

7.-

**TABLA 3**  
**COEFICIENTES DE VARIACION DEL CONCRETO CORRESPONDIENTES**  
**A DISTINTOS GRADOS DE CONTROL EN LA FABRICACION**

Condiciones de mezclado y colocación	Control	Coeficiente de variación, V por ciento
Agregados secos, granulometría precisa, relación exacta agua/cemento, y temperatura controlada de curado. Supervisión continua.	De laboratorio	5 — 6
Pesado de todos los materiales, control de la granulometría y del agua tomando en cuenta la humedad de los agregados y el peso en grava y arena desplazada por el agua. Supervisión continua.	Excelente	7 — 8
Pesado de todos los materiales, control de la granulometría y de la humedad de los agregados. Supervisión continua.	Alto	10 — 12
Pesado de los agregados, control de la granulometría y del agua. Supervisión frecuente.	Muy bueno	13 — 15
Pesado de los materiales. Contenido de agua verificado a menudo. Verificación de la trabajabilidad. Supervisión intermitente.	Bueno	16 — 18
Proporcionamiento por volumen, considerando el cambio en volumen de la arena por la humedad. Cemento pesado. Contenido de agua verificado en la mezcla. Supervisión intermitente.	Regular	20
Proporcionamiento por volumen de todos los materiales. Poca o ninguna supervisión.	Pobre	25

La desviación estandar y el coeficiente de variación en los ensayos, de hecho son valores que califican la calidad del trabajo de los operarios, presuponiendo que las máquinas para el ensayo de los especímenes, -- reúnen los requisitos y se calibran periódicamente según lo establecen las especificaciones A.S.T.M. y que el curado se ha hecho también de acuerdo -- con las especificaciones estandar.

En la tabla 2 aparecen también los valores de los coeficientes de variación en los ensayos, que califican el trabajo de los operarios del laboratorio.

Es el criterio del comité 214 del A.C.I., que se logra un control razonable del concreto, si la probabilidad de que la resistencia de un ensayo sea inferior al valor de la resistencia de proyecto f'c, no es mayor del -- 10% (1 en 10). Esta tolerancia no implica la aceptación de fallas consecutivas, sino que debe interpretarse como un control continuo más que un control global. Se permiten mayores probabilidades de resistencias bajas según el procedimiento de diseño y la importancia de la obra.

Para satisfacer los requisitos de probabilidades de existencia bajas, la resistencia promedio del concreto deberá ser mayor que la resistencia -- de proyecto f'c, dependiendo de la uniformidad esperada en la producción -- del concreto (coeficiente de variación) y del porcentaje que se permita -- de resultados de ensayos inferiores a la resistencia de proyecto. El va-- lor de la resistencia promedio requerido se obtiene de la fórmula:

$$f_{cr} = \frac{f'c}{(1 - tV)}$$

donde:

- f<sub>cr</sub> = resistencia promedio requerido
- f'c = resistencia de proyecto especificado
- t = constante que depende la proporción de resultados inferiores a f'c y del número de muestras empleadas para calcular el coeficiente de variación V (para 1:10 y número de muestras igual a ∞, t= 1.282)
- V = Coeficiente de variación expresado como fracción

El módulo de ruptura promedio requerido para vigas, como se especifica para el control de pavimentos de concreto, puede obtenerse usando --

Control	Coeficiente de variación	Resistencia promedio requerida
Control	0.10	1.05 f'c
Control	0.15	1.10 f'c
Control	0.20	1.15 f'c
Control	0.25	1.20 f'c
Control	0.30	1.25 f'c
Control	0.35	1.30 f'c
Control	0.40	1.35 f'c
Control	0.45	1.40 f'c
Control	0.50	1.45 f'c
Control	0.55	1.50 f'c
Control	0.60	1.55 f'c
Control	0.65	1.60 f'c
Control	0.70	1.65 f'c
Control	0.75	1.70 f'c
Control	0.80	1.75 f'c
Control	0.85	1.80 f'c
Control	0.90	1.85 f'c
Control	0.95	1.90 f'c
Control	1.00	1.95 f'c

la misma ecuación si se sustituye el módulo de ruptura especificado en lugar del  $f'c$ .

En la figura 3 se presentan curvas para calcular el valor de  $f_{cr}$  en función del coeficiente de variación y la probabilidad de obtener resistencias menores que la especificada.

El valor del  $f_{cr}$  para una resistencia de diseño especificada, puede reducirse con un mejor control y se incrementa, si el control es más deficiente, como se puede apreciar en la fig. 2. Cuando la resistencia de una revoltura de concreto no es muy crítica, pueden aceptarse mayores probabilidades de resistencias bajas, con lo cual el valor del  $f_{cr}$  puede reducirse.

En el código para Construcciones de Concreto Reforzado del ACI 318-71, recientemente aprobado, se dan recomendaciones simplificadas apoyadas en las sugerencias de su Comité 214, para la evaluación de los resultados de los ensayos, en el caso de que se disponga de cuando menos 30 ensayos de resistencia consecutivos. Las resistencias promedio que se utilicen para hacer el proporcionamiento, deberán exceder la resistencia de diseño  $f'c$ , por lo menos de acuerdo con los valores siguientes:

Desviación Estandar en Kg./Cm. <sup>2</sup>	Exceso en el valor de $f'c$ en Kg./Cm. <sup>2</sup>
Menor de 20	30
de 20 a 30	40
de 30 a 35	50
de 35 a 40	65
mayor de 40	85

Cuando no se dispone de datos suficientes para aplicar los valores anteriores, el ACI presenta una tabla donde se dan las relaciones agua-cemento máximas permitidas para los distintos valores de  $f'c$ .

En el diseño de pavimentos de concreto en el que rige el módulo de ruptura, según la práctica recomendada ACI 325, el esfuerzo de flexión promedio deberá no ser menor de 45 Kg./Cm.<sup>2</sup>, en especímenes de 28 días de edad, con el 80% de los resultados de los ensayos iguales ó mayores de 43 Kg./Cm.<sup>2</sup> y el promedio de 4 ensayos consecutivos cualesquiera iguales o mayores de 42 Kg./Cm.<sup>2</sup>

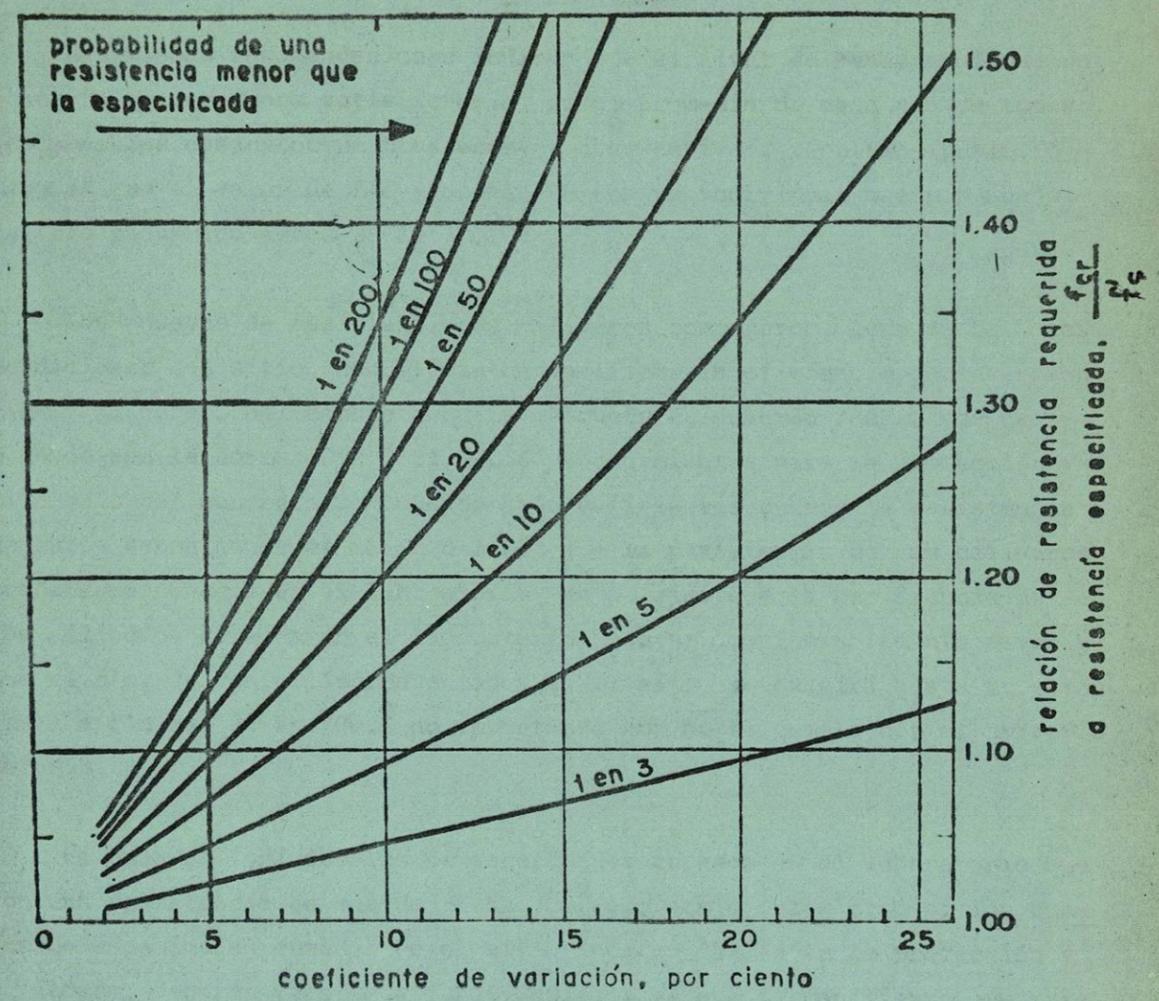


Fig. 3 Relación de resistencia promedio requerida  $f_{cr}$  a resistencia específica  $f_c$  para varios coeficientes de variación y probabilidades de que caigan debajo de la resistencia especificada.

Si debido a que con las características del cemento y agregados disponibles, es difícil alcanzar estas resistencias económicamente, el esfuerzo de flexión promedio podrá especificarse de  $42 \text{ Kg./Cm.}^2$ , siempre y - que se haga el ajuste necesario en el espesor de la losa para ésta resistencia. En tal caso el 80% de los ensayos deberán ser iguales ó mayores de  $39 \text{ Kg./Cm.}^2$  y el promedio de 4 ensayos consecutivos cualesquiera iguales ó mayores de  $39 \text{ Kg./Cm.}^2$

Las mismas recomendaciones indican que el nivel de resistencia de un concreto se considera satisfactorio, si el promedio de cada uno de todos los posibles conjuntos de tres ensayos consecutivos, resultan iguales ó - mayores que el valor de  $f'c$  y si ningún ensayo individual cae por abajo - del  $f'c$  requerido menos  $35 \text{ Kg./Cm.}^2$

Los ensayos de resistencia de cilindros compañeros, curados bajo las condiciones del sitio, con el fin de verificar la eficiencia de la protección y el curado del concreto en la estructura, deberán realizarse de --- acuerdo con la norma ASTM C-31. Los procedimientos para la protección y el curado del concreto se considerarán deficientes cuando la resistencia de éstos especímenes es menor del 85% que la resistencia de los cilindros compañeros curados en el laboratorio, en el caso que la resistencia de -- los cilindros curados en el laboratorio resulte considerablemente mayor - que el  $f'c$ , de los cilindros curados en el sitio se exigirá hasta un valor igual a  $f'c$  más  $35 \text{ Kg./Cm.}^2$  no importando que no se cumpla con el criterio del 85%.

Si ensayos individuales de especímenes curados en el laboratorio que den una resistencia de más de  $35 \text{ Kg./Cm.}^2$  por abajo del  $f'c$ , ó si los ensayos de especímenes curados en el sitio indican fallas en la protección y el curado, deberán tomarse algunas medidas, ya que se manifiesta que existe alguna deficiencia y la designación de la responsabilidad financiera, puede llegar a ser muy complicada debido al traslape de responsabilidades, entre el diseñador, el contratista, el productor y el laboratorio de ensayos. La deficiencia puede investigarse de acuerdo con la siguiente - secuela resumida que recomienda el Comité sobre Normas para Concreto Premezclado de la National Ready Mixed Concrete Association.

Paso 1.- VERIFICACION DE LA EXACTITUD DE LOS ENSAYES