

3.- Los especímenes utilizados fueron de células trifásicas.  
 A= Resistencia a la compresión con carga estándar 38 días.  
 X= Resistencia a la compresión acelerada cuando se ensaya  
 A en el cubo de 3 (Carga e' A A 8).  
 1.- Carga balanceada en el ensayo en el tipo de cilindros.

OBJETIVOS:

CUBO	38 1/3 Hrs. Resistencia	58 1/3 Hrs. Resistencia	78 1/3 Hrs. Resistencia	98 1/3 Hrs. Resistencia	118 1/3 Hrs. Resistencia	138 1/3 Hrs. Resistencia	158 1/3 Hrs. Resistencia	178 1/3 Hrs. Resistencia	198 1/3 Hrs. Resistencia	218 1/3 Hrs. Resistencia
8	87	113	139	165	191	217	243	269	295	321
9	74	100	126	152	178	204	230	256	282	308
10	70	96	122	148	174	200	226	252	278	304
11	66	92	118	144	170	196	222	248	274	300
12	62	88	114	140	166	192	218	244	270	296
13	58	84	110	136	162	188	214	240	266	292
14	54	80	106	132	158	184	210	236	262	288
15	50	76	102	128	154	180	206	232	258	284
16	46	72	98	124	150	176	202	228	254	280
17	42	68	94	120	146	172	198	224	250	276
18	38	64	90	116	142	168	194	220	246	272
19	34	60	86	112	138	164	190	216	242	268
20	30	56	82	108	134	160	186	212	238	264
21	26	52	78	104	130	156	182	208	234	260
22	22	48	74	100	126	152	178	204	230	256
23	18	44	70	96	122	148	174	200	226	252
24	14	40	66	92	118	144	170	196	222	248
25	10	36	62	88	114	140	166	192	218	244
26	6	32	58	84	110	136	162	188	214	240
27	2	28	54	80	106	132	158	184	210	236
28		24	50	76	102	128	154	180	206	232
29		20	46	72	98	124	150	176	202	228
30		16	42	68	94	120	146	172	198	224
31		12	38	64	90	116	142	168	194	220
32		8	34	60	86	112	138	164	190	216
33		4	30	56	82	108	134	160	186	212
34		0	26	52	78	104	130	156	182	208
35			22	48	74	100	126	152	178	204
36			18	44	70	96	122	148	174	200
37			14	40	66	92	118	144	170	196
38			10	36	62	88	114	140	166	192
39			6	32	58	84	110	136	162	188
40			2	28	54	80	106	132	158	184
41				24	50	76	102	128	154	180
42				20	46	72	98	124	150	176
43				16	42	68	94	120	146	172
44				12	38	64	90	116	142	168
45				8	34	60	86	112	138	164
46				4	30	56	82	108	134	160
47				0	26	52	78	104	130	156
48					22	48	74	100	126	152
49					18	44	70	96	122	148
50					14	40	66	92	118	144
51					10	36	62	88	114	140
52					6	32	58	84	110	136
53					2	28	54	80	106	132
54						24	50	76	102	128
55						20	46	72	98	124
56						16	42	68	94	120
57						12	38	64	90	116
58						8	34	60	86	112
59						4	30	56	82	108
60						0	26	52	78	104

Los resultados de los ensayos de los especímenes de cemento de 1 Hr. después de hervido y recapeo, para que alcance a fraguar el mortero de azufre, A.S.T.M. especifica por un lado, que debe dejarse el mortero 2 Hrs. para endurecerse, antes de ensayar el espécimen de concreto y en este tiempo el mortero debe resistir a la compresión un mínimo de 280 Kg./Cm.<sup>2</sup> cuando se ensaya en cubos de 50.8 m m. (2") y por otra parte que el recapeo debe ser al menos tan resistente como el concreto.

24 Hrs. después del moldeo, la recomendación de que los especímenes alcancen resistencia máxima, bien puede no cumplirse totalmente en beneficio de economía en trabajo extra.

La condición de A.S.T.M. de que durante las primeras 24 Hrs. después del moldeo, todos los especímenes de ensayo deban almacenarse bajo condiciones, que mantengan la temperatura inmediatamente adyacente a los mismos entre 16 y 27°C y prevenir pérdidas de humedad, puede fácilmente cumplirse sin recurrir a escrupuloso cuidado y si además, consideramos que la transportación de los especímenes se deben hacer con el molde.

Por lo que respecta al tiempo que debe transcurrir entre el instante en que el espécimen se saca del hervido y el ensayo, los requisitos que establece A.S.T.M. son que el ensayo deberá hacerse tan pronto como sea práctico después de retirarlo del curado y que durante el tiempo que transcurra entre su retiro del curado y el ensayo, debe mantenerse húmedo con un lienzo o manta húmeda.

El tiempo de 1 Hr. después del hervido para enfriamiento y recapeo, parece ser muy limitado, para que alcance a fraguar el mortero de azufre, A.S.T.M. especifica por un lado, que debe dejarse el mortero 2 Hrs. para endurecerse, antes de ensayar el espécimen de concreto y en este tiempo el mortero debe resistir a la compresión un mínimo de 280 Kg./Cm.<sup>2</sup> cuando se ensaya en cubos de 50.8 m m. (2") y por otra parte que el recapeo debe ser al menos tan resistente como el concreto.

Para resistencias estandar hasta 300 Kg./Cm.<sup>2</sup>, la resistencia acelerada no es mayor de 150 Kg./Cm.<sup>2</sup> y para lograr esa resistencia, siguiendo las especificaciones de A.S.T.M., hemos encontrado en la U.A.N.L. que se necesita que transcurra un tiempo de 20 min. con una temperatura de 40°C. Como el recapeo se hace en los cilindros cuando la temperatura en ellos es de 70 a 80 °C la resistencia de 150 Kg./Cm.<sup>2</sup> en el mortero debe alcanzarse en un tiempo mayor.

Cuando se dan 15 min. para recapeo y fraguado del mortero de azufre, no se puede cumplir con las especificaciones anteriores.

Por las razones anteriormente expuestas se dejaron enfriar los e ---

pecímenes 60 min. antes de iniciar el recapeo, dejándose fraguar el mortero de 30 a 40 min. antes de ensayarlos a compresión, entodo este tiempo los cilindros se mantuvieron cubiertos con franelas húmedas.

Los casos 6 y 7 corresponden a ensayos de concreto premezclado para distintas obras, en donde se utilizó cemento Portland I de dos fábricas y aditivo acelerante, en el caso 6 se utilizó el método modificado de ebullición de 28 1/2 Hrs. y en el caso 7, el tiempo se modificó a 29 1/2 Hrs., aumentando a 2 Hrs, el tiempo de enfriado y ensaye por las mismas razones que se indicaron para caso 5. Las ecuaciones de regresión para los casos 6 y 7 resultaron prácticante iguales.

El caso 8 corresponde también a ensayos de concreto premezclado para distintas obras en la ciudad de Monterrey, seutilizaron dos tipos de cemento Portland I y en algunas se utilizó aditivo acelerante, se ensayaron 81 muestras, dando como resultado la siguiente ecuación de regresión.

$$Y = 94.0 + 1.6 X$$

con un coeficiente de correlación de 0.845.

Del estudio de la U.A.N.L. se puede concluir que para un mismo tipo de cemento, se pueden obtener ecuaciones lineales de regresión con un alto coeficiente de correlación, dentro del rango estudiado. En el caso 5 en que el coeficiente de correlación es relativamente bajo, la ecuación de regresión se obtuvo de dos series de ensayos con 6 meses de diferencia, observándose una variación en las características del cemento utilizando. En cada serie considerada aisladamente se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.984 y 0.976.

Desde 1968 en el programa de la materia, Tecnología del Concreto y Laboratorio que me honro en impartir en la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L. se ha incluido el tema de curado acelerado del concreto con miras a determinar la resistencia potencial de concreto y despertar el interés del alumnado en este tópic.

Durante la última década, ha crecido el interés en la utilización de ensayos acelerados de resistencia para el control de calidad del concreto.

Existe mundialmente un descontento general, con el criterio existen-

te de aceptación de la calidad del concreto, basada en los resultados de los ensayos de resistencia a los 28 días. En varios países están trabajando comités de estandarización para evaluar las diferentes formas de tales ensayos.

Se ha considerado que en un principio se aceptaran los dos criterios, el acelerado y el estandar a 28 días, antes que la industria llegara a abolir finalmente la prueba de resistencia a los 28 días. En este sentido se encaminan las especificaciones de A.S.T.M., ya que en su última revisión a las Normas de Calidad para cementos portland C-150, el requisito de resistencia a la compresión de estos cementos para los tipos I y II, ha quedado solamente como opcional. Si el criterio de aceptación estuviera basado solamente en los resultados de los ensaves acelerados, pudiera darse el caso, que algún fabricante de cemento llegara a producir una variedad de cemento tal, que diera concretos con resistencias altas al cura do acelerado, pero no con resistencias altas a los 28 días o a mayor edad. Si el ensaye de resistencia acelerada se usa como una prueba para aceptación del concreto, se debe estar seguro que el concreto alcanzará la resistencia requerida a edades mayores.

Los objetivos mediatos de los ensayos acelerados de resistencia, son usar estos ensayos en lugar del ensaye de resistencia a la compresión a 28 días, que es obsoleto, como un Criterio Básico de Diseño. En esta dirección va dirigida la recomendación del comité Británico del Ensaye Acelerado y la conducta del Comité similar de A.S.T.M. parece ser la misma. Esta recomendación fue enunciada así:

"El Comité toma en cuenta que el ensaye acelerado no deberá usarse simplemente para predecir la resistencia a 28 días, sino que deberá usarse como control de calidad"

Mientras se alcanzan estos objetivos, es posible correlacionar para cada región del país, según la clase de agregados disponibles y tipo de cemento, los valores de curado estandar a 28 días con los obtenidos con diversos procedimientos de ensaves acelerados, para posteriormente hacer una evaluación de las posibilidades de establecer estos procedimientos, como una norma de calidad regional, en tanto se tenga un cambio de experiencia en todo el país, con miras a lograr una norma de Control de Calidad de carácter nacional.

Los cilindros se mantuvieron cubiertos con frazadas húmedas. ro de 30 a 40 min., antes de ensayarlos a compresión, entodo este tiempo pedimentos 60 min. antes de iniciar el recado, dejándose fraguar el mort

Los casos 6 y 7 corresponden a ensaves de concreto premezclado para distintas obras, en donde se utilizó cemento Portland I de dos fábricas y aditivo acelerante, en el caso 6 se utilizó el método modificado de aplicación de 28 1/2 hrs. y en el caso 7 el tiempo se modificó a 29 1/2 hrs. manteniendo a 2 Hrs, el tiempo de entriado y ensaye por las mismas razones que se indicaron para caso 5. Las ecuaciones de regresión para los casos 6 y 7 resultaron prácticamente iguales.

El caso 8 corresponde también a ensaves de concreto premezclado para distintas obras en la ciudad de Monterrey, se utilizaron dos tipos de cemento Portland I y en algunas se utilizó aditivo acelerante, se ensayaron 81 muestras, dando como resultado la siguiente ecuación de regresión.

$$Y = 94.0 + 1.8 X$$

con un coeficiente de correlación de 0.845.

Del estudio de la U.A.M.I. se puede concluir que para un mismo tipo de cemento se pueden obtener ecuaciones lineales de regresión con un alto coeficiente de correlación, dentro del rango estudiado. En el caso 5 en que el coeficiente de correlación es relativamente bajo, la ecuación de regresión se obtuvo de dos series de ensaves con 6 meses de diferencia, observándose una variación en las características del cemento utilizando. En cada serie considerada aisladamente se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.984 y 0.976.

Desde 1958 en el programa de la materia, Tecnología del Concreto y Laboratorio que me honro en impartir en la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.M.I. se ha incluido el tema de curado acelerado del concreto con miras a determinar la resistencia potencial de concreto y despertar el interés del alumnado en este tópic.

Durante la última década, ha crecido el interés en la utilización de ensaves acelerados de resistencia para el control de calidad del concreto.

Existe mundialmente un descontento general, con el criterio existen-

Los estudios que a la fecha se han realizado con curados acelerados, se aplican a la resistencia a la compresión del concreto, toda vez que es la propiedad más importante y si consideramos también que las otras propiedades se han podido relacionar con el f'c.

Sin embargo, existe la propiedad de resistencia a la tensión, que no siempre puede relacionarse directamente con su f'c, esto se debe a la variabilidad de algunas características de los agregados.

A igualdad de todos los parámetros que intervienen en la resistencia a la compresión del concreto, para un f'c, la resistencia a la tensión varía según el grado de limpieza y rugosidad de los agregados, así como el porcentaje del material fino que pase la malla # 200.

En el diseño y control de calidad de pavimento de concreto, interviene el módulo de ruptura determinando de acuerdo con las normas A.S.T.M. - C-31, C-78 y C-42, su cuantificación no es otra cosa que la medición indirecta del esfuerzo de tensión.

Ya que la verificación de la calidad del concreto, en lo que se refiere al pavimento mismo, se basa actualmente en el módulo de ruptura obtenido del ensayo de vigas estandar a los 28 días de edad; es de sumo interés aplicar curados acelerados, para definir la resistencia a este esfuerzo al día siguiente de fabricado el concreto, y así estar en posibilidad de llevar un control de calidad eficiente aprovechando todas las ventajas que se logran con este procedimiento.

Me permito informar a Uds. que estudios en éste sentido los estamos realizando en la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L. y en su oportunidad los daremos a conocer.

ING. EDMUNDO VAQUERA GARCIA  
SUB JEFE DE LAS SECCIONES  
DE MECANICA DE SUELOS Y  
VIAS TERRESTRES

te de aceptación de la calidad del concreto, basada en los resultados de los ensayos de resistencia a los 28 días. En varios países están trabajando comités de estandarización para evaluar las diferentes formas de tales ensayos.

Se ha considerado que en un principio se aceptarían los dos criterios, el acelerado y el estándar a 28 días, antes que la industria llegara a adoptar finalmente la prueba de resistencia a los 28 días. En este sentido se encuentran las especificaciones de A.S.T.M. ya que en su última revisión a las Normas de Calidad para cementos Portland C-150, el requisito de resistencia a la compresión de estos cementos para los tipos I y II, ha quedado solamente como opcional. Si el criterio de aceptación estuviera basado solamente en los resultados de los ensayos acelerados, pudiera darse el caso, que algún fabricante de cemento llegara a producir una variedad de cemento tal, que diera concretos con resistencias altas al curado acelerado, pero no con resistencias altas a los 28 días o a mayor edad. Si el ensayo de resistencia acelerada se usara como una prueba para aceptar o no el concreto, se debe estar seguro que el concreto alcanzará la resistencia requerida a edades mayores.

Los objetivos medidos de los ensayos acelerados de resistencia, son usar estos ensayos en lugar del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días, que es obsoleto, como un Criterio Básico de Diseño. En esta dirección se dirige la recomendación del Comité Británico del Ensayo Acelerado y la conducta del Comité similar de A.S.T.M. parece ser la misma. Esta recomendación fue enunciada así:

"El Comité toma en cuenta que el ensayo acelerado no deberá usarse simplemente para predecir la resistencia a los 28 días, sino que deberá usarse como control de calidad"

Mientras se alcanzan estos objetivos, es posible correlacionar para cada región del país, según la clase de agregados disponibles y tipo de cemento, los valores de curado estándar a 28 días con los obtenidos con diversos procedimientos de ensayos acelerados, para posteriormente hacer una evaluación de las posibilidades de establecer estos procedimientos como una norma de calidad regional, en tanto se tenga un campo de experiencia en todo el país, con miras a lograr una norma de Control de Calidad de concreto nacional.