluj.

Contribuciones Científicas (Serie A: Matemáticas).—Editadas por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Memorias de Matemática del Instituto “Jorge Juan”.—(C.S.I.C.).

Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris.—(Mémoires et conférences sur le calcul des probabilités, la statistique théorique et appliquée, l'économétrie) (Institut Henri Poincaré).

Sciences Mathématiques et Naturelles.—(Académie Royale de Serbie).

Varias Publicaciones de trabajos matemáticos del C.S.I.C.

The Annals of Mathematical Statistics.—The Official Journal of the Institute of Mathematical Statistics (U.S.A.).

Annals of Mathematics.—Published by the Princeton University Press.

Boletín del Seminario Matemático.—Instituto matemático Hispano-Americano (dirigido por J. Rey Pastor).

Trabajos del Seminario Matemático.—Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Compositio Mathematica.—Quod Periodicum Internationale PN Noordhoff-Groningen.

Revista Trimestral de Matemáticas.—(Zaragoza).

Universidad.—Revista de Cultura y Vida Universitaria, (Zaragoza).

Hewlett-Packard Journal.

Revista de la Sociedad Matemática Española.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA TECNICA

Ninguna.

BIBLIOTECA DE LA SECCION GEOLOGICAS

A) Revistas que se reciben habitualmente

- Abhandlung des Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.*—Frankfurt, desde el año 1955.
- Abhandlung der Hessischen Landesamtes für Bodenforschung.*—Wiesbaden, desde el año 1950.
- Acero y Energía.*—Desde el año 1955.
- Acta Geográfica.*—París, desde el año 1959.
- Anales de Edafología y Fisiología Vegetal.*—Desde el año 1942.
- Anales de la Academia Argentina de Geografía.*—Desde el año 1957.
- Anales del Ministerio de Industria y Comercio de la Nación.*—Perú, desde el año 1957.
- Annales de Spéléologie.*—París, desde el año 1949.
- Anales de la Universidad de Santo Domingo.*—Desde el año 1949.
- Annales de l'Ecole Supérieure des Sciences.*—Dakar, desde el año 1954.
- Annales Géologiques de Madagascar.*—Desde el año 1959.
- Annales Universitatis Saraviensis.*—Desde el año 1952.
- Annales Géologiques des Pays Helléniques.*—Desde el año 1947.
- Annali di Recherche e Studi di Geografia.*—Italia, desde el año 1954.
- Annales de Paleontologiea.*—París, desde el año 1965.
- American Journal of Science.*—(Connecticut). Desde el año 1965.
- Annuaire du Comité Géologique.*—Bucarest, desde el año 1958.
- Anzeiger.*—Wien, desde el año 1955.
- Atti della Accademia Nazionale Dei Lincei.*—Roma, desde el año 1952.
- Atti dell'Istituto Geologico della Università di Pavia.*—Desde el año 1949.
- Arkiv för Mineralogi Och Geologi.*—Suecia, desde el año 1947.
- Berichte der Naturforschenden Gesellschaft.*—Friburg, desde el año 1951.
- Boletín del Instituto Geológico y Minero de España.*—Desde el año 1874.
- Bulletin de la Société Géologique de France.*—Desde el año 1923.
- Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.*—Madrid, desde el año 1901.
- Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists.*—(Oklahoma). Desde el año 1965.
- Boletín del Ministerio de Obras Públicas.*—Desde el año 1954.
- Boletín de Información de Distribución de Aguas en España y en el Extranjero.*—Desde el año 1955.

- Boletín Informativo del Instituto Nacional del Carbón.*—Desde el año 1952.
- Boletín Climatológico del Servicio Meteorológico Nacional.*—Desde el año 1950.
- Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares.*—Desde el año 1950.
- Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales.*—Desde el año 1953.
- Boletín de Geología.*—Venezuela, desde el año 1949.
- Boletín de Geología.*—Colombia, desde el año 1958.
- Boletín Geográfico.*—Brasil, desde el año 1945.
- Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.*—Desde el año 1947.
- Boletín Informativo de la Dirección Nacional de Minería.*—Perú, desde el año 1957.
- Boletín do Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico.*—Lisboa, desde el año 1943 al 1950, y desde 1954.
- Bolletino del Servizio Geologico d'Italia.*—Desde el año 1946.
- Bolletino della Societa Adriatica di Scienze Naturali in Trieste.*—Desde el año 1940.
- Bolletino della Societa Geografica Italiana.*—Desde el año 1948.
- Bolletino della Societa Geologica Italiana.*—Desde el año 1940.
- Bolletino del Museo Civico di Storia Naturale de Venecia.*—Desde el año 1955.
- Bonner Geographische Abhandlungen.*—Bonn, desde el año 1950.
- Breviora Geológica Astúrica.*—Desde el año 1950.
- Breviora (Museum of Comparative Geology).*—Cambridge, desde el año 1952.
- Bulletin Indiana Department of Conservation.*—Desde el año 1951.
- Bulletin Geological Survey.*—Washington, desde el año 1950.
- Bulletin Geological Society of America.*—Desde el año 1951.
- Bulletin State Geological Survey.*—Urbana, desde el año 1950.
- Bulletin (University of Kansas).*—Desde el año 1949.
- Bulletin Kentucky Geological Survey.*—Desde el año 1949.
- Bulletin of the American Museum Natural History.*—New York, desde el año 1951.
- Bulletin de la Société Spéléologique de Grece.*—Desde el año 1951.
- Bulletin de la Comision Géologique de Finlande.*—Desde el año 1946.
- Bulletin of the Géological Institutions of the University of Upsala.*—Desde el año 1956.
- Bulletin Division of Mines.*—California, desde el año 1946.
- Bulletin Oklahoma Geological Survey.*—Desde el año 1939.
- Bulletin of the Museum of Comparative Zoology.*—Cambridge, desde el año 1948.
- Bulletin Géologique.*—Sarajevo, desde el año 1958.

- Bulletin de la Société des Sciences et des Lettres de Lodz.*—Desde el año 1953.
- Bulletin of the Mineral Research and Exploraton Institute of Turkey.*—Desde el año 1954.
- Bulletin of the Research Council of Israel.*—Desde el año 1957.
- Bulletin Ministry of Development Geological Survey.*—Jerusalén, desde el año 1958.
- Bulletin d'Information de la Fédération Spéléologique de la Belgique.*—Desde el año 1961.
- Bulletin de la Société d'Histoire de Toulouse.*—Desde el año 1947.
- Bulletin de la Société Géologique de France.*—Desde el año 1923.
- Bulletin du Museum D'Histoire Naturelle de Marseille.*—Desde el año 1950.
- Bulletin Penyglacyalny.*—Polonia, desde el año 1954.
- Cahiers Géologiques.*—Seyssel, desde el año 1950.
- California Journal of Mines and Geology.*—Desde el año 1950.
- Carte Géologique de Reconnaissance a l'Echelle du 1: 500.000.*—Africa, desde el año 1953.
- Ciencia.*—México, desde el año 1940.
- Circular.*—Oklahoma Geological Survey.—Desde el año 1939.
- Circular Estate Geological Survey.*—Urbana, desde el año 1955.
- Combustible.*—Desde el año 1950.
- Compte Rendu Sommaire des Seances de la Société Géologique de France.*—Desde el año 1923.
- Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal.*—Desde el año 1940.
- Decheniana.*—Bonn, desde el año 1955.
- Die Hohle.*—Wien, desde el año 1951.
- Directory Series (Indiana Department of Conservation).*—Desde el año 1948.
- Engineering Geology.*—Holanda, desde el año 1965.
- Economic Geology.*—Pennsylvania, desde el año 1965.
- Eclogae Geologicae Helvetiae.*—Desde el año 1951.
- Estudios Geológicos.*—Desde el año 1945.
- Estudios Geográficos.*—Desde el año 1940.
- Estudios, Notas e Trabalhos de Serviço de Fomento Mineiro.*—Porto, desde el año 1945.
- Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen.*—Desde el año 1959.
- Geological Society of America Bulletin.*—New York, desde el año 1946.
- Geochimica et Cosmochimica.*—Inglaterra, desde el año 1965.
- Geographical Rewien.*—New York, desde el año 1950.
- Geographischen Instituut der Universitat Kiel.*—Desde el año 1950.

- Geographischen Sehresbericht aus Osterreich.*—Wien, desde el año 1952.
- Geografski Slasnik.*—Zegreb, desde el año 1949.
- Geologisch Instituut Universiteit van Amsterdam.*—Desde el año 1956.
- Geologische Rundschau.*—Stuttgart, desde el año 1955.
- Geologische Jahrbuch.*—Hannover, desde el año 1943.
- Geologizke Prace.*—Bratislava, desde el año 1956.
- Geologiski Vjesnik.*—Zagreb, desde el año 1952.
- Grotte.*—Torino, desde el año 1959.
- Journal of Paleontology.*—Oklahoma, desde el año 1965.
- Jahrbuch der Geologischen Busdesanstalt.*—Wien, desde el año 1950.
- Journal of Geophysical Research.*—Virginia, desde el año 1950.
- Las Ciencias.*—Desde el año 1934.
- La Chronique des Mines d'Outre-Mer et de la Recherche.*—Paris, desde el año 1956.
- Le Grotte d'Italie.*—Desde el año 1941.
- Leidse Geologische Mededelingern.*—Holanda, desde el año 1951.
- Les Cahiers de Tunisie.*—Desde el año 1953.
- Les Cahiers d'Outre-Mer.*—Bordeaux, desde el año 1948.
- L'Information Geographique.*—Paris, desde el año 1956.
- Materialy Starozytne.*—Warzawa, desde el año 1950.
- Marine Geology.*—Holanda, desde el año 1965.
- Micropaleontology.*—New York, desde el año 1965.
- Mededelingen van de Geologische Stichting.*—Holanda, desde el año 1944.
- Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico.*—Barcelona, desde el año 1956.
- Memorias e Noticias.*—Coimbra, desde el año 1954.
- Memorias of the Faculty of Science.*—Fukuoka, desde el año 1954.
- Memoir (Geological Survey of Canada).*—Desde el año 1950.
- Memorie e Studi Geografici.*—Torino, desde el año 1950.
- Mitteilungen der Geologischen Geselleschaft in Wien.*—Desde el año 1956.
- Mitteilungen der Holdenkommission.*—Wien, desde el año 1953.
- Mitteilungen.*—Austria, desde el año 1954.
- Mitteilungen aus den Geologischen Statsinstitut in Hamburg.*—Desde el año 1949.
- Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Munchen.*—Desde el año 1954.
- Mineral Information Service (State of California).*—Desde el año 1950.
- Mineral Report (Oklahoma Geological Survey).*—Desde el año 1939.
- Minería y Metalurgia.*—Desde el año 1947.
- Munibe.*—Desde el año 1949.

- Norges Geologiske Undersokelse*.—Oslo, desde el año 1949.
- Norsk Geologisk Tidsskrift*.—Oslo, desde el año 1949.
- Norois*.—Poitiers, desde el año 1955.
- Notes et Memoires del Service Geologique du Maroc*.—Desde el año 1948.
- Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden*.—
Desde el año 1950.
- Paleontology*.—Inglaterra, desde el año 1965.
- Pollen et Spores*.—Paris, Desde el año 1965.
- Paleogeography, Paleoclimatology y Palaeoecology*.—Holanda, desde el año 1965.
- Pétrole Progrès*.—Paris, desde el año 1955.
- Pirineos*.—Desde el año 1949.
- Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*.—Desde el año 1951.
- Proceedings of the Speleological Society*.—Bristol, desde el año 1954.
- Publicaciones de la Universidad de Chile*.—Desde el año 1956.
- Publicaciones de la Comisión Nacional de Energía Atómica*.—Buenos Aires,
Desde el año 1959.
- Publicaciones University of California*.—Desde el año 1951.
- Publicaciones University of Kansas*.—Desde el año 1957.
- Publications de l'Institut de Geographie de Clermont-Ferrand*.—Desde el año 1951.
- Publications From the Institutes of Mineralogy, Paleontology and Quaternary Geology*.—Suecia, desde el año 1951.
- Publication de l'Institut d'Etudes et de Recherches Minères en Turquie*.—
Desde el año 1951.
- Publication Cave Research Group of Great Britain*.—Desde el año 1950.
- Publicaciones Edita Sotto Gli Auspicidel Consiglio Nazionale delle Ricerche*.—Padova, desde el año 1949.
- Publicaciones Istituto di Geologia*.—Milano, desde el año 1956.
- Publicaciones Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica della Università di Milano*.—Desde el año 1953.
- Quaternaria Italiana*.—Desde el año 1965.
- Rassegna Speleologica Italiana*.—Desde el año 1950.
- Rapport Preliminar del Service de Leves Geologiques*.—Quebec, desde el año 1951.
- Rapport Geologique*.—Quebec, desde el año 1952.
- Revue de Micropaleontologie*.—Paris, desde el año 1965.
- Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*.—Desde el año 1951.

- Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia".*
Desde el año 1950.
- Revista de la Facultad de Ciencias.*—Lisboa, desde el año 1952.
- Revue du Nord.*—Lille, desde el año 1959.
- Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest.*—Toulouse, desde el año 1950.
- Revue de Géographie Alpine.*—Grenoble, desde el año 1945.
- Revue de Géomorphologie Dynamique.*—Paris, desde el año 1950.
- Sedimentology.*—Holanda, desde el año 1965.
- Sbornik Českoslovens ke Spolecnosti Zemepisne.*—Checoslovaquia, desde el año 1957.
- Sciences de la Terre.*—Nancy, desde el año 1953.
- Senckenbergiana.*—Frankfurt, desde el año 1950.
- Silesia Antiqua.*—Wrocław, desde el año 1959.
- Sociedade de Geografia de Lisboa.*—Desde el año 1950.
- Société Spéléologique et Préhistorique de Bordeaux.*—Desde el año 1948.
- Sous le Plancher.*—Dijon, desde el año 1955.
- Spéleo Club de Paris.*—Desde el año 1957.
- Speleon.*—Desde el año 1950.
- Special Report.*—California, desde el año 1950.
- Stalactite.*—Suiza, desde el año 1956.
- Svensk Geografisk Arsbok.*—Suecia, desde el año 1949
- Teruel.*—Desde el año 1949.
- Tectonophysics.*—Holanda, desde el año 1965.
- The Astrophysical Journal.*—Desde el año 1959.
- The News.*—Pennsylvania, desde el año 1954.
- The Quarterly Journal of the Geological Society of London.*—Desde el año 1950.
- The Journal of Geology.*—Chicago, desde el año 1948.
- Transactions American Geophysical Union.*—Washington, desde el año 1950.
- Travaux du Laboratoire de Géologie.*—Lion, desde el año 1921.
- Travaux du la Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble.*—Desde el año 1958.
- Vestnik Českoslovens ke Spolecnosti Zoologizke.*—Desde el año 1957.
- Viet Milieu.*—Paris, desde el año 1950.
- Wiadomosci Archeologiczne.*—Warszawa, desde el año 1954.
- Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft.*—Stuttgart, desde el año 1948.

B) Revistas de las que existen números sueltos

- Acta Geológica.*—Yugoslavia.
Actes du Deuxième Congrès International d'Etudes Pyrénéennes.—Toulouse.
Altamira.—(Revista del Centro de Estudios Montañeros).—Santander.
Allocutions Prononcées a l'Occasion du Jubilé Scientifique de Charles Jacob.
Anales de la Real Academia de Historia Natural.
Anales de Escuela de Peritos Agrícolas y Superior de Agricultura y de los Servicios Técnicos y de Agricultura.—Barcelona.
Anales de Obras Públicas.
Annales de la Société Géologique de Belgique.
Annales del Laboratoire Souterrain de Han-Sur-Sesse.—Liege.
Annales Géologiques du Service de Mines.—Madagascar.
Annales of Geomorphologie.—Berlín.
Annales de Géographie.—Paris.
Annales de la Société des Sciences Naturelles de Toulon et Du Var.
Annales de Stratigraphie et de Paleontologie.—Paris.
Annales de l'Université de Lyon.
Annales de la Federation Pyrénéenne d'Economie Montagnarde.—Toulouse.
Annales de Mines of Recuel de Memoires sur D'Exploitation de Mines.—Paris.
Annales Scientifique de France-Comte.—Beaunçon.
Annales Hebert et Haug.—Paris.
Annuaire Hydrologique de la France.—Paris.
Archivos del Instituto de Aclimatación.—Almería.
Archivo del Instituto de Estudios Africanos.
Association Spéléologique de l'Est.—Vesoul.
Boletín de la Universidad de Granada.
Boletín Informativo (Actividades Europeas en Paleontología de Vertebrados). Sabadell.
Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología.—Valladolid.
Boletín de la Real Academia de Ciencias y Arte de Barcelona.
Boletín de Minas y Metalurgia.
Boletín del Instituto de Geología.—México.
Bulletin Mensual du Spéleo-Club de Paris.
Bulletin des Services de la Carte Géologique de la France.
Bulletin du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine.—Strasbourg.
Bulletin Scientifique de Bourgogne.—Dijon.
Bulletin de la Seccion de Géographie.—Paris.
Bulletin du Spéleo-Club de Belgique.

- Bulletin d'Information de la Commission de Topographie et de Toponymie de la Fédération Spéléologique de Belgique.*
- Bulletin Géologique de la Nouvelle-Calédonie.*
- Bulletin de l'Institut Equatorial de Recherches et Etudes Géologiques et Miniers.*
- Bulletin California Division of Mines and Geology.*
- Bulletin of the Geological Institution.—Upsala.*
- Bulletin State of Delaware.*
- Conferencias y reseñas Científicas de la Real Sociedad Española de Historia Natural.*
- Crónica Científica.*
- Deutsche Atlantische Expedition "Meteor".*
- Die Griechischen Landschaften.—Frankfurt.*
- Die Staaten und Lander der Erde.—Hannover.*
- Economic Geology.—Urbana.*
- Etudes Corses.—Montpellier.*
- Folia Quaternaria.—Polonia.*
- Forschungen und Schritte.—Berlin.*
- Frankfurter Geographische Hefte.—Frankfurt.*
- Geología Colombiana.*
- Geological and Geophysical Research.—Athenas.*
- Geologija Razprave in Porocila.—Ljubljana.*
- Geologische Rundschau. Stuttgart.*
- Hoja del Mapa Geológico de España del Instituto Geológico y Minero. Ilerda.—Lérida.*
- Investigación y Progreso.*
- Japanese Journal of Geology and Geography.—Tokyo.*
- Jaskine Polsky.—Warsaw.*
- Journal of the Graven Potkole Blub.—Inglaterra.*
- Journal of Sedimentary Petrology.—Urbana.*
- La Cronique des Mines Coloniales.—Paris.*
- Les Cahiers de Spéléologie-Arqueologie Prehistoire et Technique Souterraines de l'Est de France.—Vesoul.*
- Memorial des Sciences Physiques.—Paris.*
- Mmoires de la Société Géologique du Nord.—Lille.*
- Memoires pour servir a l'Explication de la Carte Géologique de la France.*
- Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle.—Paris.*
- Memoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine.—Strasbourg.*
- Memoires de la Société Géologique de France.*
- Memoires de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain.*

Memoires of the Faculty of Science and Agriculture.—Formosa.
Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.
Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural.
Memoires de la Fédération Spéléologique de Belgique.
Memoires of the Rajputana University.
Miscelánea Almera.
Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten.—Berlin.
Mitteilungen von Forschungsreisenden und Selehrten aus den Deutschen Schutzgebieten.—Berlin.
Notes Biospéléologique.—Paris.
Nouvelles Archives du Museum D'Histoire Naturelle de Lyon.
Oklahoma Geological Survey.
Publicaciones Extranjeras sobre Geología en España.
Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada.
Publicaciones del Instituto del Aire.
Publicaciones del Ministerio del Aire.
Publicaciones del Comité Nacional de Sondeos.
Publicaciones de la Asesoría Jurídica.
Publicaciones de la Universidad Nacional de Tucumán.
Publications de l'Association des Ingenieur de la Faculté Polytechnique de Mons.
Publications de l'Université de la Sorre.
Publication Geological Institute.—Jerusalén.
Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algerie.
Publications Comité de Géographie de Maroc.
Publicazioni dell'Istituto di Geografia della Universita di Roma.
Publicazioni dell'Istituto di Geodesia e Geofisica della Universita di Padova.
Publicazioni del Centro di Studi per la Geologia dell'Appenino.
Pyrenées.—Lourdes.
Recuell des Travaux des Laboratoires de Botanique; Géologie et Zoologie de la Foculté des Sciences de Montpellier.
Regia Autonime des Pétroles.—Paris.
Report of Investigations.—Kentucky.
Ressegna Speleologica Italiana.
Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería.
Revista de Geofísica.
Revista Española de Biología.
Revista del Museum de la Plata.
Revista Minera Geología y Mineralogía.—Buenos Aires.
Revista Brasileira de Geografia.
Revue de l'Institut Français du Pétrole.—Paris.

Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique.—Paris.
Scienza e Lavoro.—Italia.
Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire.
Special Publication.—Kentucky.
Spelolog.—Zagreb.
Stanford of University Publications.
Studia Epeleologica.—Italiana.
Teruel.
The Geological Map of Israel.
The National Geographic Magazine.—Washington.
Trabajos del Instituto de Ciencias Naturales José de Acosta.
Urania (Revista de Astronomía y Ciencias Afines).
Veskmik Ceskoslovenske Spolecnosti Zoologicke.
Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.
Zephyrus (Universidad de Salamanca).

DEPARTAMENTO DE PETROLOGIA Y GEOQUIMICA

American Journal of Science.—Desde el año 1962.
Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Clermont Ferrand.—
 Números sueltos de los años, 1960, 1962, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968.
Breviora Geológica Astúrica.—Números sueltos de los años 1958, 1960,
 1964, 1967, 1968.
*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Bioló-
 gica).*—Años: 1969, 1970, 1971.
Chemical Geology.—Años: 1966, 1967, 1968, 1969, 1970.
*Estudio Geológico del Reborde Oriental de la Cuenca Carbonífera de As-
 turias.*—Desde el año 1962.
Estudio Previo de Terrenos.—Desde el año 1971.
International Journal of Rock Mechanics.—Desde el año 1971.
Journal of Petrology.—Desde el año 1960.
Lithos.—Desde el año 1968.
Mineralogy and Petrology.—Desde el año 1969.
*Memoria y Comunicaciones de la IV Reunión del Grupo Español de Sedi-
 mentología.*—Años: 1966, 1967, 1968.
Monografías Geológicas.—Números sueltos de los años, 1957, 1958, 1959.
Rock Mechanics.—Desde el año 1969.
Revista de la Facultad de Ciencias.—Desde el año 1961.
Speleon.—Años: 1960, 1962, 1965.
Sedimentología.—Números sueltos de los años: 1962, 1963, 1964, 1965,
 1967, 1968.
The Geochemical Society.—Números sueltos de los años, 1964, 1965.
The American Mineralogist.—Desde el año 1962.

DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA

- Acta Geológica Hispánica (C.S.I.C.).*—Desde 1966 a 1972.
- Agua (Revista C.E.I.A.A.—Barcelona).*—Desde 1965 a 1972.
- American Museum Novitates.*—New York, desde 1969 a 1972.
- Boletín Geológico y Minero.*—Desde 1968 a 1971.
- Breviora Geológica Astúrica.*—Oviedo, desde 1957 a 1971.
- Bulletin American Museum of Natural History.*—Desde 1969 a 1971.
- Bulletin Centre Rech. Pau-Snpa.*—Desde 1971 a 1972.
- Cátedra de Matemáticas. Centro de cálculo.*—Desde 1970 a 1972.
- Col-Pa.—Coloquios de Paleontología.*—Madrid, desde 1964 a 1965.
- Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas.*—Desde 1922 a 1930.
- Cuadernos de Espeleología.*—Santander, desde 1965 a 1971.
- Cuadernos de Geología Ibérica (C.S.I.C.).*—Desde 1970 a 1971.
- Chemical Geology.*—Desde 1969.
- Earth-Science Reviews.*—Desde 1966 a 1972.
- Endeavour (Edic. Española).*—Desde 1965 a 1972.
- Estudios Geológicos (Inst. Lucas Mallada).*—Desde 1945 a 1965.
- Géologie de la Méditerranée Occidentale.*—Desde 1931 a 1937.
- Hidrología.*—Desde 1970.
- Instituto Geológico (Diputación Barcelona).*—Desde 1952 a 1967.
- Journal Sedimentary Petrology.*—Desde 1971 a 1972.
- Las Ciencias.*—Desde 1966 a 1970.
- Lethala.*—Oslo, desde 1968 a 1970.
- Marine Geology.*—Desde 1964 a 1972.
- Ministerio O. Públicas (Boletín).*—Desde 1954 a 1965.
- Newsletters on Stratigraphy.*—Desde 1972.
- Palaeo-Geography-Climatology-Ecology.*—Desde 1967 a 1972.
- Publicaciones extranjeras sobre Geología de España.*—Desde 1942 a 1954-55.
- Sedimentary Geology.*—Desde 1971 a 1972.
- Sedimentology.*—Desde 1962 a 1972.
- Seminarios de Estratigrafía (Univ. Madrid).*—Desde 1969.
- Spelaion Carso (Revue de spéléologie et de karstologie).*—Desde 1967.
- Tectonophysics.*—Desde 1969.
- Trabajos de Geología (Fac. Ciencias. Oviedo).*—Desde 1967 a 1971.
- Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales.*—Madrid, desde 1915 a 1928.
- Zeiss Ibérica, S. A.*—1970.

DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA

Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.
Revista Española de Micropaleontología.
Bulletin de la Société Géologique de France.
Paleovertebrata.
Paleontological Journal.

BIBLIOTECA DE LA SECCION DE BIOLOGICAS

Annales de l'Institut Pasteur.
Annual Review of Microbiology.
Archives d'Anatomie Microscopique et de Morphologie Expérimentale.
Archives de Biologie.
Annales D'Endocrinologie.
Annales D'Histochimie.
Annales de Limnologie.
Agronomía Lusitana.
L'Année Biologique.
Bioresearch Index.
Biological Abstracts.
Boletín Real Sociedad Española Historia Natural.
Bulletin de la Société Chimie Biologique.
Current Contents.
Comptes Rendus.
Comunicación Investigaciones Cáncer.
Col-Pa (Coloquios de la Cátedra de Paleontología).
Excerta Medica/-Human Genetics.
Ecology.
Genetics Abstracts.
Genética Ibérica.
Hereditas Genetiskt Arkiv.
International Review of Cytology.
Investigación Pesquera.
The Journal of Ecology.
The Journal of General.
Microbiología Española.
Plant Physiology.
Physiologia Plantarum.
Revista de la Facultad de Ciencias de Oviedo.
Réalités Scientifiques et Techniques.
Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol.

Revista Española de Fisiología.
Science.
Scientific American.
Taxon.
Vegetatio Acta Geobotanica.
Ve et Milieu.

DEPARTAMENTO DE BIOQUIMICA

Las Revistas del Departamento se encuentran en la Biblioteca de la Sección.

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA

Las Revistas del Departamento se encuentran en la Biblioteca de la Sección.

* * *

RELACION DE APARATOS

DEPARTAMENTO DE QUIMICA TECNICA

Juego de Tamices.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA ANALITICA

Una Termobalanza, Adamel, tipo C, n.º 128.
Análisis Térmico Diferencial, Linseis.
Espectrofotómetro de Absorción atómica EEL.

DEPARTAMENTO DE FISICA

Espectrógrafo Hilger (está incompleto, le faltan cabezas electrónicas y la fuente de alimentación).
Oscilógrafos de Rayos Catódicos.
Microscopio electrónico. Philips EM-300.

Calculador electrónico Digital "Hewlett-Packrd", modelo 9100 con impresor y "plotter" para el trazado de curvas.

Un Dipolómetro y Multidecámetro.

DEPARTAMENTO DE PETROLOGIA Y GEOQUIMICA

Separador Magnético Franz.

Microscopio Zeiss RP-48, con cámara fotográfica (Tubo triocular).

Microscopio Zeiss Standard W1 con platina universal de 4 ejes (Tubo binocular).

Molino eléctrico con mortero de ágata.

DEPARTAMENTO DE CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA

Microscopio de reflexión *Vickers*. modelo M.12a con microdurómetro.

DEPARTAMENTO DE BIOQUIMICA

Centrífuga refrigerada "Chris", con cabeza para 1.500rpm, 6.000rpm, y 25.000rpm.

Espectrofotómetro de UV. doble haz, con registrador incorporado.

Equipo de electroforesis sobre papel.

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA

Agitador orbital con temperatura y agitador incorporado.

Cámara estufa con agitador incorporado.

DEPARTAMENTO DE BOTANICA

Fotomicroscopio Zeiss.

Cámara cromatográfica.

Laboratorio fotográfico.

DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA

Difractómetro de Rayos X con circuito cerrado de refrigeración.

Cortadora de rocas.

Pulidora para preparación de secciones delgadas y superficies reflectantes.

Contador automático de puntos Swift.

Agitadora para separación de arcillas.

Dos estereoscopios de espejos, con un estereomicrómetro.

Trituradora de rocas.

REVISTA
DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE OVIEDO (ESPAÑA)

REDACCION:

DIRECTOR: *Prof. Dr. Siro Arribas Jimeno*

SECRETARIA: *Srta. Dr. R. Moro García*

La suscripción anual es de 250 pesetas para España y de 400 pesetas para el extranjero (comprendidos los gastos de envío)