

12

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento

617 - 30 NORMA BRITANICA 12:1947

CEMENTO PORTLAND

(Ordinario y de endurecimiento rápido)

(B.S. 12:1947; Portland Cement (Ordinary and Rapid-Hardening))

COMPOSICION Y FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND

1.- El cemento, ya sea ordinario o de endurecimiento rápido, se fabricará mezclando de forma íntima materiales calcáreos ó arcillosos y/o sílice, alúmina ú óxido de hierro, calcinándolos hasta la temperatura de clinkerización y moliendo el clínker resultante de forma que se obtenga un cemento que pueda cumplir con los requisitos de esta Norma Británica.

Después de realizada la calcinación no se añadirá ningún otro material distinto del sulfato cálcico, o agua, o ambos.

ENSAYOS

2.- La muestra o muestras tomadas de la forma que se describe en los Apartados 10 y 11, se ensayarán de la forma que se señala, para

- a) finura
- b) composición química
- c) resistencia
- d) tiempo del fraguado
- e) estabilidad.

ENSAYO DE FINURA

3.- El cemento se ensayará para finura, por uno de los métodos que se citan en el Apartado A, y dará los siguientes resultados:

Método 1º.- Después del tamizado, el residuo en peso sobre tamiz de ensayo normal de 170 mallas no deberá exceder de los siguientes valores:

Cemento Portland Ordinario 10 %
Cemento Portland de Endurecimiento
Rápido 5%

Método 2º.- El cemento deberá tener una superficie específica no inferior a:

Cemento Portland Ordinario 2250 cm²/gr.
Cemento Portland de Endurecimiento. Rápido 3250 cm²/gr.

ENSAYO DE COMPOSICION QUIMICA

4.- El cemento deberá cumplir con las siguientes condiciones en cuanto a su composición química. El tanto por ciento de cal, después de deducir la necesaria para combinar con el anhídrido sulfúrico presente, en relación al de sílice, alúmina y óxido de hierro (todos ellos calculados en tantos por ciento) por la fórmula

$$\frac{\text{CaO}}{2,8 \text{ SiO}_2 + 1,2 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,65 \text{ Fe}_2\text{O}_3}$$

no deberá ser superior a 1,02, ni inferior a 0,66. La razón entre el tanto por ciento de alúmina y el de óxido de hierro, no -

deberá ser inferior a 0,66. El peso del residuo insoluble, determinado por el método del Apéndice B, no deberá exceder del 1,0 %; el de magnesia no deberá exceder del 4%, y el contenido total de azufre, calculado como anhídrido sulfúrico (SO_3) no deberá exceder del 2,75%. La pérdida total al fuego, no deberá exceder del 3%, para cemento fabricado o ensayado o tomadas las muestras en climas templados, ni del 4% para cemento fabricado o ensayado o tomadas las muestras en climas calurosos.

CONSISTENCIA DE LA PASTA DE CEMENTO NORMAL

5.- La cantidad de agua precisa para producir una pasta de consistencia normal, se obtendrá por el método descrito en el Apéndice C.

RESISTENCIA

6.- Resistencia a la tracción.- La resistencia a la tracción, media entre las obtenidas de 6 probetas de mortero, preparadas, almacenadas, y ensayadas de la forma que describe el Apéndice D, deberá ser:

Cemento Portland Ordinario

3 días (72 horas) superior ó igual á $21,09 \text{ Kg/cm}^2$

7 días deberá mostrar aumento en relación con la resistencia a los 3 días, y no deberá ser inferior a $26,37 \text{ Kg/cm}^2$

Cemento Portland de Endure

cimiento Rápido.

1 día superior o igual a $21,09 \text{ Kg/cm}^2$

3 días deberá mostrar aumento en relación con la resistencia a 1 día y no deberá ser inferior a $31,63 \text{ Kg/cm}^2$.

b.- Resistencia a compresión.- Cuando a petición del comprador y de acuerdo con el vendedor, en el momento de encargar la partida el cemento deba ser ensayado para resistencia a compresión en lugar de para resistencia a tracción, las resistencias medias, obtenida de por lo menos tres probetas cúbicas de mortero, preparadas, almacenadas y ensayadas de la forma que se describe en el Apéndice E, serán las siguientes:

Cemento Portland Ordinario

3 días (72 horas) superior ó igual a $112,5 \text{ Kg/cm}^2$
 7 días deberá mostrar aumento en relación con la resistencia a compresión a los 3 días y no deberá ser inferior a $175,8 \text{ Kg/cm}^2$.

Cemento Portland de Endurocimiento Rápido.

1 día (24 horas) ..superior o igual a $112,5 \text{ Kg/cm}^2$
 3 días (72 horas) deberá mostrar aumento en relación con la resistencia a compresión al día y no deberá ser inferior a $246,1 \text{ Kg/cm}^2$.

TIEMPO DE FRAGUADO

7.- Los tiempos de fraguado, cuando se ensayen de la forma que se describe en el Apéndice F, deberán ser los siguientes:

Comienzo del fraguado no antes de los 30 minutos
 Final del fraguado no después de las 10 horas.

ESTABILIDAD

8.- Cuando se ensaye el cemento para estabilidad por el método descrito en el apéndice G, no deberá tener una expansión -

superior a los 10 mm.

En el caso de que un cemento no cumpla con este requisito, se hará un ensayo posterior de la forma descrita en el apéndice G, de otra porción de la misma muestra después de una aireación por medio de la distribución en una superficie en capa de 75 mm. de grueso, en una humedad relativa ambiente del 50 al 80% durante un periodo total de siete días, al cabo de los cuales la expansión no excederá de 5 mm.

MUESTRAS PARA ENSAYOS Y POR QUIENES HAN DE SER TOMADAS

9.- Una muestra o muestras para el ensayo pueden ser tomadas por el comprador o su representante, o por cualquier persona encargada de vigilar las obras para las que es preciso este cemento, o por su representante, o por cualquier analista empleado ó instruido por tal comprador en persona o por el representante de dicho analista.

MUESTRAS PARA ENSAYOS Y COMO DEBEN SER TOMADAS

10.- Cada muestra para ensayo deberá consistir en una mezcla de porciones aproximadamente iguales, seleccionadas de entre por lo menos 12 lugares distintos del montón o montones, en el caso de que el cemento esté a granel, o de por lo menos 12 diferentes, sacos, barriles u otros recipientes cuando el cemento no está a granel, o cuando existe un número inferior a 12 sacos, barriles, u otros recipientes, entonces se tomarán muestras de cada saco, barril u otro recipiente. Se deberá cuidar esta toma de muestras de forma que de la selección se obtenga una verdadera muestra media tipo. La muestra final deberá pasar por lo menos $4,54 \text{ Kg.}$

TOMA DE MUESTRAS DE GRANDES CANTIDADES

11.- Cuando hayan de tomarse muestras de más de 254.012 Kg (250 tons.) de una sola vez, se deberán tomar, por separado de la forma que se indica en el apartado 10, de cada una de las 250 toneladas o parte de ellas.

No se deberán almacenar más de 250 tons. de forma que no se puedan identificar y ensayar de acuerdo con los requisitos de este apartado y del apartado 10, ni se puedan separar porciones del resto. Si se encuentran almacenadas en un silo más de 250 toneladas, se deberá disponer de forma que cada 250 toneladas o cualquier parte de ellas en exceso, puedan ser aisladas del resto y asimismo ensayadas en distintos lugares.

DISPOSICIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS E IDENTIFICACION

12.- El vendedor deberá proporcionar las necesarias facilidades y todo el trabajo y materiales precisos para la toma y empaquetado de muestras, para ensayar el cemento, y para la subsiguiente identificación del cemento ensayado.

CERTIFICADOS DE ENSAYO Y DEL FABRICANTE

13.- El fabricante deberá comprobar por sí mismo, que el cemento cumple con los requisitos de la Norma Británica, y si es solicitado para ello, deberá proporcionar un certificado a este efecto, al comprador o a su representante. Cualquier cemento que no cumpla con la totalidad de los ensayos y análisis antes señalados, o que no haya sido almacenado de la forma prescrita en el Apartado 11, puede ser rechazado como incumplidor de esta Norma Británica.

Si el comprador o su representante, requieren ensayos por separado, se deberán tomar las muestras antes o inmediatamente después del embarque, a opción del comprador o su representante, y los

ensayos deberán llevarse a cabo de acuerdo con esta Norma Británica sobre instrucciones por escrito del comprador o su representante. - El fabricante deberá proporcionar gratuitamente, el cemento preciso para ensayar. Salvo que se indique en contrario en la petición y - orden, el coste de estos ensayos se satisfará de la siguiente forma:

- a. Por el fabricante en el caso de que los resultados indiquen que el cemento no está de acuerdo con esta Norma Británica.
- b. Por el comprador en el caso de que los resultados indiquen que el cemento está de acuerdo con esta Norma Británica.

ENTREGA

14.- Salvo acuerdo en contrario entre el vendedor y el comprador, el cemento se empaquetará en sacos de 50,8 kgs. netos o en barriles de madera o tambores de acero de 170,1 Kgs. o 181,4 kgs. netos, indicando el nombre del fabricante o su marca registrada. Estos pesos estarán indicados de forma legible sobre los recipientes.

CEMENTO EN CLIMAS CALUROSOS

15.- Las temperaturas que se citan de forma especial en los Apéndices C.D.E.F. y G. son de aplicación en climas templados. Para los cementos que se piense emplear en climas más calurosos, se puede llevar a cabo los ensayos a cualquier temperatura hasta los 35°C y deberán cumplir los requisitos de esta Norma.

APÉNDICE A.- ENSAYO DE FINURA

MÉTODO 1º.- DETERMINACION DE LA FINURA POR TAMIZADO.

RESUMEN.

1.- Este método de ensayo comprende el procedimiento para

determinar la finura del cemento, representada por el residuo en peso que deja sobre un Tamiz Normal de malla fina, B.S. 170.

PREPARACION DE LOS TAMICES

2.- Los tamices se preparan de tela de alambre que cumpla con los requisitos del cuadro 1 de la Norma Británica 410, "Tamices de Ensayo". La tela de alambre deberá estar hilada (no cruzada) y cuidadosamente colocada sobre el bastidor sin retorcerla. La superficie de tamizado no deberá ser inferior a 50 cm^2 , ni la profundidad del tamiz inferior a 69,85 mm., medidos desde la superficie de la tela de alambre, o de otra forma, el tamiz deberá cumplir con lo señalado en la Norma Británica 410.

DIMENSIONES

3.- Las dimensiones nominales y las tolerancias para la tela de alambre de los tamices para el ensayo de cementos, deberán ajustarse a lo señalado en el Cuadro nº 1 que se incluye a continuación:

CUADRO Nº 1.- Dimensiones de la tela de alambre normal para los tamices para ensayar cemento.

Nº malla B. S. (mallas nominales por pulgada lineal)	Tamaño nominal de la apertura (lado del cuadrado)		Diámetro nominal del alambre			Superficie nominal de tamizado %	Tolerancia en la apertura media en más o en menos. %
	pulgadas	mm.	pulg.	mm.	S.W.G.		
170	0,0035	0,089	0,0024	0,061	46	35	7,4

Un tamiz no será considerado normal, si no está de acuerdo con estos requisitos.

PROCEDIMIENTO

4.- Se tamizarán de forma continuada 100 grs. de cemento, durante 15 minutos, sobre un tamiz de ensayo N° 170 de las Normas Británicas. Se pesará el residuo y este no deberá exceder de los valores dados en el Apartado 3.

Los terrones endurecidos al aire, pueden romperse con los dedos, pero no se deberá frotar nada sobre el tamiz.

METODO 2º.- DETERMINACION DE LA SUPERFICIE ESPECIFICA

RESUMEN

1.- Este método de ensayo comprende el procedimiento para determinar la finura del cemento, representada por la superficie específica, expresada como 'área total en centímetros cuadrados por gramo.

CELULA DE PERMEABILIDAD

2.- El aparato consiste en un cilindro de metal, compuesto de dos partes unidas con sendas pestañas y tornillos, que contiene una plancha perforada sobre la cual está colocado un papel de filtro N° 40, de 3,2 cm. de diámetro. Una goma o cualquier otra junta conveniente, hace que la unión resulte estanca al aire. Por medio de un pistón, se forma la muestra de cemento como se describe después y se coloca en una capa cilíndrica sobre el papel de filtro. Esta parte del aparato se conoce como "célula de permeabilidad" y deberá construirse de acuerdo con las dimensiones y tolerancia indicadas en la fig. 1.

INSTALACION DEL MANOMETRO

3.- La célula de permeabilidad está conectada por un tubo de goma al manómetro y medidor de flujo, de la forma que se indica en la figura 2. Los brazos del manómetros deberán tener unos 60

de longitud y el capilar del medidor de flujo deberá tener una constante C (de la forma descrita en el siguiente párrafo) de 2,0-4,0 x 10⁻⁶ unidades C.G.S. Además, el calibre del capilar no deberá ser inferior a 0,5 mm. El líquido en ambos tubos en U es keroseno.

El aire necesario para producir el flujo puede obtenerse por cualquier método ordinario, cuidando de que todos los aparatos estén bien secos y haciendo pasar el aire a través de una torre de desecación rellena con cloruro cálcico u otro agente análogo.

CALIBRACION DEL MEDIDOR DE FLUJO

4.- Se hará pasar aire seco a través del medidor de flujo, durante un tiempo dado. El aire saliente, se recoge sobre agua y se mide. Se repetirá esto para un cierto número de lecturas del medidor de flujo dentro del límite de 25 a 55 cm. El valor medio de la constante C, se calcula de la fórmula

$$C = \frac{Qn}{h_2 d_L}$$

en la que Q es el volumen de aire seco pasado, en centímetros³/segundo a presión atmosférica (mediante la oportuna corrección); n es la viscosidad del aire a una temperatura dada, en unidades C.G.S.; h₂ es la lectura del medidor en cm. y d_L es la densidad del keroseno en el medidor de flujo.

Se deberá comprobar la constante C del medidor cada tres me

A continuación se indica la viscosidad del aire, en unidades C.G.S., multiplicada por 10⁻⁴, a temperaturas entre 15° y 25°C.

temperatura en °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
viscosidad	1.78	1.76	1.79	1.79	1.80	1.80	1.81	1.81	1.82	1.82	1.83

MONTAJE Y ENSAYO

5.- Se deberá cambiar el papel de filtro después de cada seis determinaciones. Al montar el aparato, habrá que cuidar que las dos mitades se encuentren convenientemente unidas y de tiempo en tiempo se deberá ensayar el aparato para comprobar si hay fugas. La mejor forma de hacerlo, es desconectar el tubo de goma, que sale de la rama más baja del manómetro, tapar el extremo con una pinza de tornillo y aplicar aire a presión; seguidamente cerrar la entrada de aire. Las lecturas del manómetro no deberán diferir en más de 0,05 cm. durante un periodo de 1 minuto.

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

6.- La densidad del cemento, se halla por el usual método de desplazar el líquido en un frasco o picnómetro de densidades. El líquido que se deberá emplear será keroseno redestilado y, el frasco que contenga el cemento ya pesado, deberá llenarse por la mitad con keroseno, manteniéndose con este contenido por lo menos durante media hora antes de ser empleado y haciendo el vacío en el momento oportuno con bomba de vacío ó a la trampa, antes de llenar lo por completo con keroseno y de transferirlo al termostato. El keroseno se purifica por doble destilación, recogiendo la fracción condensada a 200-240°C. La aproximación precisa en esta determinación deberá ser de $\pm 0,01 \text{ gr/cm}^3$.

CUADRO Nº 2.- Peso de cemento (gramos) preciso para formar una capa de 1 cm. de altura y 2,54 cm. de diámetro. Porosidad - 0,475.

Densidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-8	7-449	7-475	7-502	7-528	7-555	7-582	7-608	7-634	7-661	7-668
2-9	7-715	7-741	7-768	7-794	7-821	7-848	7-874	7-901	7-927	7-954
3-0	7-980	8-007	8-034	8-060	8-087	8-114	8-140	8-167	8-193	8-220
3-1	8-247	8-273	8-300	8-326	8-353	8-380	8-406	8-433	8-459	8-486
3-2	8-512	8-539	8-566	8-592	8-619	8-646	8-672	8-700	8-725	8-752

DETERMINACION DE LA SUPERFICIE ESPECIFICA

7.- De acuerdo con el Cuadro 2, se tomará una cantidad de cemento elegida de forma que tenga cuando está compacta, una porosidad de 0,475 a la densidad dada de la muestra de cemento. La porosidad se define como la relación entre el volumen del espacio de poros y el volumen total de la capa. El cemento se pasará con la ayuda de un cepillo desde el pesasustancias a la célula de permeabilidad, la célula se agitará suavemente en sentido lateral, para nivelar la superficie. Si el cemento está aterronado se deberá frotar suavemente con la espátula sobre papel satinado.

La célula se compactará cuatro veces, permitiendo su caída desde 1 cm. de altura sobre una superficie de madera. Luego se levantará el émbolo suavemente y se colocará de forma que el cuello del émbolo, entre en contacto con la parte superior de la célula de permeabilidad. Mientras que el émbolo esté en contacto con la superficie del cemento, no se deberá torcer pero al extraerlo, se hará lentamente con movimiento de giro.

Si se encuentra en condiciones poco apropiadas la capa de cemento, se deberá deshacer y volver a repetir por entero la operación. Ocasionalmente se considera un cemento "elástico" cuando mucilla ligeramente al retirar el ómbolo. El incremento de la profundidad de la capa así ocasionado puede llegar hasta 0,01 cm. El error resultante en la apreciación de la superficie específica, deberá ser inferior al 2%, pero si se quiere, puede medirse la altura de la capa una vez más y corregir en consecuencia, el resultado.

Después de esto, se inserta la rama superior y se deja entrar lentamente aire; la rama inferior se inserta a continuación, de forma que se evite que el aire haga esfuerzos a través del cemento en la dirección que no conviene. Se regula el flujo de aire hasta que el medidor indique una diferencia de nivel entre 30 y 50 cm. Se hacen entonces lecturas de la diferencia de nivel (h_1) del manómetro y de la diferencia de nivel (h_2) del medidor de flujo. Se repetirán estas observaciones cuantas veces sea preciso para asegurar la constancia del valor h_1/h_2 , obtenido en las condiciones apropiadas.

CALCULO DEL RESULTADO

8.- La superficie específica S_w viene dada por la fórmula:

$$S_w = K \sqrt{h_1/h_2}$$

en la que

$$K = \frac{14}{d(1-\epsilon)} \sqrt{\frac{\epsilon^3 A}{CL}}$$

ϵ es la porosidad, es decir 0,475, A el área en cm^2 y L la longitud en cm. de la capa de cemento, d la densidad del cemento y C la constante del medidor de flujo. Se tabularán para cada aparato, valores de K comprendidos entre 2,8 y 3,2. En el caso de aparatos -
construidos de acuerdo con las dimensiones especificadas

$$K = 19,65 \frac{1}{d} \sqrt{\frac{1}{C}}$$

CALCULO RUTINARIO DE LOS VALORES DE K

9.- Cuando se empleen las dimensiones especificadas, los valores de A y L utilizados para el cálculo de K deberán ser respectivamente $5,066 \text{ cm}^2$ y $1,00 \text{ cm}$. La profundidad de la capa indicada en la fig. 1 es $0,001$ pulgadas ($0,025 \text{ mm}$.) mayor que 1 cm . de modo que se pueda incluir el papel de filtro, el cual se comprime apoyado contra las paredes del cilindro metálico, pero no contra la misma célula. Se deberán comprobar estas dimensiones cuando se reciba el aparato, bien por el empleo de un microscopio móvil o mediante el empleo de una pieza que simule la capa de cemento. Esta pieza de ensayo se fabricará de acero endurecido y tendrá de dimensiones $2,47 \text{ mm}$. de diámetro por $0,97 \text{ mm}$. de altura. Se coloca sobre el papel de filtro y a continuación se inserta el émbolo. La distancia entre la parte trasera del émbolo y la parte superior de la célula de permeabilidad, se mide con un micrómetro y deberá ser $0,0125 \text{ mm}$.

Se deberá comprobar las dimensiones de la célula de permeabilidad, después de cada 100 determinaciones.

APENDICE B.-

METODO PARA DETERMINAR EL RESIDUO INSOLUBLE

Se pesará 1 gr . de cemento, se colocará en un vaso de $250-400 \text{ ml}$. de capacidad, y se agitará junto con 40 ml . de agua; se añadirán 10 ml . de ClH concentrado ($d=1,16$) y nuevamente se agitará la mezcla. Se calentará esta mezcla, deshaciendo cualquier torrón que se formará y hará hervir durante 10 minutos manteniéndose volumen constante y agitando si es preciso. Se filtrará el contenido del vaso y se lavará cinco veces con agua caliente, y el residuo del filtro se lavará 10 veces también con agua caliente. Este residuo se volverá a introducir en el mismo

vaso por medio del chorro de agua desde el papel del filtro; se añadirán 30 ml. de agua destilada caliente y se hervirá durante 10 minutos junto con una solución de CO_3Na_2 doble normal, manteniéndose a volumen constante. Una vez más se filtrará el contenido del vaso, con el mismo papel de filtro empleado anteriormente, se lavará por lo menos cinco veces con agua, cuidando de trasladar todo el contenido al papel; luego se lava con solución doble normal de ClH y finalmente con agua hasta conseguir que el residuo no dé cloruros. El papel de filtro, junto con el residuo se secarán, quemarán y pesarán como "residuo insoluble".

APENDICE C.-

DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA DE LA PASTA NORMAL -
DE CEMENTO.

RESUMEN

1.- Este método de ensayo comprende el procedimiento empleado para determinar la cantidad de agua precisa para producir una pasta de cemento de consistencia normal. Esta cantidad se utiliza para determinar el contenido de agua del mortero en el caso del ensayo de resistencia a la tracción (Apéndice D) de las pastas, para estudiar el fraguado (Apéndice E), y para el ensayo de constancia de volumen (Apéndice G).

APARATOS

2.- Se empleará el aparato de Vicat, que se indica en la figura 3, en el que la aguja se sustituirá por la sonda de 10 mm. de diámetro.

PROCEDIMIENTO

3.- La cantidad de agua precisa para producir una pas

ta de consistencia normal, será la necesaria para conseguir una pasta en la que la sonda de Vicat se asiente en un punto comprendido entre los 5 y 7 mm. contados desde el fondo del molde de Vicat, cuando la pasta de cemento se ensaya de la forma que se describe a continuación.

La duración del amasado, es decir el tiempo transcurrido desde el momento en que se añade el agua al cemento seco, hasta el comienzo del llenado del molde, no deberá ser inferior a 3 minutos, ni superior a 5 minutos, debiéndose completar el amasado antes de que aparezcan síntomas de fraguado.

La pasta de cemento se introduce en el molde de Vicat, (E), figura 3, debiendo permanecer éste sobre una placa no porosa. Se deberá rellenar por completo el molde, y la superficie de la pasta se alisará enrasándola con el borde del molde. Este, después de lleno, podrá ser suavemente sacudido, a fin de que salga el aire.

Para la operación de llenar el molde no se deberán emplear más que las manos del operario y la hoja de la espátula normal de amasado. Esta espátula deberá pesar unos 213 grs.

Para el amasado deberán emplearse dispositivos limpios; y la temperatura del local donde se ensaye, así como la del cemento y agua empleados, deberá estar comprendida entre los 14,4°C y los 17,8°C, de acuerdo con las cláusulas del Apartado 15.

El bloque de ensayo colocado dentro del molde y situado sobre la placa no porosa, deberá colocarse debajo de la varilla que soporta la sonda y entonces ésta se hará descender suavemente hasta entrar en contacto con la superficie de la pasta, y luego se soltará rápidamente y permitirá hundirse en ella.

Y

Se harán pastas de prueba, variando los tantos por ciento de agua, hasta encontrar la necesaria para determinar la consistencia normal de acuerdo con lo señalado antes. Esta cantidad de agua se deberá anotar y expresar como un tanto por ciento en peso, del cemento seco.

CUADRO Nº 3.-Tantos por ciento de agua para amasar pasta de cemento, y mortero de cemento y arena normal, 1 a 3, para el ensayo de resistencia a la tracción.

precisa para dar una penetración normal de 5 a 7 mm. desde el fondo del molde de Vicat (consistencia normal) (P)	TANTO POR CIENTO DE AGUA		
	para emplear al amasar pasta de cemento para el ensayado de duración del - fregado. (0,85 P)	para emplear al amasar pasta de cemento para el ensayo de consistencia de volumen (0,78 P)	para emplear al amasar cemento y arena normal, 1 a 3, para el ensayo de resistencia a la tracción. ($\frac{3,78P}{4} + 2,5$)
%	%	%	%
33-0	28-0	25-7	
32-9			
32-8	27-9	25-6	8-9
32-7	27-8	25-5	
32-6	27-7	25-4	
32-5	27-6		
32-4	27-5	25-3	
32-3		25-2	
	27-4		
32-2		25-1	8-8
32-1	27-3		
		25-0	
32-0	27-2		
31-9	27-1	24-9	

CUADRO Nº 3 (Continuación)

TANTO POR CIENTO DE AGUA

31-8	27-0	24-8	
31-7		24-7	8-7
	26-9		
31-6			
		24-6	
31-5	26-8		
31-4	26-7	24-5	
31-3	26-6	24-4	
31-2	26-5		
		24-3	8-6
31-1			
	26-4		
31-0		24-2	
30-9	26-3	24-1	
30-8	26-2	24-0	
30-7	26-1		
		23-9	
30-6	26-0		8-5
30-5	25-9	23-8	
30-4		23-7	
	25-8		
30-3		23-6	
30-2	25-7		
30-1	25-6	23-5	8-4
30-0	25-5	23-4	
29-9	25-4	23-3	
29-8			
	25-3	23-2	
29-7			8-3
29-6	25-2	23-1	
29-5	25-1	23-0	
29-4	25-0		
		22-9	
29-3	24-9		
29-2	24-8	22-8	8-2
29-1	24-7	22-7	
29-0		22-6	
	24-6		
28-9			
		22-5	
28-8	24-5		
28-7	24-4	22-4	
			8-1

CUADRO Nº 3 (Continuación)

TANTO POR CIENTO DE AGUA

28-6	24-3	22-3	
28-5	24-2	22-2	
28-4	24-1	22-1	
28-3	24-0	22-0	
28-2	23-9	21-9	8-0
28-1	23-8	21-8	
27-9	23-7	21-7	
27-8	23-6	21-6	
27-7	23-5	21-5	7-9
27-6	23-4	21-4	
27-5	23-3	21-3	
27-4	23-2	21-2	
27-3	23-1	21-1	7-8
27-2	23-0	21-0	
27-1	22-9	21-0	
27-0	22-8	20-9	
26-9	22-7	20-8	
26-8	22-6	20-7	7-7
26-7	22-5	20-6	
26-6	22-4	20-5	
26-5	22-3	20-4	7-6
26-4	22-2	20-3	
26-3	22-1		
26-2			
26-1			
26-0			

APENDICE D.-

ENSAYO DE RESISTENCIA POR DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION.

RESUMEN

1.- Este método comprende el procedimiento para determinar la resistencia del cemento representada por su resistencia a la tracción, sobre probetas de cemento y arena de forma dada.

ARENA NORMAL

2.- La arena normal deberá proceder de Leighton Buzzard, ser de la variedad blanca, y estar completamente lavada y seca. Su pérdida en peso a la extracción con ClH caliente, no deberá ser superior al 0,25%.

La arena deberá pasar a través de un tamiz normal de ensayo, B.S. Nº 18, y deberá ser retenida en un 10% en peso, por un tamiz de ensayo, B.S. Nº 25. Los tamices se fabricarán con tela de alambre y de acuerdo con los requisitos señalados en el Cuadro de la Norma Británica, B.S. 410, "Tamices de Ensayo". La tela de alambre deberá estar hilada (no cruzada) y cuidadosamente colocada sobre el bastidor, sin retorcerla. La superficie de tamizado no será inferior a $322,58 \text{ cm}^2$ y la profundidad de la superficie no será menor de 69,85 mm. medida desde la superficie de la tela de alambre, es decir que el tamiz deberá cumplir con los requisitos de la Norma Británica, B.S. 410.

En el siguiente Cuadro 4, se incluyen las dimensiones nominales y tolerancias para los tamices empleados al preparar la arena normal.

CUADRO 4.- Dimensiones de las telas de alambre normales para tamices empleados para preparar arena normal.

Nº Malla B.S. (mallas nominales por pulgada lineal)	tamaño nominal de apertura (lado del cuadro)		Diámetro nominal del alambre			Superficie aproximada de tamizado.	Tolerancia sobre la apertura media, en más o en menos.
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	S.W.G.		
25	0,0236	0,599	0,0164	0,417	27	35	4,2
18	0,0336	0,853	0,022	0,559	24	36	3,9

No se considerará como normal, un tamiz que no cumpla los requisitos procedentes.

PREPARACION DE LAS PROBETAS

3.- Se amasará con agua una mezcla de cemento y arena en la proporción de una parte en peso de cemento por tres partes en peso de arena normal descrita en el apartado 2, y el tanto por ciento de agua, se determinará mediante el empleo de la siguiente fórmula,

$$\frac{0,78 P}{4} + 2,5$$

en la que P es el tanto por ciento de agua preciso para producir una pasta de consistencia normal determinada de la forma que se describe en el Apéndice C.

La mezcla, después de amasada según antes se indicó, se repartirá equitativamente en los moldes de la forma precisa para producir probetas de la configuración que se indica en la Fig. 4,

permaneciendo cada molde sobre una placa sin poros. Después de llenar el molde, se deberá colocar un montón de pasta sobre cada uno, y se compactará con la espátula normal señalada en la fig. 7, hasta que la mezcla enrase con la superficie del molde. Esta operación deberá repetirse en la cara inferior del molde, continuándose la compactación hasta que aparezca agua en la superficie; en esta operación, no se deberá emplear más que la pala de la espátula sin exceptuar cualquier otro instrumento o aparato. El acabado de las probetas dentro del molde, se hará limpiando la superficie con la hoja de una paleta.

Para el amasado se emplearán dispositivos limpios, y la temperatura del cemento y del agua, así como la del local donde se realiza el ensayo, deberá estar comprendida entre los 14,4°C y los 17,8°C, de acuerdo con los requisitos del Apartado 15.

Las probetas deberán guardarse en una temperatura de 14,4°C a 17,8°C, y en una atmósfera de por lo menos 90% de humedad relativa, durante un periodo de 24 horas después del amasado y al finalizar dicho periodo, se sacarán de los moldes e inmediatamente se sumergirán en agua limpia y fresca, dejándolas allí hasta el momento inmediatamente anterior a su rotura. El agua en la cual se sumerjan, deberá renovarse cada 7 días y ser mantenido a una temperatura comprendida entre los 14,4°C y los 17,8°C, de acuerdo con las prescripciones del Apartado 15. Desde el momento en que se saquen del agua hasta el instante de la rotura, no deberá permitirse que se sequen.

ROTURA

4.- Se deberán ensayar estas probetas para resistencia a tracción, en los periodos señalados, después del amasado. Se deberán ensayar 6 probetas en cada periodo y la resistencia a tracc

ción, será la media obtenida entre las resistencias de dichas probetas. Para ensayar las probetas se deberán colocar estas colgadas de abrazadoras de metal resistente, de la forma que se indica en las figuras 5 y 6, y se aplicará la carga lenta y continuamente, partiendo de 0, e incrementando a razón de $7,03 \text{ kg/cm}^2$ cada 12 segundos.

APENDICE E.-

ENSAYO DE RESISTENCIA POR DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CEMENTO.

RESUMEN

1.- Este método se refiere al procedimiento empleado para determinar la resistencia del cemento, representada por los resultados de ensayos de resistencia a compresión de cubos de mortero compactados por medio de la máquina vibradora normalizada.

DESCRIPCION DE LA MAQUINA VIBRADORA

2.- La máquina vibradora consiste en un bastidor montado sobre resortes en espiral para soportar el molde del cubo, y de un eje giratorio dispuesto con una excéntrica. Por medio de un contrapeso colocado de la plancha base y sujetado rígidamente al bastidor, el centro de gravedad del total de la máquina, incluyendo el cubo y el molde, se traslada ó al centro del eje excéntrico ó a una distancia de 25,4mm. por debajo de él. Como consecuencia de esto, la excéntrica giratoria comunica un movimiento circular igual, a todas las partes de la máquina y molde, siendo este movimiento equivalente a vibraciones armónicas simples, verticales y horizontales defasadas 90° . La velocidad de funcionamiento mínimo de la máquina, está suficientemente por encima de su frecuencia

cia natural sobre los resortes, de modo que la amplitud de vibración es independiente de la velocidad. Será conveniente que el motor sea del tipo sincrónico, y que la transmisión deberá ser - por medio de una correa sin fin sobre una polea trapezoidal en el motor y otra del mismo tipo en el vibrador.

La máquina deberá estar construida de acuerdo con los siguientes requisitos esenciales:

Peso de la máquina sobre sus resortes de suspensión, (excluyendo el peso de la <u>o</u> <u>e</u> <u>x</u> <u>c</u> <u>e</u> <u>n</u> <u>t</u> <u>r</u> <u>i</u> <u>c</u> <u>a</u> , pero incluyendo el peso del - molde, el de la abrazadera del molde, y los de los cubos y tolva)	aprox.	29	Kgs.
Momento de desequilibrio del <u>o</u> <u>e</u> <u>x</u> <u>c</u> <u>e</u> <u>n</u> <u>t</u> <u>r</u> <u>i</u> <u>c</u> <u>a</u> - trico	aprox.	0,16	cm. Kg.
Velocidad de funcionamiento normal del - ojo excéntrico	12000	(<u>±</u> 400)	r.p.m.

Dirigiéndose a las British Standards Institution, 28 Victoria Street, Londres, S.W.1. y por el precio de - £ 1.0.0., se puede conseguir los dibujos y normas de una máquina conveniente.

PREPARACION DE LAS PROBETAS DE ENSAYO.

3. a.- Dimensiones y forma de las probetas. Las probetas de ensayo deberán tener forma cúbica, de 7,06 cm. de lado. El área de la cara será igual a 50 cm².

b.- Moldes cúbicos.- Los moldes para los cubos de 7,06 cm. de lado, deberán ser de metal que no sea atacable por el mortero de cemento, y deberán tener suficiente material por los lados -

para evitar el derramamiento y el alabeo. Los moldes deberán estar contruidos sólidamente, de forma que sea factible el vaciado de los mismos sin que sufran deterioro. Los moldes deberán estar fabricados de forma tal, que cuando se armen, las dimensiones y caras internas deberán ajustarse a los siguientes valores límites: la abertura de los moldes y la distancia entre caras opuestas deberá ser $6,96 \pm 0,013$ mm. El ángulo formado por dos caras interiores adyacentes y entre caras interiores y las partes superior e inferior del molde, deberá ser de $90^\circ \pm 0,5^\circ$. Las caras interiores de los moldes deberán ser superficies planas con una variación permisible de $0,013$ mm. Se proporcionará a cada molde una plancha base, con una superficie alisada hasta una tolerancia de $\pm 0,013$ mm. y fabricada de un material no absorbente, preferentemente de un metal no atacable por el mortero de cemento. La plancha base deberá tener dimensiones suficientes como para soportar el molde durante el llenado sin que haya filtraciones.

El peso del molde del cubo deberá ser tal, que el peso total de la máquina y el molde del cubo, no varien del peso total aproximado de 29 Kgs. señalado en el Apartado 2 de este Apéndice.

Cuando el molde esté armado, las partes deberán estar unidas firmemente, y deberán facilitarse los métodos convenientes para que durante el llenado y el consiguiente vaciado de las muestras, no sufran estas el menor deterioro.

c.- Arena normal.- Deberá ser la señalada en el Apartado 2 del Apéndice D.

d.- Proporciones y forma de mezclar. Se mezclará en seco una parte en peso de cemento con tres partes en peso de arena, con ayuda únicamente de una paleta y sobre una plancha no porosa durante un minuto, pasado el cual se añadirá agua hasta que la mezcla adquiera un calor uniforme, siendo el tanto por ciento de agua

igual al 10% en peso de los materiales secos. El tiempo de duración de la mezcla en húmedo, no deberá ser en ningún caso inferior a 3 minutos y, si el tiempo preciso para que la mezcla adquiera color uniforme sobrepasa de los 4 minutos, se deberá anular el ensayo y comenzar de nuevo con cemento fresco, nueva arena y agua.

El material preciso para cada cubo, se deberá mezclar por separado y, las cantidades de cemento, arena y agua, deberán ser las siguientes:

cemento	185	grs.
arena normal	555	"
agua	74	"

Se deberán emplear dispositivos limpios para mezclar, y la temperatura del agua así como la del local donde se lleve a cabo el ensayo y durante el mismo, deberá ser de 14,4° á 17,8°C.

e.- Moldes.- Al armar los moldes preparados para su empleo, las juntas entre las mitades de los mismos se deberán recubrir con una película de un gel de petróleo y asimismo se deberá aplicar semejante recubrimiento entre las superficies de contacto entre la base inferior del molde y la placa-soporte con el fin de evitar la pérdida de agua durante el vibrado. Las caras interiores del molde armado se deberán tratar con un recubrimiento fino de aceite para moldes.

El molde armado, se colocará entonces sobre la mesa de la máquina vibradora y se asegurará firmemente en posición, por medio de una abrazadora conveniente. Se situará de forma adecuada una tolva, de tamaño y forma apropiada en la parte superior del molde, para facilitar así el llenado, la cual no se separará hasta la terminación del periodo de vibración.

Inmediatamente después de mezclar el mortero, de acuerdo

con la sección d de este Apartado, todo él se colocará en la tolva, sobre el molde del cubo, y se compactará por vibración.

El periodo de vibración deberá ser de 2 minutos, a la velocidad de 12.000 \pm 400 vibraciones por minuto.

f.- Curado de las muestras.- Se deberán guardar los cubos a una temperatura de $16,1 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$, y en una atmósfera de por lo menos un 90% de humedad relativa, durante 24 horas después de haberse completado la vibración; pasado este plazo, se sacarán las probetas de los moldes y se sumergirán inmediatamente después en agua fresca y limpia, donde permanecerán hasta el momento inmediatamente anterior a su rotura. El agua en la que se sumerjan los cubos, deberá renovarse cada siete días y asimismo deberá ser mantenida a una temperatura de $14,4^{\circ}$ a $17,8^{\circ}\text{C}$. Desde que se saquen los cubos del agua, hasta su rotura, no se deberá permitir que se sequen.

ENSAYO

4.- Se ensayarán tres cubos para resistencia a compresión en los periodos que después se indican, contándose estos desde el final de la vibración y siendo la resistencia a compresión, la media obtenida de los tres resultados en cada uno de los periodos respectivos.

Cemento Portland Ordinario 3 y 7 días,
Cemento Portland de Endurecimiento
rápido 1 y 3 días

Se deberán ensayar los cubos, aplicando la carga sobre los lados, sin ninguna separación entre el cubo y las planchas de acero de la máquina de ensayo. Una de estas planchas deberá ir sujeta a la máquina mediante rótula, siendo de autoajuste; la carga deberá aplicarse suave y uniformemente, empezando desde el 0 a razón de $351,5 \text{ Kg/cm}^2$ por minuto.

CALCULOS

5.- La resistencia a compresión se calculará a partir de la carga de rotura y del área media sobre la cual se aplicó esta carga, indicándose los resultados expresados en Kgs/cm² aproximando hasta los 1,75 Kgs/cm².

APENDICE F.-

ENSAYO PARA DETERMINAR LOS TIEMPOS DE COMIENZO Y FIN DEL FRAGUADO.

RESUMEN.

1.- Este método de ensayo comprende el procedimiento para determinar los tiempos de principio y final del fraguado.

APARATO DE VICAT

2.- Se emplea el aparato de Vicat, que se detalla en la fig. 3.

PROCEDIMIENTO

3. a.- Preparación de las probetas.- Con el fin de llevar a cabo este ensayo, las probetas se deberán disponer de la siguiente forma:

Se formará una pasta de cemento puro, mediante el amasado de cemento con un 0,85 del agua precisa para proporcionar una pasta de consistencia normal. Se amasará la pasta de la forma y de acuerdo con las condiciones que se citan en el Apéndice C. La probeta se fabricará llenando el molde de Vicat (E) fig. 3 con cemento amasado de la forma antes descrita, estando colocado este molde sobre una placa sin poros. Se deberá llenar completamente el molde, enrasándose la superficie de la pasta con el borde del mismo.

Se deberán emplear dispositivos limpios para el amasado, y la temperatura del agua así como la del local donde se lleve a cabo el ensayo, en el tiempo en que este se realice, deberá ser de 14,4° a 17,8°C., de acuerdo con lo señalado en el Apartado 15.

La probeta deberá conservarse durante todo el tiempo en que se lleve a cabo el ensayo, a una temperatura de 14,4°C a 17,8°C en una atmósfera de por lo menos 90% de humedad relativa, y fuera de corrientes de aire.

b. Determinación del comienzo del fraguado.- Para determinar el comienzo del fraguado, se deberá colocar el molde con la pasta, que está sobre la plancha impermeable, debajo de la varilla que soporta la aguja (C); entonces se hará descender a esta última, de modo suave hasta que entre en contacto con la superficie de la pasta, soltándola luego rápidamente y permitiéndola que se hunda en la misma. Se deberá repetir esta operación hasta que la aguja al entrar en contacto con la superficie y luego soltada rápidamente, según se explica antes, no llegue a profundizar más de 5 mm. contados desde el fondo del molde. El periodo transcurrido desde que se añadió el agua al cemento, al momento en que la aguja deja de perforar el bloque de pasta de la forma antes descrita, se tomará como tiempo de comienzo de fraguado.

c. Determinación del final del fraguado.- Para la determinación del fin del fraguado, la aguja (C) del aparato de Vicat, deberá ser sustituida por la aguja con el dispositivo anular (F), que se indica separadamente en la fig. 3. Se considerará finalmente fraguado el cemento, cuando al aplicar suavemente la aguja a la superficie del bloque de ensayo, ésta haga una señal sobre él, mientras que el dispositivo anular deja de hacerlo. En el caso de formación de espuma en la superficie del bloque de pasta, se podrá utilizar la cara opuesta del bloque, para determinar el final del fraguado.

APENDICE C.-

ENSAYO PARA DETERMINAR LA CONSTANCIA DE VOLUMEN.

RESUMEN.

1.- Este método comprende el procedimiento para determinar la constancia de volumen del cemento por medio del método de "Le Chatelier".

APARATOS

2.- En la fig. 3 se detalla el aparato que se debe emplear para llevar a cabo el ensayo de "Le Chatelier". Los moldes, que son cilindros ranurados deberán conservarse en buenas condiciones, teniendo las ranuras una separación máxima de 0,5 mm.

PROCEDIMIENTO

3.- Al llevar a cabo este ensayo, se colocará el molde sobre vidrio y se llenará con la pasta de cemento formada amasando cemento con el 0,78 del agua precisa para dar a la pasta una consistencia normal. La pasta deberá amasarse de la forma y de acuerdo con las condiciones descritas en el Apéndice C, teniendo cuidado de mantener juntos los bordes del molde mientras que se lleva a cabo esta operación. Después de esto, se recubrirá el molde con otro vidrio sobre el que se colocará un pequeño peso, o inmediatamente se sumergirá el conjunto en agua a una temperatura de 14,4° a 17,8°C, de acuerdo con lo señalado en el Apartado 15, y dejándolo así por espacio de 24 horas.

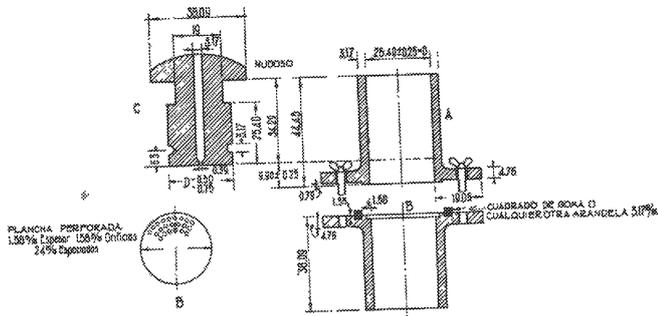
Se medirá la distancia que separa las puntas de las varillas indicadoras, y de nuevo se sumergirá el molde en agua a la temperatura antes descrita, la cual se hará subir al punto de ebullición -

- 42 -

ción en 25 á 30 minutos, y dejará hirviendo durante una hora. Se sacará el molde del agua y se dejará secar, midiéndose la distancia entre las puntas indicadoras, una vez más; la diferencia entre las dos mediciones representa la expansión del cemento.

—oOo—

DETALLES DE LA CELULA DE PERMEABILIDAD



COTAS $\frac{1}{16}$

Fig. 1.

APARATO DE PERMEABILIDAD CON EL MANOMETRO Y MEDIDOR DE FLUJO

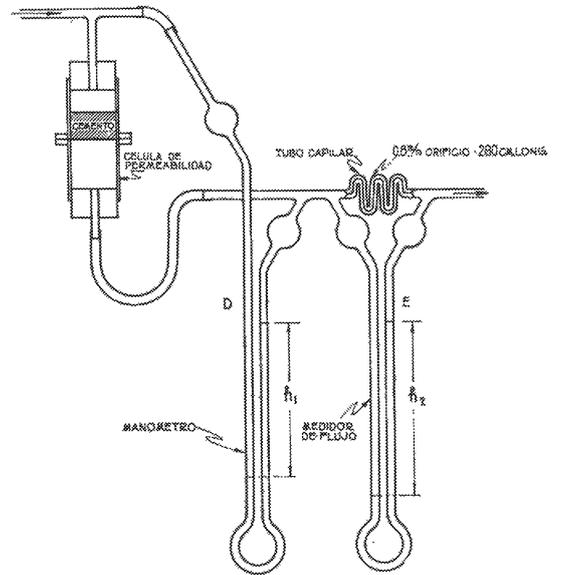
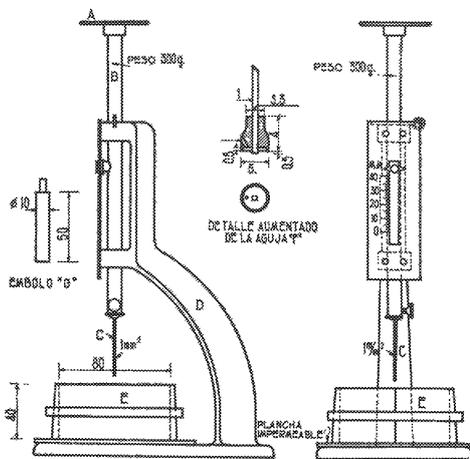


Fig. 2.

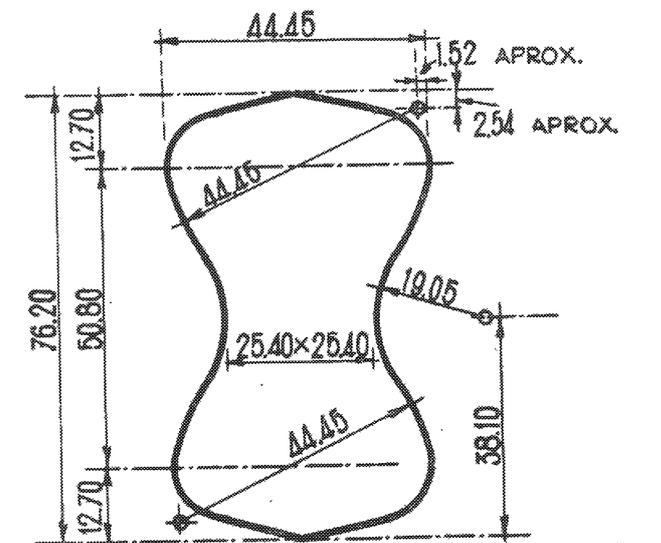
DIMENSIONES DE LA PROBETA NORMAL

APARATOS DE VICAT PARA DETERMINAR LA CONSISTENCIA NORMAL Y EL FRAGUADO DEL CEMENTO



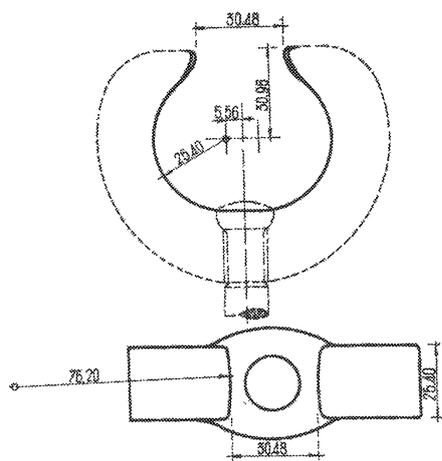
COTAS en $\frac{1}{16}$

Fig. 3.



NOTA: LA PROBETA TENDRA UN ESPESOR DE 25.4 mm

Fig. 4.

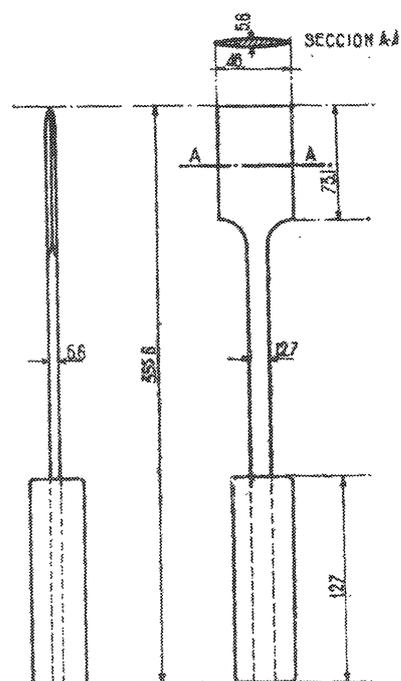


PLANTA Y ALZADO DE LAS ABRAZADERAS PARA SUJETAR LA PFOBETA

COTAS EN mm.

.. Figs. 5 y 6.

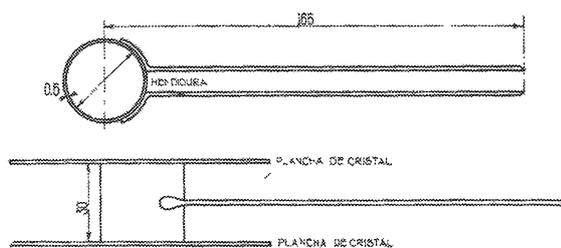
ESPATULA NORMAL



COTAS EN mm.

Fig. 7.

APARATO PARA LLEVAR A CABO EL ENSAYO DE LE CHATELIER



COTAS EN mm.

Fig. 8.