

TABLA 4

Resistencia a la congelación y sales de deshielo del concreto normal y del concreto al que se le ha eliminado el agua por vacío (A) sin aire incluido y (B) con aire incluido. El promedio es de 3 especímenes de 10 x 10 x 10 cm de la losa, ensayados a la edad de 150 días. Ver figura 6, 7 y 8.

| Ensayes                          | Después del ciclo No. | Tipo de Concreto |           |                       |            |     |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|------------|-----|
|                                  |                       | (A) Sin aditivo  |           | (B) Con aire incluido |            |     |
|                                  |                       | Normal           | Con vacío | Normal                | Con vacío  |     |
| No. de especímenes               |                       | 1, 2, 3          | 4, 5, 6   | 7, 8, 9               | 10, 11, 12 |     |
| Pérdida de volumen en %          | 15                    | 7.3              | 3.1       | 3.5                   | 0.6        |     |
| Daño visual No. en la superficie |                       | 2.7              | 0.3       | 0.7                   | 0.0        |     |
| Pérdida de volumen en %          | 25                    | 15.6             | 7.0       | 8.2                   | 2.1        |     |
| Daño Visual No.                  |                       | Superficie (p+g) | 4         | 1                     | 1.6        | 0   |
|                                  |                       | Lado superior    | 6         | 2.5                   | 3.5        | 1.5 |
|                                  |                       | Lado inferior    | 6         | 4                     | 5          | 3   |
| Fondo                            | > 6                   | 5                | 5         | 4.5                   |            |     |

Clasificación de daños:

p+g = razado y pulido

- No. 0 - sin daño
- 1 - filos ligeramente dañados
- 2 - descascaramiento - daños menores en la superficie
- 3 - descascaramiento total - daños de superficie < 2 mm
- 4 - Descascaramiento total - daños de superficie < 4 mm
- 5 - Descascaramiento total - daños de superficie < 6 mm
- 6 - Descascaramiento total - daños de superficie > 6 mm

CONCRETO CON ELIMINACION DE AGUA POR MEDIO DE VACIO

TABLA 4-A

Resistencia a la congelación del concreto normal y al que se le ha eliminado el agua por vacío (A) sin aditivo y (B) con aire incluido. Método de ensaye de acuerdo al ensaye alemán Beton-Verein, de julio de 1975. (25 ciclos de congelamiento en solución de sal al 35%, temperatura -15°C (8 horas)- deshielo en agua a +20°C (16 horas)).

Especímenes: cubos de 10 cm para el ensaye de laboratorio.

| Concreto tipo                         | (A) Sin aditivo |      |      |      |           |      |      |      | (B) Con aire incluido |      |      |      |           |      |      |      |
|---------------------------------------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|-----------|------|------|------|
|                                       | Normal          |      |      |      | Con vacío |      |      |      | Normal                |      |      |      | Con vacío |      |      |      |
|                                       | p+g             | p+g  | p+g  | ave. | p+g       | p+g  | p+p  | ave. | p+g                   | p+g  | p+g  | ave. | p+g       | p+g  | p+p  | ave. |
| Tratamiento superficial               |                 |      |      |      |           |      |      |      |                       |      |      |      |           |      |      |      |
| Especímen No.                         | 1               | 2    | 3    |      | 4         | 5    | 6    |      | 7                     | 8    | 9    |      | 10        | 11   | 12   |      |
| Peso (secado en aire) gr              | 2321            | 2243 | 2400 | -    | 2540      | 2427 | 2583 | -    | 2383                  | 2493 | 2402 | -    | 2422      | 2448 | 2447 | -    |
| Peso saturado) gr                     | 2360            | 2282 | 2437 | -    | 2557      | 2460 | 2600 | -    | 2410                  | 2527 | 2433 | -    | 2438      | 2463 | 2461 | -    |
| Peso en agua gr                       | 1354            | 1309 | 1410 | -    | 1510      | 1432 | 1533 | -    | 1387                  | 1456 | 1410 | -    | 1424      | 1437 | 1449 | -    |
| Volumen cm <sup>3</sup>               | 1006            | 973  | 1027 | -    | 1047      | 1028 | 1067 | -    | 1023                  | 1071 | 1023 | -    | 1014      | 1026 | 1112 | -    |
| Densidad (saturada) kg/m <sup>3</sup> | 2345            | 2345 | 2372 | 2355 | 2442      | 2392 | 2436 | 2424 | 2356                  | 2358 | 2376 | 2363 | 2408      | 2399 | 2431 | 2411 |
| Peso (saturado) gr                    | 2150            | 2126 | 2272 | -    | 2493      | 2369 | 2539 | -    | 2287                  | 2462 | 2363 | -    | 2427      | 2440 | 2451 | -    |
| Peso en agua gr                       | 1233            | 1217 | 1310 | -    | 1473      | 1378 | 1496 | -    | 1317                  | 1418 | 1368 | -    | 1416      | 1423 | 1440 | -    |
| Volumen cm <sup>3</sup>               | 917             | 909  | 962  | -    | 1020      | 990  | 1043 | -    | 970                   | 1043 | 995  | -    | 1010      | 1017 | 1011 | -    |
| Pérdida de peso gr                    | 210             | 156  | 165  | -    | 64        | 91   | 61   | -    | 123                   | 65   | 70   | -    | 11        | 23   | 10   | -    |
| Pérdida de volumen cm <sup>3</sup>    | 89              | 64   | 65   | -    | 27        | 38   | 24   | -    | 53                    | 28   | 28   | -    | 4         | 9    | 1    | -    |
| Pérdida de volumen %                  | 8.8             | 6.5  | 6.7  | 7.3  | 2.6       | 3.8  | 2.1  | 2.8  | 5.4                   | 2.6  | 2.9  | 3.3  | 0.4       | 0.9  | 0.0  | 0.5  |
| Pérdida de peso %                     | 8.8             | 6.3  | 6.8  | 7.3  | 2.5       | 3.7  | 2.3  | 3.1  | 5.1                   | 2.6  | 2.8  | 3.5  | 0.4       | 0.9  | 0.4  | 0.6  |
| Daño Visual No.                       | Superficie      | 3    | 2    | 3    | 2.7       | 0    | 1    | 0    | 0.3                   | 1    | 0    | 1    | 0.75      | 0    | 0    | 0    |
|                                       | Prom. lateral   | 5    | 5    | 5    | 5         | 3    | 3    | 3    | 3                     | 3    | 4    | 3    | 3.3       | 2    | 2    | 2    |
| Peso saturado gr                      | 1961            | 1928 | 2085 | -    | 2381      | 2248 | 2449 | -    | 2173                  | 2347 | 2241 | -    | 2367      | 2381 | 2417 | -    |
| Peso en agua gr                       | 1125            | 1106 | 1206 | -    | 1410      | 1308 | 1443 | -    | 1251                  | 1352 | 1298 | -    | 1383      | 1390 | 1415 | -    |
| Volumen cm <sup>3</sup>               | 836             | 822  | 879  | -    | 975       | 939  | 1006 | -    | 922                   | 995  | 943  | -    | 984       | 991  | 1002 | -    |
| Pérdida de peso gr                    | 400             | 354  | 351  | -    | 172       | 212  | 151  | -    | 237                   | 180  | 192  | -    | 71        | 82   | 44   | -    |
| Pérdida de volumen cm <sup>3</sup>    | 170             | 151  | 148  | -    | 72        | 89   | 61   | -    | 101                   | 76   | 80   | -    | 30        | 35   | 10   | -    |
| Pérdida de volumen %                  | 16.9            | 15.5 | 14.4 | 15.6 | 6.8       | 8.6  | 5.7  | 7.0  | 9.8                   | 7.1  | 7.8  | 8.2  | 2.9       | 3.4  | 1    | 2.1  |
| Pérdida de peso %                     | 16.9            | 15.5 | 14.4 | 15.6 | 6.7       | 8.6  | 5.8  | 7.0  | 9.8                   | 7.1  | 7.3  | 8.2  | 2.9       | 3.3  | 1.8  | 2.6  |
| Daño Visual No.                       | Superficie      | 4    | 4    | 4    | 4         | 0    | 1    | 2    | 1                     | 1    | 3    | 1.6  | 0         | 0    | 0    | 0    |
|                                       | Lateral arriba  | 6    | 6    | 6    | 6         | 3    | 3    | 2    | 2.75                  | 3    | 3    | 4    | 3.25      | 2    | 1    | 2    |
|                                       | Lateral abajo   | 6    | 6    | 6    | 6         | 5    | 5    | 5    | 5                     | 5    | 6    | 4    | 5         | 3    | 3    | 3    |
|                                       | Fondo           | 6    | 6    | 6    | 6         | 5    | 5    | 5    | 5                     | 5    | 6    | 4    | 5         | 4    | 3    | 4    |

Clasificación de daño:

Tratamiento superficial

- No. 0 - sin daño
- 1 - aristas ligeramente dañadas
- 2 - descascaramiento - daño menor en la superficie
- 3 - descascaramiento total - superficie dañada < 2 mm
- 4 - descascaramiento total - superficie dañada < 4 mm
- 5 - descascaramiento total - superficie dañada < 6 mm
- 6 - descascaramiento total - superficie dañada > 6 mm

- p + g - razado y pulido
- p + p - razado doble

La resistencia a la abrasión se determinó sobre la superficie de la losa (en estado seco) mediante el ensaye del rodado con balines de acuerdo al método del Instituto Sueco de Ensayes (Swedish State Testing Institute) con una carga de 30 kg y un diámetro de rodado de 20 cm. La profundidad del desgaste se midió como el promedio de 3 puntos diferentes.

La absorción de agua se determinó en núcleos cilíndricos de 80 mm de diámetro y 70 mm de altura extraídos de la parte superior e inferior de la losa. La absorción de agua adicional se midió en especímenes de 10 x 10 x 10 cm cargados por arriba, o por la superficie lateral con agua a presión a 6 atmósferas durante 24 horas. La penetración de agua se determinó aplicando presión de agua (8 atmósferas de presión durante 24 horas) a la superficie superior de especímenes de 20 x 20 x 16 cm cortados de la losa.

La contracción se determinó mediante cubos de laboratorio de 15 cm ensayados periódicamente después del final del período de curado en el cuarto de curado ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , 60% de humedad relativa). A los 150 días se midieron las deformaciones en todas las superficies características del espécimen, sobre la parte superior, inferior y por los lados de los cubos.

La resistencia al congelamiento y a las sales descongelantes se determinó de acuerdo al ensaye alemán por Deutscher Beton Verein, Fassung de julio de 1975. Los especímenes se congelaron en soluciones saturadas de sal con 35% NaCl durante 8 horas, y se descongelaron en agua a  $20^\circ\text{C}$ , esto en 15 y 25 ciclos. Los especímenes se ensayaron sin haber sido sellados, se midió la pérdida de Volumen y se detectó visualmente el daño sufrido por el espécimen.

#### RESULTADO DE LOS ENSAYES.

Se ensayaron los dos tipos de concreto, sin aditivo y con aire incluido, normal y con eliminación del agua por medio de vacío. Se obtuvieron los valores promedio para la sección completa de la losa y en muchos casos, valores individuales para la parte superior e inferior de la losa. Los resultados de los ensayos se presentan en las tablas 2, 3 y 4, y en las figuras 2, 3 y 4. Las propiedades mecánicas del concreto con eliminación de agua por medio de vacío confirman los resultados obtenidos anteriormente. Los resultados de ensayos sobre abrasión, contracción y resistencia al congelamiento se analizan más en detalle.

Eliminación de agua y compactación.— El concreto con aire incluido necesita más tiempo para la eliminación del agua que el concreto sin aditivo (Tabla 2). No observó diferencia notable para ambos tipos de concreto en el aumento del contenido de aire ni en los cambios en la relación agua-cemento (A/C) — ni en la relación (Agua + Aire)/Cemento. Se ha encontrado que ambos tipos de concreto son fáciles de enraizar o de pulir, pero el concreto con aire incluido requiere de un período ligeramente mayor.

La densidad del concreto fresco (Tabla 2) aumenta para ambos tipos de concreto debido a la eliminación de agua por medio de vacío. Se observa un incremento notable de la densidad en la parte superior de la losa (Tabla 3).

Resistencia.— Se determinó la resistencia a la tensión por compresión diametral

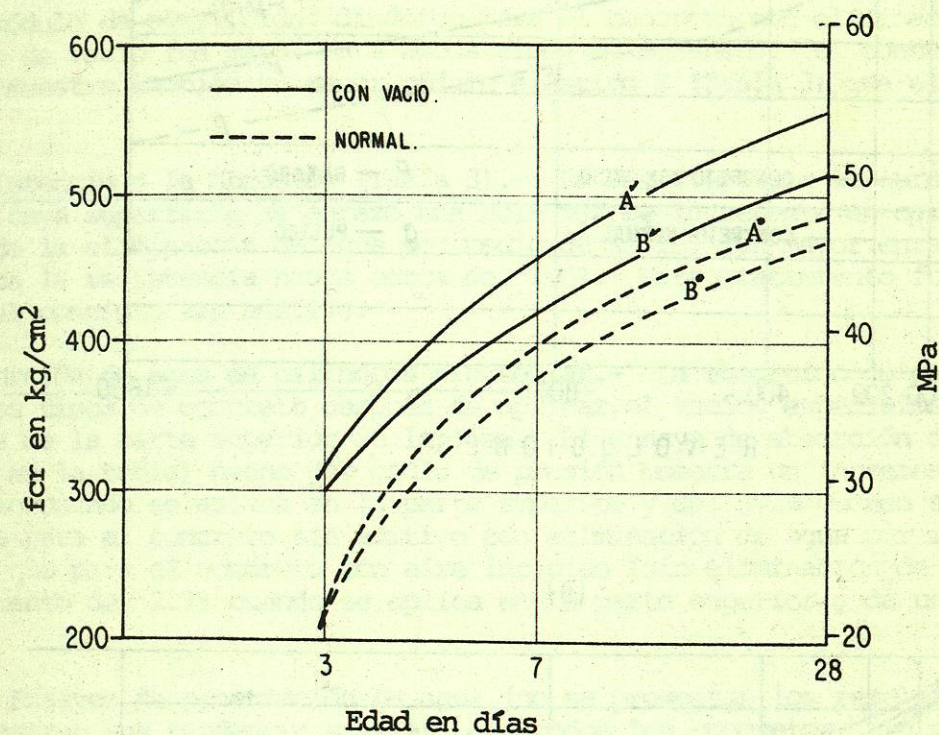


Fig. 3.- Resistencia a la compresión del concreto (A) sin aditivo y (B) con aire incluido a 3, 7 y 28 días.

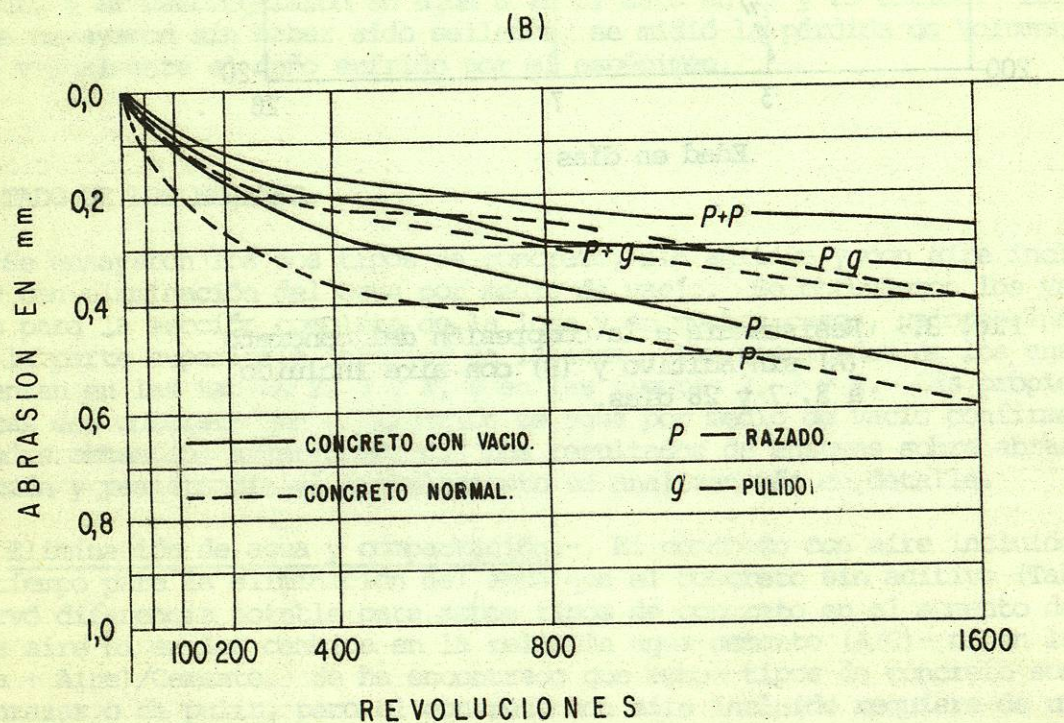
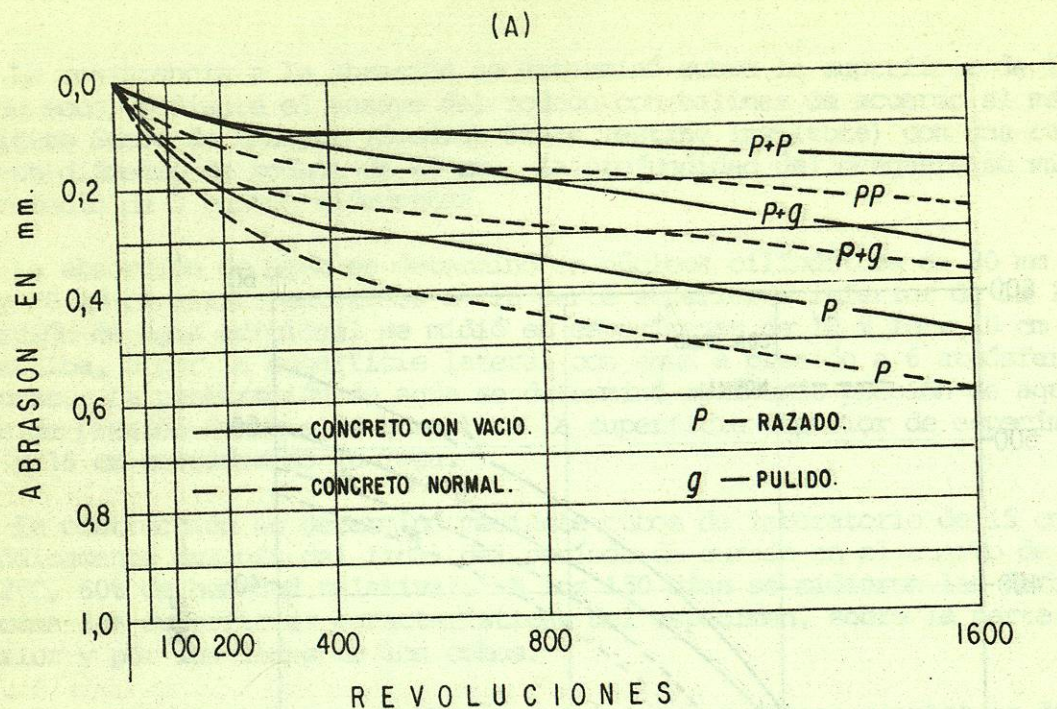


Fig. 4.- Resistencia a la abrasión del concreto (A) sin aditivo y (B) con aire incluido en la losa. Influencia de la eliminación de agua por vacío y el tratamiento mecánico superficial.

tral, a la flexión y a la compresión. Se logró un incremento del 15 al 30% en la resistencia debido a la eliminación de agua por medio de vacío para los diferentes tipos de ensayos de resistencia. Más notable fue el incremento en resistencia para el concreto sin aditivo en la parte superior de la losa y a temprana edad (Tabla 3, Fig. 3).

El módulo de elasticidad dinámico para el concreto con eliminación de agua por medio de vacío fue mayor para ambos tipos de concreto. El concreto con aire incluido muestra también un mayor módulo elástico E (Tabla 3) que el concreto sin aditivo.

Resistencia a la abrasión (Tabla 3).- La resistencia a la abrasión para el concreto cuya superficie se enrazó una sola vez se incrementa en cerca del 30% -- después de la eliminación de agua por medio de vacío. Un mayor enrazado o pulido incrementa la resistencia hasta cerca del 100%. Este tratamiento fue más efectivo para el concreto sin aditivo.

Absorción de agua de cilindros sin sellar.- La absorción de agua es menor -- para ambos tipos de concreto después de aplicar el vacío, especialmente en los especímenes de la parte superior de la losa. El ensayo de absorción de agua (no se presenta en la tabla) hecho por medio de presión muestra un incremento del 2.2% -- en el peso cuando se aplica en la parte superior y del 3.2% cuando se aplica por los lados para el concreto sin aditivo con eliminación de agua por medio de vacío, mientras que para el concreto con aire incluido (sin eliminación de agua) muestra un incremento del 2.7% cuando se aplica en la parte superior y de un 6% para los lados.

Los Ensayos de penetración de agua (no se presentan los resultados en las tablas) muestran una tendencia similar para todos los concretos. La penetración disminuye de 4.4 cm a 2.4 cm después de aplicar el vacío en el concreto sin aditivo, y de 4.6 cm a 3.3 cm en el concreto con aire incluido.

Contracción (Tabla 3, Fig. 5).- La eliminación de agua por medio de vacío -- cambia el curso de la contracción en las diferentes partes de la losa. La contracción resulta notablemente menor en la parte superior que en la inferior, hasta -- cerca del 70%.

Expansión y contracción por secado.- Los resultados de los especímenes de -- concreto extraídos de la losa, ensayados a los 180 días de edad, confirman la tendencia observada con anterioridad. La contracción se redujo notablemente en toda la sección, y especialmente en la parte superior de la losa cuya agua se eliminó por medio de vacío (Tabla 3).

Resistencia al congelamiento y a las sales descongelantes (Tabla 4 y Figuras 6, 7 y 8).- La resistencia al congelamiento se analizó de dos maneras: por medio de la pérdida en volumen y mediante el análisis visual de las superficies ensayadas. Utilizando los mismos especímenes, el método visual hace posible un análisis más cualitativo de la influencia de los diferentes tratamientos sobre la losa. La eliminación de agua por medio de vacío reduce grandemente la pérdida en volumen para ambos tipos de concreto. La pérdida en volumen para el concreto sin aditivo con eliminación de agua por medio de vacío fue menor del 50% y menos del 80% para el concreto con aire incluido y con eliminación de agua por medio de vacío.- El análisis visual del daño sobre las diferentes superficies de los especímenes --