

RELACION ENTRE LAS RESISTENCIAS EN PROBETAS CILINDRICAS Y CUBICAS

Por CARLOS BENITO HERNANDEZ, Ingeniero de Caminos

Se resume en este interesante trabajo la "Publicación núm. 35" del Laboratorio Central, estableciendo dos fórmulas que servirán de orientación en la aplicación del primer párrafo del artículo 30 de la "Instrucción para el proyecto de obras de hormigón", o sea, para obtener la relación que se reseña en el epígrafe.

Las formas usuales en la fabricación de probetas de hormigón en masa, para su ensayo a compresión, son dos: la cilíndrica y la cúbica, y dentro de cada una de ellas varían sus dimensiones, habiéndose adoptado por la Instrucción alemana la cúbica de 20 cm. de arista, y por la americana, la cilíndrica de 6 pulgadas de diámetro y 12 de altura (aproximadamente 15 por 30 cm.).

La Instrucción española, en su anexo (art. 8.^o), deja libre la elección del tipo de probeta, siempre que su arista o su diámetro sea igual o mayor a tres veces el diámetro máximo del árido empleado; pero prescribe que siempre se referirán las resistencias a las que se hubieran obtenido en probeta cilíndrica. Existe, pues, la necesidad de relacionar las resistencias con las formas de las probetas, lo que hace la Instrucción al rebajar la resistencia obtenida en probeta cúbica en un 25 por 100. Con los hormigones corrientemente usados por nosotros esta relación resulta perjudicial para los ensayos hechos en probetas cúbicas, y como este tipo se emplea con frecuencia por centros y empresas constructoras, tanto con 20 cm. de arista como con 15 cm., el Laboratorio Central propuso a la Junta de Investigaciones Técnicas del Ministerio de Obras Públicas hacer unas series metódicas de ensayos para determinar unas relaciones entre las resistencias en probetas cúbicas de 15 y 20 cm. de arista y las cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura que estuvieran más en armonía con los materiales y métodos de fabricación usados por nuestra industria. Acogida favorablemente nuestra propuesta, dicha Junta ha patrocinado estos trabajos, cuyos resultados exponemos a continuación.

Al tratar de hallar unas fórmulas que resolvieran nuestro empeño, y proyectando el plan a seguir, no se nos ocultaban las dificultades que habíamos de encontrar, nacidas en su mayoría de la naturaleza del material que iba a ser objeto del estudio, y la complejidad del problema, debida al gran número de variables que pueden influir en los resultados.

Todos sabemos que la resistencia de un hormigón

depende de la relación agua/cemento y que esta resistencia puede variar al cambiar la clase del cemento o de los áridos, y que dentro de una naturaleza química de éstos tiene importancia el que la grava sea rodada o proceda del machaqueo. También es interesante el que haya sido cuidada la granulometría para obtener un hormigón más compacto y, por tanto, más resistente.

Por otra parte, la mayor o menor duración del hormigonado, que está estrechamente ligada con la trabajabilidad de la masa resultante, el llenado y apisonado de las probetas, la temperatura ambiente durante el hormigonado, el proceso de curado, la edad de la probeta al ser ensayada, etc., son otras tantas causas de que cambien las resistencias. Con este panorama nada halagüeño, el pretender hallar una fórmula en la que entraran en su verdadero valor cada una de estas variables, sería una empresa casi imposible, pero tratando de simplificar la cuestión y eliminando justificadamente alguna de ellas, el problema se torna más accesible, y al fin llegamos a unos resultados recogidos en varias fórmulas lineales que dan la resistencia en probeta cilíndrica en función de la obtenida al ensayar el hormigón en probeta cúbica.

Como decíamos anteriormente, hay algunas variables que pueden ser eliminadas, con un poco de buena voluntad; en este tipo incluimos todas las que dependen de la elaboración manual del hormigón. Es de suponer que la manipulación, si es siempre igual para los tres tipos de probetas, poco ha de influir en los resultados; esto lo hemos obtenido con un equipo de trabajo formado por obreros especializados, pertenecientes al Laboratorio Central, que, con gran experiencia, han repetido sus maniobras para lograr un amasado, vertido y apisonado lo más uniforme posible en todas las series y llenando simultáneamente con la misma masa dos probetas cilíndricas y dos cúbicas de cada tamaño.

También se ha cuidado el proceso del curado, habiéndose desmoldeado todas las probetas después de veinticuatro horas de fabricadas y conservándolas en

ambiente húmedo; entre 14 y 18° C., hasta el momento de su rotura.

Todavía quedan un gran número de variables a considerar. En los ensayos realizados por Gonerman, cuyos resultados se publicaron el año 1925, se hicieron probetas de forma cúbica, cilíndrica y prismática de dimensiones muy variables y con diferentes dosificaciones, consistencias, etc., llegándose, al relacionar las resistencias, a unas fórmulas lineales cuyos coeficientes variaban únicamente con la edad.

Empeger, en Viena, en 1933, repite las pruebas con diferentes clases de cementos, y después de com-

forma y naturaleza química, pues mientras una era silicea y rodada, la otra fué caliza y procedente del machaqueo.

Estas diferencias esenciales en las gravas, que en cuanto a la forma se aprecian fácilmente en la figura I.^a, nos permiten dividir toda la investigación en dos grandes grupos, que denominamos siliceo y calizo, según que el elemento diferenciador sea de una u otra clase.

De cada grupo se han fabricado seis dosificaciones distintas de hormigón: las tres primeras con 250 Kg. de cemento aproximadamente por metro cúbico de

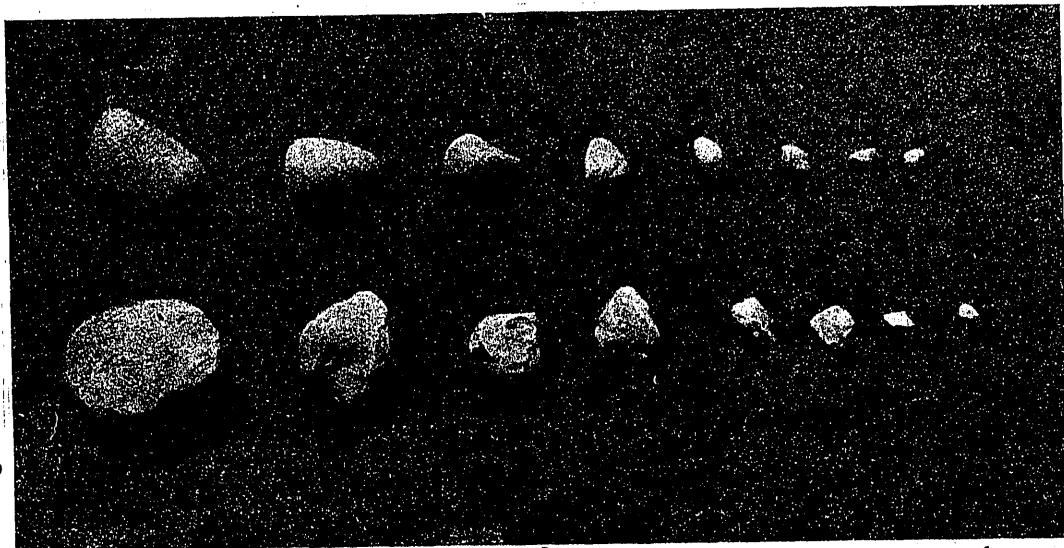


Figura I.^a

parar sus resultados con los obtenidos en laboratorios holandeses, propone una fórmula de segundo grado, dependiente únicamente de la forma de la probeta, quedando recogida la posible influencia de las diferentes clases de los cementos en unos coeficientes constantes.

También es verosímil que la relación que vamos buscando pudiese variar al utilizar áridos con diferente módulo de finura; sin embargo, vemos que Gyengo, en Viena, en 1938, utiliza seis áridos con módulos diferentes; pero en sus conclusiones no alude a dicha variación, y termina dando una fórmula de primer grado para unir las resistencias, que, como las anteriores citadas, es función de la forma de las probetas.

Teniendo en cuenta estos estudios, nosotros hemos utilizado siempre el mismo cemento: arena silicea del río Manzanares, y dos clases de gravas completamente distintas en su composición granulométrica,

hormigón, y las tres últimas con 350 Kg./m.³, siendo las características de cada una su relación agua/cemento. Con cada clase de hormigón se hicieron cuatro probetas de cada una de las diversas formas, para romperlas a los siete días, y cuatro para su ensayo a los veintiocho días de fabricadas, obteniéndose una gama muy completa de resistencias medias, como puede apreciarse en los gráficos que se incluyen más adelante. Estas resistencias medias, correspondientes a cada cuatro probetas de una forma y tamaño, se han obtenido siguiendo las normas que fija el anexo de la Instrucción Oficial en su artículo 7º.

Antes de entrar en el detalle de cada uno de los dos grupos antes mencionados, vamos a dar algunas características de los elementos que les son comunes; es decir, el cemento, la arena y el agua; pudiéndose encontrar éstas con más amplitud en la publicación número 35 del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción.

CEMENTO PORTLAND

Resistencia en Kg./cm.² de las probetas de mortero. — Se hicieron ensayos periódicos iguales a los indicados en el Pliego Oficial de Condiciones para la recepción de Aglomerantes Hidráulicos, para observar las variaciones de resistencia a lo largo de toda la investigación.

A continuación damos los resultados del último de los efectuados:

Composición del mortero: un litro de arena normal del río Manzanares, 600 gr. de cemento y 207 centímetros cúbicos de agua.

Medio en que se han conservado las probetas	A LOS 7 DÍAS		A LOS 28 DÍAS	
	Máxima	Media	Máxima	Media
TRACCIÓN				
Agua dulce	22,9	22,3	26,1	25,6
COMPRESIÓN				
Agua dulce	286	266	371	352

Se deduce de los ensayos de resistencia que el comportamiento del cemento durante toda la investigación ha sido prácticamente constante.

ARENA SILÍCEA

Después de tamizar la arena del río Manzanares, separando los tamaños mayores de 4,76 mm., la composición granulométrica obtenida como media de dos ensayos fué la siguiente:

SERIE TYLER		PROPORCIONES EN %	
Número del tamiz	Lado de la abertura en mm.	Que retiene	Que pasa
3	76,000	0	100,00
3/2	38,000	0	100,00
3/4	19,000	0	100,00
3/8	9,500	0	100,00
4	4,760	0	100,00
8	2,380	9,30	90,70
16	1,190	29,60	70,40
30	0,590	55,45	44,55
50	0,297	84,15	15,85
100	0,149	100,00	0
Módulo de finura		3,24	

AGUA

Potable del Lozoya.

CARACTERÍSTICA DE LOS HORMIGONES
ENSAYADOS

Como ya hemos indicado anteriormente, dividimos todos los hormigones que hemos utilizado en dos grupos:

1.º Hormigones con gravilla silícea.

La gravilla, procedente del río Jarama, era rodada y estaba limpia de impurezas.

La composición granulométrica media de dos ensayos, obtenida después de separar los tamaños mayores de 38 mm., fué la siguiente:

SERIE TYLER		PROPORCIONES EN %	
Número del tamiz	Lado de la abertura en mm.	Que retiene	Que pasa
3	76,000	0	100,00
3/2	38,000	0	100,00
3/4	19,000	64,80	35,20
3/8	9,500	96,30	3,70
4	4,760	100,00	0
8	2,380	100,00	0
16	1,190	100,00	0
30	0,590	100,00	0
50	0,297	100,00	0
100	0,149	100,00	0
Módulo de finura		7,61	

Dosisificación y hormigonado.

En los seis tipos de hormigón del grupo silíceo se ha fijado la condición de que los volúmenes de arena y gravilla estén en la relación 1 a 2, para que en el metro cúbico de hormigón entren aproximadamente 400 litros de arena y 800 litros de gravilla. Teniendo en cuenta las densidades aparentes de la gravilla y de la arena en las condiciones de su empleo, o sea con la temperatura y humedad propias del sitio en que estaban almacenadas, se determinaron los pesos que de ambos áridos eran precisos para obtener una amasada con la cual se pudieran llenar seis probetas: dos cilíndricas de 15 centímetros de diámetro y 30 cm. de altura, y cuatro cúbicas, dos de ellas de 15 cm. de arista, y las otras, de 20 cm. Además, debía sobrar una cierta cantidad de mezcla, la cual se había de depositar en un molde, y, una vez medido el volumen de esta

HORMIGÓN 1,1

Dosificación empleada en cada masa.

30 litros = 48 300 kilogramos de gravilla silícea.
 15 > = 22 200 > de arena silícea.
 9 090 > de cemento.
 5 900 litros de agua.

Dosificación real por metro cúbico de hormigón fraguado.

838,2 litros = 1 349,502 kilogramos de gravilla silícea.
 419,1 > = 620,268 > de arena silícea.
 251,460 > de cemento.
 164,846 litros de agua.

Volumen de hormigón fraguado resultante de cada amasada.

Masa núm. 1 = 35,825
 > > 2 = 35,825
 > > 3 = 35,950
 > > 4 = 35,550
 Volumen medio: 35,790 dm.³

Relación a/c = 0,66.

Consistencia: Blanda.

Densidades aparentes.

Teórica	2,386
Al desmoldar	2,365
A los siete días	2,338
A los veintiocho días	2,323

Consistencia media de las cuatro masas.

Con la mesa de sacudidas: 508.
 Con el docilímetro de 9 kilogramos: 132.

Marcas	Forma, dimensiones y edad de las probetas al ensayarlas	Peso de cada probeta en Kg.		Carga de rotura en Kg./cm. ²	Resistencia media en Kg./cm. ²	Características del ambiente durante el hormigonado	
		Al desmoldar	Al romper			Temperatura en grados C.	Humedad
1	Cúbica de 20 cm.: Siete días.	18,863	18,719	81	96	12	50
		18,910	18,785	80		12	50
		19,155	18,885	114		21	45
		19,105	18,845	110		21	45
2	Cúbica de 15 cm.: Siete días.	7,848	7,769	78	91	12	50
		8,004	7,923	83		12	50
		7,900	7,795	99		21	45
		7,820	7,700	98		21	45
1 y 2	Cilíndrica: Siete días.	12,484	12,361	48	59	12	50
		12,549	12,418	48		12	50
		12,570	12,355	83		21	45
		12,595	12,375	71		21	45
3	Cúbica de 20 cm.: Veintiocho días.	18,904	18,650	128	134	12	50
		18,887	18,613	122		12	50
		19,145	18,820	139		21	45
		19,065	18,700	151		21	45
4	Cúbica de 15 cm.: Veintiocho días.	7,906	7,766	127	133	12	50
		7,902	7,758	118		12	50
		7,915	7,785	138		21	45
		7,840	7,710	167		21	45
3 y 4	Cilíndrica: Veintiocho días.	12,451	12,226	77	86	12	50
		12,551	12,335	81		12	50
		12,520	12,270	91		21	45
		12,585	12,330	99		21	45

parte excedente, unido al de las seis probetas antes citadas, quedaría fijado el *rendimiento* de cada una de las mezclas.

En todas las series se ha dosificado en peso, y el amasado duró tres minutos. El llenado de los moldes se efectuó de la siguiente manera: en los hormigones de consistencia fluida y blanda, sin apisonado alguno, utilizando únicamente la paleta para la buena distri-

tas, sin rectificar posteriormente; preparación que es imprescindible cuando las bases no han quedado planas.

Todas las probetas se desmoldearon a las veinticuatro horas de fabricadas, e inmediatamente se pesaban, operación que se repetía antes de su ensayo a compresión.

Los detalles que hemos juzgado interesantes para

GRUPO SILÍCEO

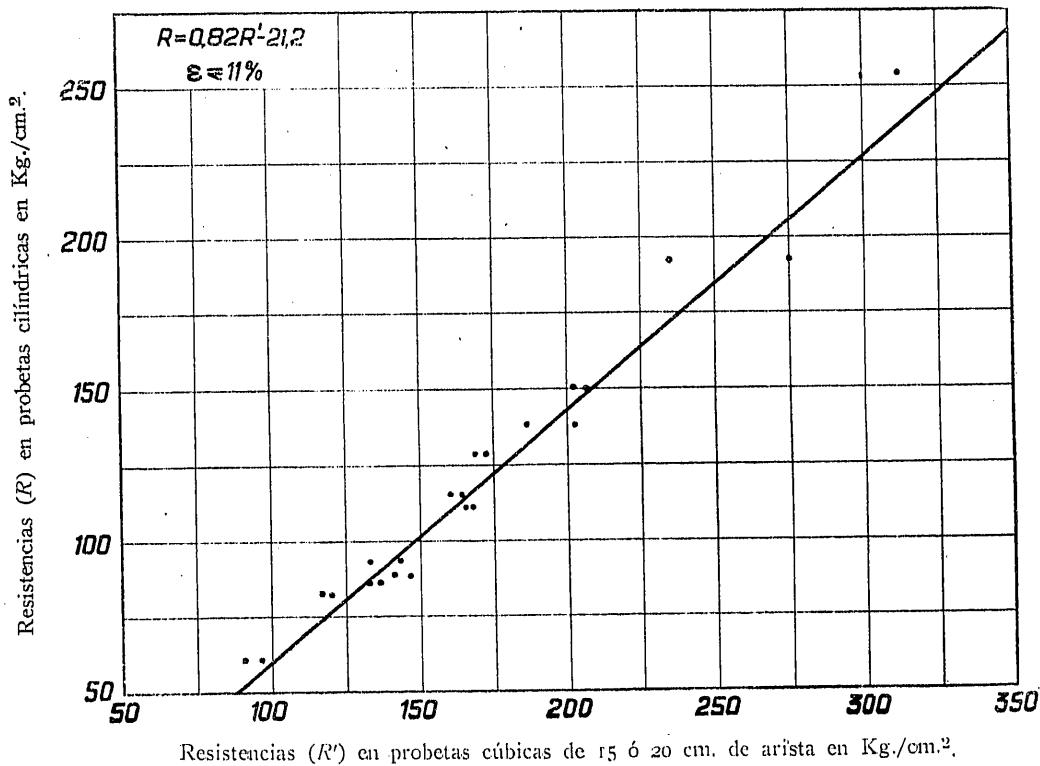


Figura 2.^a

bución del material; en los restantes tipos de hormigón las probetas de forma cúbica se llenaron en dos tongadas, dando en cada una 20 golpes con un pisón cuadrado, y las cilíndricas, en tres tongadas, dando en cada una de ellas 15 golpes, excepto en la última, en que fueron 10; todas ellas con un pisón cilíndrico. La altura de la caída de los pisones fué siempre de 15 cm.

Después de llenos los moldes, se igualaba ligeramente la superficie superior y, pasadas tres horas de esta operación, se procedía al alisado de dicha superficie, logrando con esta manipulación un plano perfecto que permitía el ensayo a compresión de las probe-

tas, sin rectificar posteriormente; preparación que es imprescindible cuando las bases no han quedado planas.

Todas las probetas se desmoldearon a las veinticuatro horas de fabricadas, e inmediatamente se pesaban, operación que se repetía antes de su ensayo a compresión.

Los detalles que hemos juzgado interesantes para

el fin de este trabajo se han recogido en páginas como la siguiente, reuniendo en cada una las de un hormigón. Para distinguir los diferentes tipos que hemos ensayado, les asignamos un número compuesto de dos cifras: la primera, característica del grupo a que pertenecen (1 para el silíceo y 2 para el calizo), y la segunda, que sirve para clasificar los hormigones del mismo grupo.

Las características de los hormigones 1,2 al 1,6 pueden encontrarse en la publicación núm. 35 antes citada.

Si representamos la relación existente entre las resistencias a compresión de las probetas cúbicas, tanto

de 15 como de 20 cm. de arista, con las cilíndricas, después de dibujados los puntos en el gráfico, queda planteado el problema de buscar una fórmula, que con el menor error posible, siempre que sea aceptable, pueda adoptarse como expresión analítica de la relación que perseguimos, y que al propio tiempo sea de aplicación sencilla.

En esta fórmula podrían figurar como variables la edad de la probeta en el momento de la rotura, la relación agua/cemento, la consistencia, etc.; pero si observamos que los puntos correspondientes a los diferentes tipos de hormigón y edad están entremezclados, quedaríamos obligados a plantear una serie de fórmulas particulares, quizás muy aproximadas, pero aplicable solamente a contados casos. Preferimos, pues, seguir el criterio adoptado en formas similares, como las comentadas al principio de este trabajo, y relacionar las resistencias teniendo en cuenta únicamente la forma y dimensiones de las probetas.

La representación gráfica que relaciona dichas re-

sistencias es la figura 2^a, y en ella se ha dibujado una recta cuya ecuación es:

$$R = 0,82 R' - 21,2; \quad [1]$$

en la cual R es la resistencia en probeta cilíndrica, y R' , en probeta cúbica de 15 ó 20 cm. de arista, y cuyo error máximo es del 11 por 100. Esta fórmula es aplicable a probetas cúbicas cuyas resistencias estén comprendidas entre los 90 y 320 Kg./cm.², y, por tanto, abarca a la totalidad de los hormigones usados corrientemente.

No parecería riguroso el proponerla para sustituir a la que hoy está en uso, sin compararlas; por lo cual vamos a calcular los errores que se obtienen al aplicar la ley del 75 por 100, y la expresión [1] a los resultados de los ensayos recopilados anteriormente.

Dichos errores se reúnen en el cuadro siguiente, en cuya primera columna se han puesto las marcas comunes a las probetas que se relacionan, y en las dos últimas, los errores que tratamos de cotejar:

Arido silíccico y rodado.

MARCAS	R' Resistencia experimental en probeta cúbica	$A = 0,75 R'$	$R = 0,82 R' - 21,2$	B Resistencia experimental en probeta cilíndrica	Error de A $\frac{A - B}{B} \times 100$	Error de R $\frac{R - B}{B} \times 100$
1	96	72	57,8	59	-22,0	-2,1
2	91	68,3	52,7	59	15,7	-10,7
3	134	100,5	89,1	86	16,9	3,5
4	133	99,8	88,3	86	16,0	2,6
5	120	90	77,6	81	11,1	-4,3
6	116	87	74,3	81	7,4	-8,3
7	147	110,3	99,8	96	14,9	3,9
8	141	105,8	94,8	96	10,2	-1,2
9	142	106,5	95,7	92	15,8	4,0
10	132	99	87,4	92	7,6	-5,0
11	196	147	140,1	128	14,9	9,5
12	173	129,8	121,2	128	1,4	-5,3
13	167	125,3	116,2	110	13,9	5,7
14	168	126	117,1	110	14,6	6,4
15	210	157,5	151,6	139	13,3	9,1
16	202	151,5	145	139	9,0	4,3
17	165	123,8	114,6	115	7,6	-0,4
18	160	120	110,5	115	4,4	-3,9
19	228	171	166,4	150	14,0	-10,9
20	206	154,5	148,3	150	2,9	-1,1
21	275	206,3	205,1	191	8,0	7,4
22	235	176,3	172,2	191	-7,7	-9,9
23	312	234	235,6	253	-7,5	-6,9
24	300	225	225,7	253	-11,1	-10,8

De su simple observación se deduce que mientras el error de la fórmula propuesta es inferior al 11 por 100, el de la otra llega al 22 por 100, y en 13 casos de los 24 del cuadro es superior al 11 por 100.

Si hallamos el error medio, es decir, la media aritmética de los valores absolutos de los errores, obtenemos el 11,1 por 100 para A y sólo el 5,7 por 100 para R .

2.º Hormigones con gravilla caliza.

En este grupo la gravilla estaba formada por piedra caliza machacada, siendo el tamaño máximo de 38 mm.

Su composición granulométrica media de dos ensayos se recoge en el cuadro siguiente:

SERIE TYLER		PROPORCIONES EN %	
Número del tamiz	Lado de la abertura en mm.	Que retiene	Que pasa
3	76,000	0	100,00
3/2	38,000	0	100,00
3/4	19,000	11,60	88,40
3/8	9,500	53,55	46,45
4	4,760	93,55	6,45
8	2,380	99,30	0,70
16	1,190	99,60	0,40
30	0,590	99,60	0,40
50	0,297	99,60	0,40
100	1,149	100,00	0
Módulo de finura		6,56	

Características de la dosificación y hormigonado.

Así como en el grupo silíceo se fijó la condición de que los volúmenes de arena y gravilla estuvieran en la proporción de 1 a 2, en éste se han dosificado los áridos convenientemente para obtener una mezcla cuya composición granulométrica se aproxima a la parábola teórica de Gessner. Las cantidades adoptadas han sido el 35 por 100 de arena silicea y el 65 por 100 de gravilla caliza.

El método seguido en la manipulación durante el amasado, fabricación y curado de las probetas ha sido igual al que se indicó en el grupo silíceo, y, como en éste, se han hecho seis tipos de hormigón: tres con 250 Kg. de cemento y los restantes con 350 kilogramos, aproximadamente, por metro cúbico de hormigón fraguado.

Se determinaron, asimismo, los rendimientos, con-

sistencias, pesos y demás características, igual que en el grupo silíceo, que están recogidos en la publicación número 35 del Laboratorio Central.

Con los resultados de los ensayos hemos dibujado la figura 3.^a, que relaciona las resistencias entre probetas cilíndricas, y cúbicas, de 20 y 15 cm. de arista.

Teniendo en cuenta nuestra intención de que el error de la fórmula que propongamos resulte pequeño y que al mismo tiempo ésta sea de fácil aplicación, encajamos la recta, cuya expresión es:

$$R = 0,87 R' - 17; \quad [2]$$

siendo R la resistencia en probeta cilíndrica, y R' , en probeta cúbica de 15 ó 20 cm. de arista.

El error máximo obtenido al aplicarla a los resultados nuestros ha sido el 10 por 100 y, como advertimos en las fórmulas del grupo silíceo, éstas son válidas para resistencias en probetas cúbicas comprendidas entre los 90 y los 300 Kg./cm.²; límites muy amplios y que comprenderán a la casi totalidad de los hormigones usados normalmente en la construcción.

Comparando los resultados obtenidos al aplicar la fórmula [2] con el 75 por 100 de las resistencias en probetas cúbicas, llegamos al cuadro de la página siguiente, de disposición análoga al incluido en el grupo silíceo.

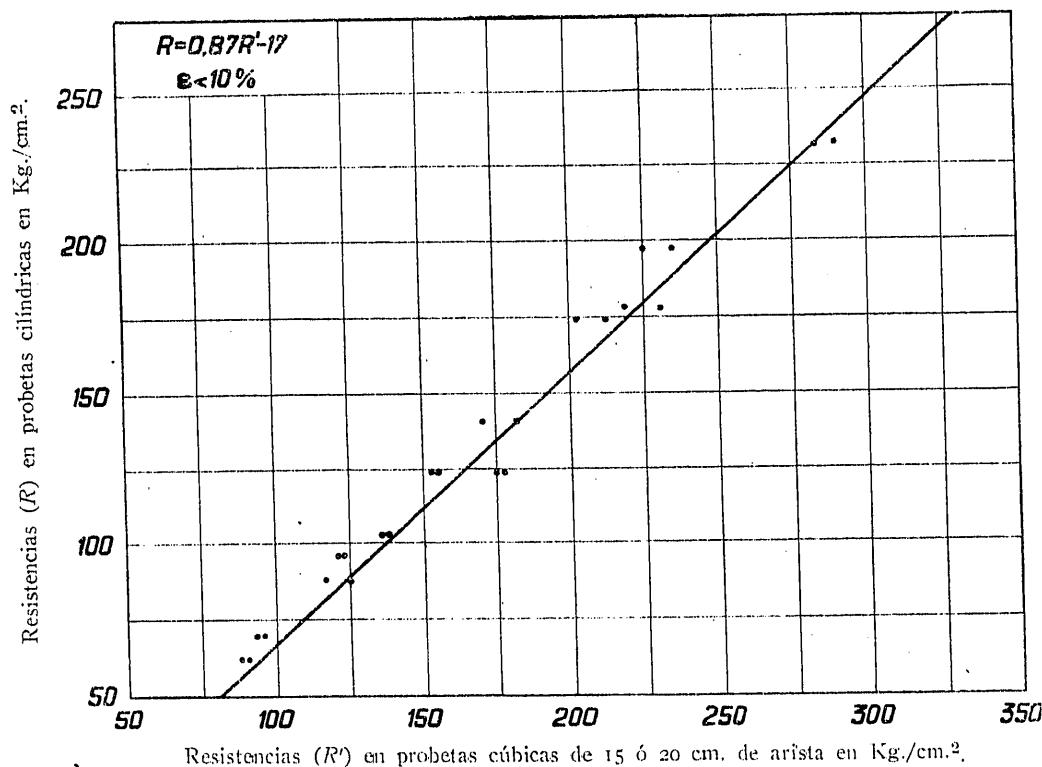
En las dos últimas columnas se observa que el error de R es siempre menor del 10 por 100, al mismo tiempo que el de A llega hasta el 13 por 100, y mientras que la media aritmética de los valores absolutos de los errores de R es de 4,5 por 100, la de A es de 6,3 por 100.

Vemos, por tanto, que lo mismo en el grupo silíceo que en el calizo, los errores producidos por la aplicación de la fórmula oficial del 0,75 se disminuyen notablemente con las expresiones propuestas por nosotros.

* * *

Tratando de generalizar este trabajo, hemos reunido todos los resultados obtenidos en las dos series, para trazar una fórmula que fuera independiente de la naturaleza y forma de los áridos, y, como la dispersión de los puntos es grande, el error aumenta, llegando en algunos casos al 14 por 100. Desechando esta solución general, terminamos proponiendo, para pasar de las resistencias obtenidas en probeta cúbica a las correspondientes en probetas cilíndricas, las siguientes fórmulas:

GRUPO CALIZO

Figura 3.^aGRUPO SEGUNDO
Piedra caliza y machacada.

MARCAS	R' Resistencia experimental en probeta cúbica	A $= 0,75 R'$	R $= 0,87 R' - 17$	B' Resistencia experimental en probeta cilíndrica	Error de A $\frac{A - B}{B} \times 100$	Error de R $\frac{R - B}{B} \times 100$
1	91	68,3	62,2	62	10,1	0,3
2	89	66,8	60,4	62	7,7	- 2,5
3	125	93,8	91,8	88	6,5	4,3
4	116	87,0	83,9	88	- 1,1	- 4,6
5	95	71,3	65,7	70	1,8	6,2
6	93	69,8	63,9	70	- 3,6	- 8,7
7	134	100,5	99,6	102	- 1,5	- 2,4
8	138	103,5	103,1	102	1,5	1,0
9	124	93,0	90,9	92	1,1	- 1,2
10	123	92,3	90,0	92	0,3	- 1,3
11	175	131,3	135,3	124	5,8	9,1
12	176	132,0	136,1	124	6,5	9,8
13	154	115,5	117,0	124	- 6,9	- 5,7
14	154	115,5	117,0	124	- 6,9	- 5,7
15	212	159,0	167,4	174	- 8,6	- 3,8
16	203	152,3	159,6	174	- 12,5	- 8,3
17	183	137,3	142,2	142	- 3,4	0,1
18	169	126,8	130,1	142	- 10,8	- 8,4
19	234	175,5	186,6	194	- 9,5	- 3,8
20	225	168,8	178,8	194	- 13,0	- 7,8
21	221	165,8	175,2	179	- 7,4	- 2,1
22	232	174,0	184,8	179	- 2,8	3,3
23	290	217,5	235,3	233	- 6,7	1,0
24	284	213,0	247,1	233	- 8,6	6,1

Con grava rodada silícea y arena silícea:

$$R = 0,82 R' - 21,2.$$

Con grava machacada caliza y arena silícea:

$$R = 0,87 R' - 17.$$

En las cuales R' es la resistencia en Kg./cm.^2 en probeta cúbica de 15 ó 20 cm. de arista, y R , la resistencia en Kg./cm.^2 en probeta cilíndrica.

Aunque estas expresiones corresponden a los resultados de 288 probetas, estamos convencidos de que, al hacer más ensayos en igualdad de condiciones y, por tanto, aumentar los datos experimentales, los coeficientes podrían sufrir alguna variación, y, aunque creemos que sería pequeña, aceptaríamos gustosos cualquier indicación sobre este particular, siempre

que viniera acompañada de la relación detallada de las pruebas efectuadas, la cual nos permitiría lograr una precisión mayor en las fórmulas propuestas.

Las mezclas hechas al unir la arena silícea con gravillas silíceas y rodadas o calizas y machacadas, son las usadas con más frecuencia; sin embargo, pueden utilizarse otros tipos de áridos, para los que también resultaría interesante estudiar relaciones análogas.

Entregada la Memoria original, de la cual extractamos este pequeño trabajo, a la Junta de Investigaciones Técnicas del Ministerio de Obras Públicas, nos ha honrado al encargar al Laboratorio Central el estudio de otras relaciones en las que los áridos sean silíceos ó calizos y en ambos casos se utilice la piedra partida. Ya hemos empezado a trabajar en estas nuevas series de ensayos, y esperamos poder ofrecer próximamente sus resultados a los técnicos en general.