

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

680-28 INFLUENCIA DE LA ADICION DE DETERMINADOS AGENTES TENSOACTIVOS EN LA RETRACCION DE LAS PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND (conclusión)

Dr. J. Calleja Carrete

III. PARTE EXPERIMENTAL

Es evidente que la plena confirmación práctica de cuantos pronósticos teóricos quedan expuestos, exige una amplia experimentación, incluso en ensayos a largo plazo, y, en tal sentido, los resultados encontrados por nosotros, y expuestos en lo que sigue, pueden parecer, y de hecho lo son, escasos.

No obstante, y puesto que se trata de datos parciales, dejan el camino abierto a nuevas experimentaciones más extensas y detalladas en un campo de tanto interés técnico como es el de la retracción de los aglomerantes y sus derivados, los aglomerados hidráulicos.

Se detallan a continuación los datos obtenidos en cuanto se refiere a retracción de pastas y morteros de cemento portland, en un período de hasta veintiocho días a partir de su amasado y confección.

Se utilizó para estos ensayos un cemento portland ordinario, obtenido en un horno rotatorio de vía húmeda, y conforme con el Pliego de Condiciones español.

Tanto en el caso de las pastas, como en el de los morteros, se determinaron las curvas de retracción lineal-tiempo, como medio recomendado por algunos autores (71), (72), (73), cuando se per-

siguen fines comparativos, con tal de fijar y cuidar las condiciones de curado y conservación de las probetas.

Estas eran de forma prismática de 25 x 25 x 250 milímetros y se fabricaron dos de cada muestra ensayada con objeto de constatar la reproducibilidad de resultados. La conservación, durante los veintiocho días que duraron los ensayos, tuvo lugar en cámara cerrada con un ambiente de humedad relativa y temperatura prácticamente constantes.

Las muestras estudiadas, señaladas en el cuadro adjunto con las letras A a I, eran mezcla del mencionado cemento portland con distintos porcentajes en peso del aditivo "Plastiment".

CUADRO I

Muestras	% de "Plastiment"
A	2,00
B	1,75
C	1,50
D	1,25
E	1,00
F	0,75
G	0,50
H	0,25
I	0,00

Ensayos con pasta pura.

Con cada una de las muestras se confeccionaron dos probetas de pasta pura, amasándolas a mano durante cinco minutos, con la cantidad de agua precisa en cada caso para obtener una consistencia

normal, según el ensayo de la sonda de Tetmajer aplicada con el aparato de Vicat. La cantidad de agua osciló entre 25,5 y 27,5% del peso de cada muestra seca en el caso de las muestras A-H.

Para la muestra I (cemento sin adición), el agua necesaria para la pasta de consistencia normal fué del 30%.

Las curvas retracción-tiempo obtenidas se determinaron haciendo una medida de la longitud de las probetas cada veinticuatro horas. Los resultados expresados en ‰, es decir, contracción en milímetros por metro, son los indicados en los gráficos de las figuras 12, 13 y 14.

Al mismo tiempo se llevaron a cabo con cada muestra ensayos de expansión, según la prueba de las agujas de Le Chatelier, en caliente, confeccionando para cada uno de ellos cuatro probetas y determinando la expansión media. En ningún caso las expansiones halladas fueron superiores al valor medio correspondiente a los cementos portland ordinarios, si bien las encontradas para las muestras con "Plastiment" fueron ligeramente mayores que la correspondiente a la muestra sin adición.

Ensayos con mortero.

Se utilizó un mortero normal español, según las especificaciones del Pliego General de Condiciones para la Recepción de Aglomerantes Hidráulicos en obras de Carácter Oficial.

Su composición fué: 1 litro de arena normal de Manzanares, 600 gramos de cada muestra en cada caso, y la cantidad de agua correspondiente, determinada por la fórmula $q = \frac{2}{5} N + 93$, siendo q el peso de agua (en gramos) por litro de arena, y N la cantidad de agua precisa para convertir en pasta normal un kilogramo de cada muestra.

La confección de los distintos morteros se efectuó de acuerdo con las prescripciones del citado Pliego.

Como en el caso de la pasta, la longitud de las probetas se medía cada veinticuatro horas. Los resultados están representados en los gráficos de las figuras 15 y 16.

Ensayos complementarios.

Con objeto de afianzar los resultados anteriores, se llevó a cabo con posterioridad otra serie de experiencias con otro cemento portland ordinario, de distinta procedencia que el anterior, pero igualmente obtenido en horno rotatorio de vía húmeda.

Se ensayaron pastas puras de consistencia normal y morteros confeccionados con el cemento solo adicionado de 1 y 2% de "Plas-timent" (muestras a, b y c, respectivamente). En este caso se estudió, además de la retracción a veintiocho días, la estabilidad de volumen y las cargas de rotura a tracción y compresión a siete y veintiocho días.

a) Retracción.

Para este ensayo se fabricaron con cada muestra nueve probetas prismáticas de 25 x 25 x 240 milímetros, seis de ellas de mortero normal y las tres restantes de pasta pura de consistencia normal.

Tres de las probetas de mortero se conservaron en agua dulce a $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y las otras tres al aire, a $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $58 \pm 2\%$.

La composición de los morteros fué la que se indica en el cuadro II.

La base de medida de la retracción fué de 20 centímetros en todas las probetas. Las variaciones medias de longitud a veintio-

cho días, a partir de las veinticuatro horas de la fabricación de las probetas, expresada en ‰ de la base medida, figuran en el cuadro - III.

b) Estabilidad de volumen.

El ensayo de las probetas sometidas al agua caliente y observadas a las veinticuatro horas, así como el de las conservadas en aire y agua a siete y veintiocho días fué satisfactorio en todos los casos.

CUADRO I I

a Cemento solo	b Cemento con 1% "Plastiment"	c Cemento con 2% "Plastiment"
Arena normal Manzanares: Un litro Cemento: 600 grs Agua: 205 cc	Arena normal Manzanares: Un litro Mezcla: 600 grs Agua: 197 cc	Arena normal Manzanares: Un litro Mezcla: 600 grs Agua: 191 cc

CUADRO I I I

Pasta pura			Mortero normal					
Retracción en aire			Retracción en aire			Expansión en agua		
a	b	c	a	b	c	a	b	c
1,25	1,30	1,25	0,60	0,25	0,35	0,25	0,50	0,50

Los resultados del ensayo "Le Chatelier" son los que se indican en el cuadro IV, para tres probetas de cada muestra.

CUADRO IV

PROBETA	Separación de las agujas en mm		
	Muestras		
	a	b	c
1	1,0		
2	0,5		
3	0,5		
1		1,0	
2		0,5	
3		0,5	
1			1,0
2			1,0
3			1,0

c) Resistencia del mortero normal.

La composición de los morteros fué la que se indica en el cuadro II, y los resultados se dan en el cuadro V. El medio de conservación fué agua dulce.

CUADRO V

MORTEROS	Cargas medias unitarias en kg/cm ²			
	Tracción		Compresión	
	7 días	28 días	7 días	28 días
a	38,3	38,5	624	643
b	38,8	39,1	627	685
c	37,3	37,4	557	596

Otros ensayos.

Una comprobación complementaria hecha por nosotros, de acuerdo con lo consignado por otros autores (17), (21), es la de la mejora que el "Plastiment" aporta a la adherencia hierro-hormigón y que, si bien alguno de ellos (17) no lo atribuye a la disminución de las tensiones internas causantes de la retracción, y producida por agente tensoactivo, en nuestro caso no cabe otra explicación más directa, vistos los resultados experimentales.

Discusión de los resultados y conclusiones.

Tanto los ensayos llevados a cabo con el primero, como con el segundo de los cementos estudiados, ponen de relieve que la adición de "Plastiment" y, por extensión, la de otros agentes plastificantes que por su naturaleza se comporten de análogo modo frente al cemento, no sólo no perjudican, sino que, en casos, mejoran notablemente a las pastas puras, y más aún a los morteros (y es de esperar que tanto o más todavía a los hormigones), en el aspecto de la retracción.

La explicación de estos hechos, si bien que pendiente de una más amplia y detallada confirmación experimental, puede darse, si quiera de modo provisional, teniendo en cuenta la naturaleza de los agentes tensoactivos estudiados y las bases de las teorías que explican el fenómeno de la retracción.

De conformidad con lo hallado previamente por otros investigadores, la adición de "Plastiment" en dosis de 1% al cemento - portland mejora otras características técnicas de las pastas y morteros confeccionados con este aglomerante.

Lo mismo puede decirse respecto de la adherencia hierro-mortero o hierro-hormigón, de tanta importancia en el caso de los hormigones armados y pretensados.

Es indudable que la ampliación de estos resultados en las más diversas condiciones experimentales y a los plazos más dilatados, sería del mayor interés técnico para la mejora y más completo aprovechamiento de las propiedades de los aglomerantes hidráulicos.

Hacemos constar nuestro agradecimiento a la Sección de Ensayos Mecánicos del Laboratorio Central para el Ensayo de Materiales de Construcción por la confección de las probetas con las muestras - que, ya preparadas, se le facilitaron.

- - -

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ros, M.: "Einfluss des Zusatzes von "Plastiment" auf die bautechnischen Eigenschaften des Betons" E. M. P. A., Bericht n. 79, Zürich, enero 1934.
- (2) Duriez, M.: "Les adjuvants du béton: plastifiants, entraîneurs - d'air et produits colloïdaux. Conditions d'emploi." An. Inst. Techn. Bât. et Trav. Publics, N° 66, 592 (1953).
- (3) Bolomey, J.: "Influence de l'addition du "Plastiment" sur la qualité des bétons." Lausanne, 1935.
- (4) Ros, M.: "Einfluss des Zusatzes von "Plastiment" auf die bautechnischen Eigenschaften des Betons." E. M. P. A., Bericht N° 144, Zürich, Septiembre, 1943.
- (5) Faury, J.: An. Inst. Techn. Bât. et Trav. Publics, enero-febrero 1939.
- (6) Humm, W.: "Zement für Massenbeton" Der Bauingenieur, 43-44, 1936.
- (7) Scheidegger, F.: "Schiffe und Schwimmdocks aus Eisenbeton." Neue Züricher Zeitung, 13 febrero 1946.
- (8) Müller, H. E.: "Der Luftbeton, ein hochwertiger Baustoff im - amerikanischen Strassenbau!" Strassen und Tiefbau, N° 6, 1951.
- (9) "Materialprüfungsanstalt an der Technische Hochschule." Stuttgart, Bericht 5-1-1936.
- (10) Scheidegger, F.: "Luftporenbeton für Schweizerverhältnisse." Schweizerische Bauzeitung, 68, N° 22, 3 junio 1950.
- (11) Stucky, A.: Rapport N° 254 concernant l'emploi du "Plastiment" dans les bétons du barrage de Beni-Bahdel. E. M. P. A., Zürich y Lausanne.
- (12) Ros, M.: E. M. P. A., Berichte Nos. 24, 42 y 48.
- (13) Bolomey, J.: "Influence de l'addition de "Plastiment" au ciment sur la gélivité des Bétons" Ecole d'Ingénieurs, Laboratoire d'Essai des Matériaux. Lausanne, 1936.
- (14) Danusso, A.: "Relazione sull-influenza dell-aggiunta di "Plastiment" sulle proprietà di calcestrucci." Milano, 1938.
- (15) Haegermann, G.: "Zusatzmittel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Beton." Zement, 32, 13-14, 1943.

- (16) Ros, M.: E. M. P. A., Berichte Nos. 159 y 165. Zürich, 1948.
- (17) Derron, H.: "Le "Plastiment". Son but, ses propriétés et ses applications." Bull. Techn. de la Suisse Romande, 2 y 16 de septembre de 1944.
- (18) Lea, F. M., y Loe, C. R.: "Shrinkage and creep in Concrete" • Shrinkage and cracking of cementive materials: The Society of Chemical Industry, London, 1947.
- (19) Davis, H. E.: Proceedings A. S. T. M., 40, 1103 (1940)
- (20) Duriez, M.: Loc. cit., 594
- (21) De Prá. M.: "Notizie sul calcestruzzo tratto con "Plastiment". Il Cemento, N° 3, pág. 6, 1954.
- (22) Duriez, M.: Loc. cit. 577.
- (23) Havre, H.: "Préparation mécanique et concentration des minerais par flotation et sur liqueurs denses." Paris et Liège, 1952.
- (24) Taggart, A. F.: Handbook of mineral dressing, 3ª ed. Londres y Nueva York, 1948.
- (25) Glasstone, S.: Textbook of Physical Chemistry, 2ª ed. Nueva York-Londres-Toronto, 1946.
- (26) Rius, A.: Introducción a la Ingeniería Química, 122. Madrid, 1944.
- (27) Vian, A., y Ocón, J.: Elementos de Ingeniería Química, Madrid, 1952.
- (28) Duriez, M.: Loc. cit., 572, 576.
- (29) Graf, O., y Kleinlogel, A.: Einflüsse auf Beton, 3ª ed. pág. 543. Berlín, 1930.
- (30) Duriez, M.: Loc. cit., 578.
- (31) Kronsbein W.: Zement, 32, 217 (1943); Zement-Kalk-Gips, 2, 197 (1949).
- (32) Kühl, H.: Zement-Chemie, 2ª ed., tomo III, 333. Berlín, 1952.
- (33) Glasstone, S.: Loc. cit. 1276.
- (34) Mantell, C. L.: Adsorption, 2ª ed., 30. Nueva York y Londres, 1951.
- (35) Glasstone, S.: Loc. cit., 495.
- (36) Kühl, H.: Loc. cit. 297.
- (37) Zsigmondy, R.: Coloidoquímica, 133. Madrid, 1923

- (38) Powers, T. C.: Proceedings 3rd International Symposium on the Chemistry of Cement, 426. Londres, 1952.
- (39) Jones, F. E.: Proceedings 3rd International Symposium on the Chemistry of Cement, 433, Londres, 1952.
- (40) Mantell, C. L.: Loc. cit. 30.
- (41) Eitel, W.: The Physical Chemistry of the Silicates, 477. Chicago, 1954.
- (42) Powers, T. C., y Brownyard, T. L.: J. Amer. Concrete Institute, 18-4, 470 (1946).
- (43) L'Hermite, R.: "Creep in mortars and concretes." Shrinkage and cracking of cementive materials: The Society of Chemical Industry, Londres, 1947.
- (44) Powers, T. C., y Brownyard, T. L.: J. Amer. Concrete Institute, 18-5, 585 (1947).
- (45) Freyssinet, E.: Une révolution dans les techniques du béton. Paris, 1936.
- (46) Kühl, H.: Loc. cit., 298.
- (47) Kalousek, G. L.: J. Amer. Concrete Institute, 26-3, 238 (1954).
- (48) Bangham, D. H.: "The swelling and shrinkage of porous materials and the role of surface forces in determining technical strength." Shrinkage and cracking of cementive materials: The Society of Chemical Industry. London, 1947.
- (49) Magnus: Zeitschr. Physik. Chemie, A 142, 401 (1929).
- (50) Brunauer, S.: "Adsorption of gases and vapours." Physical Adsorption. Londres, 1943.
- (51) Cassie, A. B. D., en Lea y Lee (cita 18).
- (52) Cohan: 102 Reunión Amer. Chem. Soc., Colloid Chemistry Division, septiembre 1941.
- (53) De Boer y Zwikker: Zeitschr. Physik. Chem., B 3, 407 (1929).
- (54) Bradley, J.: Journal Chem. Soc., 1467 (1936).
- (55) Brunauer, Emmett y Teller: J. Amer. Chem. Soc., 60, 309 (1938).
- (56) Brunauer, Deming y Teller: J. Amer. Chem. Soc., 62, 1273 (1940).
- (57) Jones, F. E.: Loc. cit., 368.
- (58) Harding, J. W.: Proceedings 3rd International Symposium on The Chemistry of Cement, 417. Londres, 1952.

- (59) Rideal, E. K.: "Shrinkage and Cracking of cementive materials", pág. 40. The Society of Chemical Industry. Londres, 1947.
- (60) Bernal, J.: "The structure of cement hydration compounds." Proceedings 3rd International Symposium on the Chemistry of Cement, 227, 259 y 262. Londres, 1952.
- (61) Vivian, H. E.: Proceedings 3rd International Symposium on The Chemistry of Cement, 431, Londres, 1952.
- (62) Duriez, M.: Loc. cit., 524, 577.
- (63) Zsigmondy, R.: Loc. cit. 285 y sig.
- (64) Duriez, M.: Loc. cit., 571, 572, 595.
- (65) L'Hermite, R.: "Shrinkage of concrete products." Rev. Mat. Constr., 469, 277-84 (1954).
- (66) Cocagne, J., y Matras, M. Y.: "The Shrinkage of cements." Rev. Mat. Constr., 321-30 (1928-1929).
- (67) Kühl, H.: Loc. cit., 307.
- (68) Joly, C.: "Ciments et retraits." Rev. Mat. Constr., 471, 335 (1954).
- (69) Kühl, H.: Loc. cit., 305, 381.
- (70) Duriez, M.: Loc. cit., 574.
- (71) Kühl, H.: Loc. cit., 300.
- (72) Duriez, M.: Loc. cit. 575.
- (73) Hummel, A.: Zement-Kalk-Gips, 7-8, 293-302, 1954.

- - -

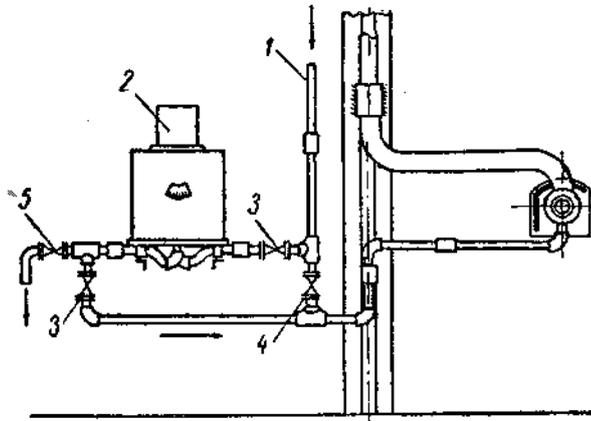


Fig. 10.

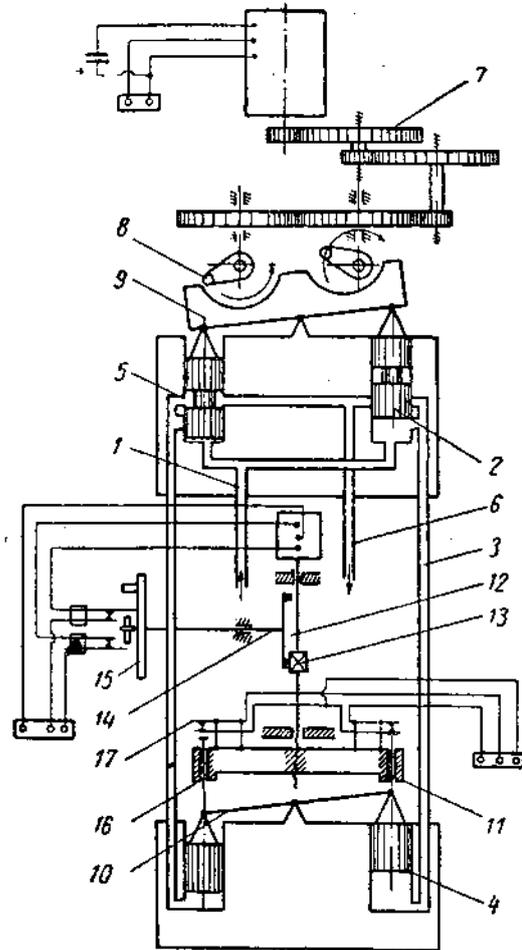


Fig. 11.

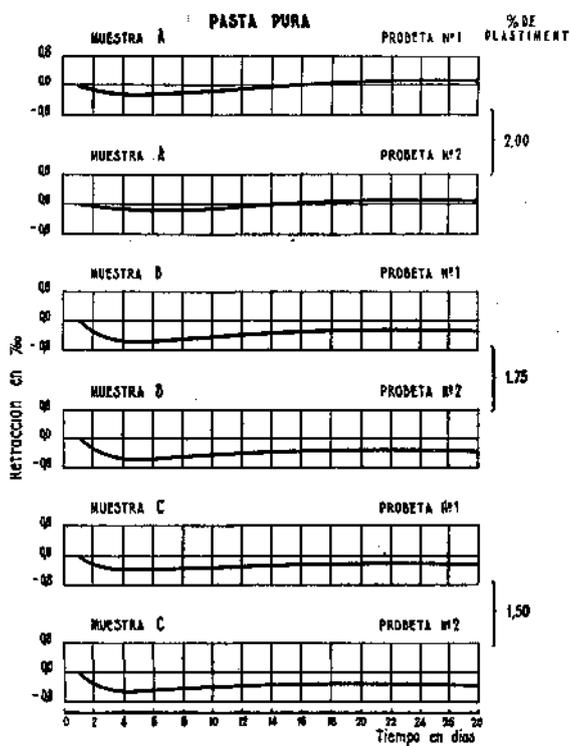


Fig. 12.

Fig. 10.—Esquema del sistema de regulación de mazout en cada quemador.
Fig. 11.—Diagrama explicativo del funcionamiento del regulador.

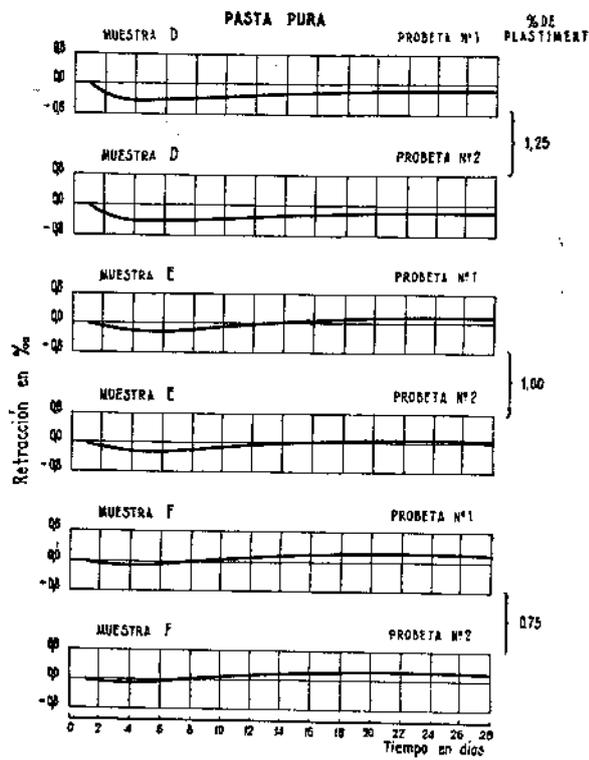


Fig. 13.

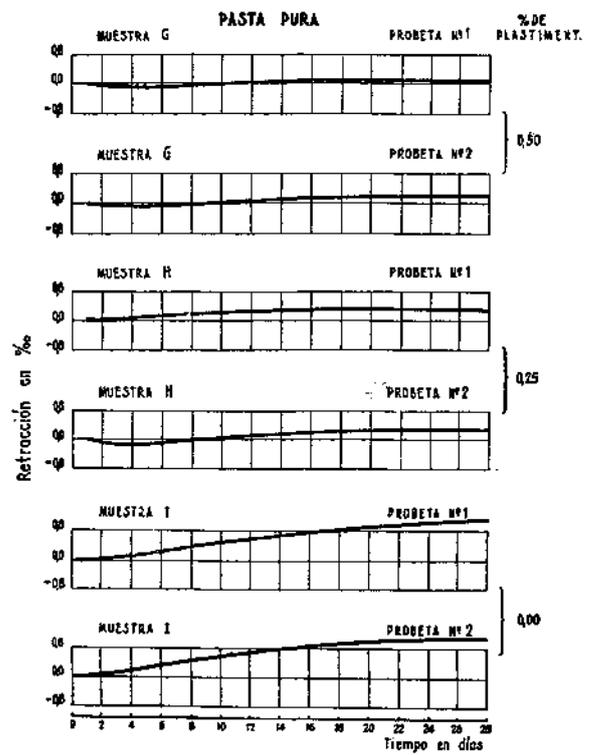


Fig. 14.

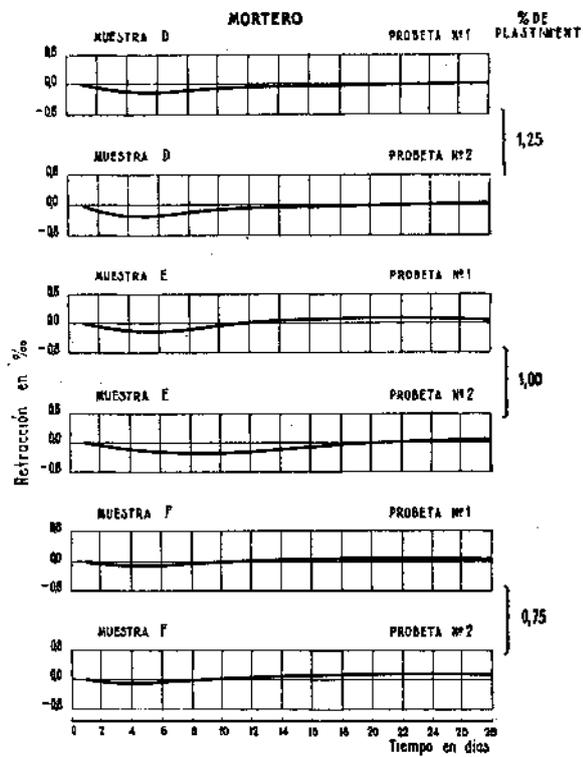


Fig. 15.

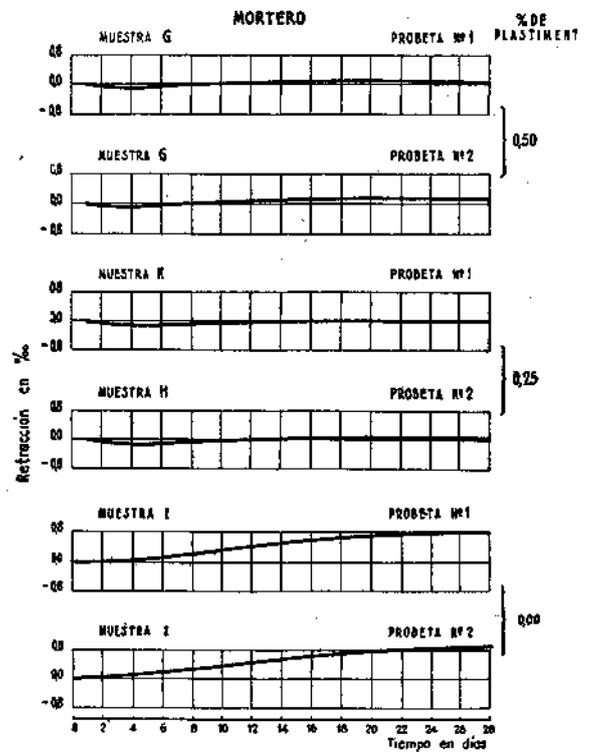


Fig. 16.