

2.- A temperaturas elevadas como la del ensaye a 38°C se aceleran todos los tiempos de fraguado en los morteros fabricados con los tres tipos de cemento ya sea con aditivo o sin él.

3.- Para una misma consistencia, los concretos puzolánicos CPEAH y -- CPPN superplastificados, aumentan su resistencia a la compresión, tensión por -- compresión diametral, flexión y módulo de elasticidad de Young un poco menos que en los concretos con CPN, en proporción a la cantidad de agua reducida. Entre -- mayor sea la cantidad de agua reducida mayor será el consumo de SP.

4.- En todos los concretos superplastificados hay una importante pérdida de REV.; con relación al de CPN, en el concreto con CPEAH la pérdida es menor, no así el que contiene CPPN en donde la pérdida es mucho mayor. A temperaturas mayores de 35°C la pérdida de REV es mayor para todos los concretos.

5.- Para un mismo concreto reducido en agua, la dosificación de aditivo aumenta para un valor pretendido de consistencia.

6.- Para concretos redosificados una sola vez a 15°C a partir de un mismo REV. y con relación al concreto con CPN, el concreto con CPEAH mantiene -- más tiempo el REV. y el concreto con CPPN se disminuye en forma importante con -- respecto al mismo. A 34°C todos los concretos se disminuyen en forma importante. Siendo más drástico el efecto en el que contiene CPPN.

7.- Para concretos redosificados varias veces a partir de un mismo -- REV. las dosificaciones de aditivo son mayores para el concreto con CPPN que para el de CPN y el consumo aumentó más al incrementarse la temperatura del concreto siendo más sensible a esto el concreto con CPPN.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco ampliamente la colaboración para la realización de este trabajo, de los Ingenieros Rodolfo Meza Salas y Dante Ordaz Rodríguez, maestro adjunto y auxiliar respectivamente en la Sección de Tecnología del Concreto de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes trabajaron con entusiasmo y eficiencia en la ejecución de este estudio. Así mismo la colaboración del grupo de estudiantes de licenciatura en Ingeniería Civil que trabajaron en este proceso cumpliendo con su Servicio Social.

#### LISTA DE FIGURAS

- 1.- a).- Criba para separar los agregados en sus distintos tamaños.  
b).- Depósitos para agregados.
- 2.- Gráficas granulométricas de los agregados fino y grueso.
- 3.- Resistencia a la compresión en morteros para los tres tipos de cemento, Relación A/C = 0.6 y misma fluidez 110%  $\pm$  3.5%.
- 4.- Incrementos de resistencia en morteros fabricados con los tres tipos de cementos al aumentar la dosificación de aditivo para una misma fluidez y mismo consumo de cemento. A 3, 7 y 28 días.
- 5.- Tiempos de fraguado en morteros (ASTM C-403) con CPEAH, con y sin SP a 25°C y 38°C.
- 6.- Tiempos de fraguado en morteros (ASTM C-403) con CPPN con y sin SP a 25°C y 38°C.
- 7.- Tiempos de fraguado en morteros (ASTM C-403) con CPN con y sin SP a 25°C y 38°C.
- 8.- a).- Vista de la Revolvedora de Laboratorio de Contra Corriente.  
b).- Vista interior de la Revolvedora.
- 9.- Pérdidas de REV. en concreto con CPEAH, con y sin SP a 18°C y 35°C.
- 10.- Pérdidas de REV. en concreto con CPPN con y sin SP a 18°C y 35°C.
- 11.- Pérdidas de REV. en concreto con CPN con y sin SP a 18°C y 35°C.
- 12.- Pérdida de REV. con una redosificación de SP para los 3 tipos de cemento a 15°C.
- 13.- Pérdida de REV. con una redosificación de SP para los 3 tipos de cemento a 34°C.
- 14.- Concreto con CPN redosificado con 0.2% a 20°C y 35°C.
- 15.- Concreto con CPPN redosificado con 0.2% a 18°C y 0.3% a 35°C.

## LISTA DE TABLAS

- 1.- Propiedades físicas y análisis químico de los cementos CPEAH, CPPN y CPN.
- 2.- Reducción de agua y correspondientes reducciones en la Rel. A/C para distintas dosificaciones de aditivo, para los tres tipos de cementos en morteros.
- 3.- Resultado de los ensayos de tiempo de fraguado en los morteros para los tres tipos de cemento con y sin aditivo SP y a distintas temperaturas.
- 4.- Proporcionamientos de concreto Serie No. 3.
- 5.- Propiedades mecánicas de los concretos de la serie No. 3 con y sin SP a una temperatura del concreto de 18°C.

TABLA No. 1  
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS CEMENTOS

| DESCRIPCION DEL ENSAYE  | CPEAH(**) | CPPN(***) | CPN(*) |
|---|-----------|-----------|--------|
| <b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>  |           |           |        |
| PESO ESPECIFICO, g/cm <sup>3</sup>                                      | 3.10      | 2.91      | 3.15   |
| FINEZA:   |           |           |        |
| Area superficial (BLAINE) cm <sup>2</sup> /g                            | 3,920     | 6,354     | 3,430  |
| Pasando malla No. 325(+), %   | 93.0      | 95.1      | 86.4   |
| TIEMPOS DE FRAGUADO:  |           |           |        |
| Inicial Vicat, hs-min   | 3-17      | 1-39      | 2-49   |
| Final Vicat, hs-min   | 4-37      | 3-51      | 4-18   |
| Inicial Gillmore, hs-min  | -         | -         | 3-13   |
| Final Gillmore, hs-min  | -         | -         | 5-01   |
| Sanidad (AUTOCLAVE), %  | 0.022     | -         | 0.11   |
| RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CUBOS DE 5.1 cm en kgf/cm <sup>2</sup> : |           |           |        |
| 1 día   | 78        | 83        | 90     |
| 3 días  | 145       | 166       | 177    |
| 7 días  | 203       | 232       | 264    |
| 28 días   | 300       | 327       | 340    |
| ANALISIS QUIMICO(+) en %  |           |           |        |
| Oxido de calcio (CaO) total   | 55.67     | 51.76     | 64.55  |
| Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )                                  | 26.89     | 33.31     | 21.42  |
| Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )                     | 8.07      | 4.58      | 5.03   |
| Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )                         | 1.75      | 1.96      | 2.48   |
| Oxido de magnesio (MgO)   | 3.13      | 1.44      | 1.43   |
| Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )                                   | 1.98      | 2.50      | 2.61   |
| Cal libre   | 0.67      | 1.56      | 1.40   |
| Pérdida por ignición  | 1.17      | 5.08      | 1.26   |
| Residuo insoluble   | 0.32      | 14.72     | 0.46   |
| COMPUESTOS (+)  |           |           |        |
| Silicato tricálcico (C <sub>3</sub> S)                                  | -         | -         | 49.3   |
| Silicato dicálcico (C <sub>2</sub> S)                                   | -         | -         | 24.3   |
| Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A)                                 | -         | -         | 9.1    |
| Aluminato ferrito tetracálcico (C <sub>4</sub> AF)                      | -         | -         | 7.5    |

- (+) Datos proporcionados por el fabricante.  
 (\*) Marca Monterrey, similar al ASTM C-150 Tipo I.  
 (\*\*) Marca Super Atlante, similar al ASTM C-595, Tipo IS.  
 (\*\*\*) Marca Atlante, similar al ASTM C-595, Tipo IP.

Tabla No. 2

REDUCCION DE AGUA Y LA CORRESPONDIENTE DISMINUCION EN LA RELACION A/C PARA DISTINTAS DOSIFICACIONES DE ADITIVO SP EN MORTEROS.

| Dosificación Aditivo % | CPEAH               |                      | CPPN                |                      | CPN                 |                      |
|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|                        | Reducción de agua % | Relación A/C en peso | Reducción de agua % | Relación A/C en peso | Reducción de agua % | Relación A/C en peso |
| 0.0                    | -                   | 0.6                  | -                   | 0.6                  | -                   | 0.6                  |
| 0.3                    | 8.3                 | 0.550                | 4.5                 | 0.573                | 11.7                | 0.529                |
| 0.5                    | 10.0                | 0.540                | 8.8                 | 0.547                | 12.5                | 0.525                |
| 0.7                    | 13.3                | 0.508                | 12.2                | 0.527                | 13.3                | 0.520                |
| 1.0                    | 14.2                | 0.515                | 17.8                | 0.493                | 14.2                | 0.515                |
| 1.25                   | 11.7                | 0.530                | 21.4                | 0.472                | 15.2                | 0.509                |

CPEAH = Cemento Portland con escoria de alto horno.  
 CPPN = Cemento con puzolana natural.  
 CPN = Cemento Portland normal.  
 SP = Aditivo superplastificante.

Tabla No. 3  
 RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN LOS MORTEROS SERIE No. 2

| Cemento | S P | Relación AG/C en peso | Fluidez % | Reducción de agua % | Relación A/C en peso | Temperatura °C |        | Tiempo de fraguado Hrs. |       | Dif. entre Inic. y Fin. Hrs. |
|---------|-----|-----------------------|-----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|-------------------------|-------|------------------------------|
|         |     |                       |           |                     |                      | Fabr.          | Reposo | Inicial                 | Final |                              |
| CPEAH   | 0.0 | 4.19                  | 107       | ---                 | 0.60                 | 22             | 25     | 4.0                     | 7.5   | 3.5                          |
| CPPN    | 0.0 | 3.47                  | 108       | ---                 | 0.60                 | 22             | 25     | 5.1                     | 7.7   | 2.6                          |
| CPN     | 0.0 | 4.00                  | 109       | ---                 | 0.60                 | 22             | 25     | 3.6                     | 5.8   | 2.2                          |
| CPEAH   | 0.7 | 4.19                  | 108       | 13.3                | 0.52                 | 22             | 25     | 6.6                     | 9.8   | 3.2                          |
| CPPN    | 0.7 | 3.47                  | 108       | 12.2                | 0.53                 | 22             | 25     | 4.1                     | 6.6   | 2.5                          |
| CPN     | 0.7 | 4.00                  | 109       | 15.0                | 0.51                 | 22             | 25     | 4.0                     | 6.8   | 2.8                          |
| CPEAH   | 0.0 | 4.24                  | 114       | ---                 | 0.60                 | 38             | 38     | 2.0                     | 3.1   | 1.4                          |
| CPPN    | 0.0 | 3.43                  | 110       | ---                 | 0.60                 | 38             | 38     | 3.0                     | 4.4   | 1.4                          |
| CPN     | 0.0 | 4.19                  | 114       | ---                 | 0.60                 | 38             | 38     | 2.0                     | 3.7   | 1.5                          |
| CPEAH   | 0.7 | 4.24                  | 109       | 15.0                | 0.51                 | 38             | 38     | 2.1                     | 3.9   | 1.7                          |
| CPPN    | 0.7 | 3.43                  | 113       | 13.3                | 0.52                 | 38             | 38     | 3.5                     | 4.9   | 1.4                          |
| CPN     | 0.7 | 4.19                  | 112       | 16.7                | 0.50                 | 38             | 38     | 2.2                     | 3.9   | 1.7                          |

CPEAH = Cemento Portland con escoria de alto horno.  
 CPPN = Cemento con puzolana natural.  
 CPN = Cemento Portland normal.  
 SP = Aditivo superplastificante.