

ral, con el uso del superplastificante se obtienen pequeñas tensiones de fluencia y ésta se aproxima a cero cuando la relación cemento-agua es inferior a 3,1.

La figura 2 también indica la influencia del tipo de cemento utilizado en el ensaye. Así, en el caso del mortero simple con la misma relación de agua-cemento, la viscosidad cinemática y la tensión de fluencia van decreciendo de acuerdo a los siguientes tipos de cemento: (a) Cemento de alto horno (b) Cemento Portland (c) Cemento F1 (cuando se reemplaza el 30% de Cemento Portland por la ceniza fina (fly ash) de 2510 cm<sup>2</sup>/g de superficie específica, en el método Blaine) (d) Cemento F3 (cuando se emplea la ceniza fina de 3340 cm<sup>2</sup>/g de superficie específica, en el método Blaine) y (e) Cemento F2 (cuando se emplea la ceniza fina de 2920 cm<sup>2</sup>/g de superficie específica, en el método Baline). Más, al utilizar el superplastificante, la influencia de la variación del tipo de cemento se hace insignificante.

Para definir lo establecido hasta el presente sobre el significado físico de los valores obtenidos en el "cono de fluidez" se representa en la figura 3 y 4 la relación de la viscosidad cinemática y la tensión de fluencia con respecto al tiempo de flujo. Se admite una correlación entre el tiempo de flujo y la viscosidad cinemática, más, el estilo es bien diferente entre el mortero simple y el mortero con superplastificante. En cuanto al tiempo de flujo y la tensión de fluencia no existe correlación alguna. Todo esto se puede explicar de la siguiente forma: En el caso del "cono de fluidez", cuando el tiempo de flujo es de 20 segundos, el valor medio de la velocidad de corte es de 430 seg<sup>-1</sup> y cuando el tiempo de flujo sea de 60 segundos, le corresponde una velocidad media de 143 seg<sup>-1</sup>. Por lo tanto, como se puede deducir también de la curva de consistencia, el tiempo de flujo depende principalmente de la viscosidad cinemática. Más, en valor absoluto, el tiempo de flujo no representa a la viscosidad cinemática, por el hecho de que, según el tipo de mortero: simple o con superplastificante, para un mismo tiempo de flujo se obtienen diferentes valores de la viscosidad cinemática. Así, por ejemplo, para 20 segundos de tiempo de flujo corresponde el primer caso de 15 a 25 stokes y en el segundo de 1,5 a 5 stokes. La velocidad de corte con este método es muy grande, justificando naturalmente la no correlación entre la tensión de fluencia y el tiempo de flujo.

Ahora bien, en el caso práctico de la construcción del concreto elaborado con agregado precolocado, la velocidad de corte del mortero de inyección estará influenciada por diversos factores tales como la dimensión de los agregados, la velocidad de ascenso del mortero, etc. Según estas condiciones, un cálculo aproximado da una velocidad de corte inferior a 0,05 seg<sup>-1</sup>. Desde este punto de vista, la fluidez del mortero depende más del valor de la tensión de fluencia que de la viscosidad cinemática. Así, la inyectabilidad del mortero con superplastificante estaría dada por su pequeña tensión de fluencia y como consecuencia, sugiere la conveniencia de contar con un método adecuado de ensaye que permita su medición.

La figura 5 representa el Modelo de medición, proyectado y construido por el autor, a fin de realizar la medición de la fluidez del mortero cuando su velocidad de corte es pequeña. Según este método, el valor medio de la velocidad de corte correspondiente a los 20 segundos del tiempo de flujo es del orden

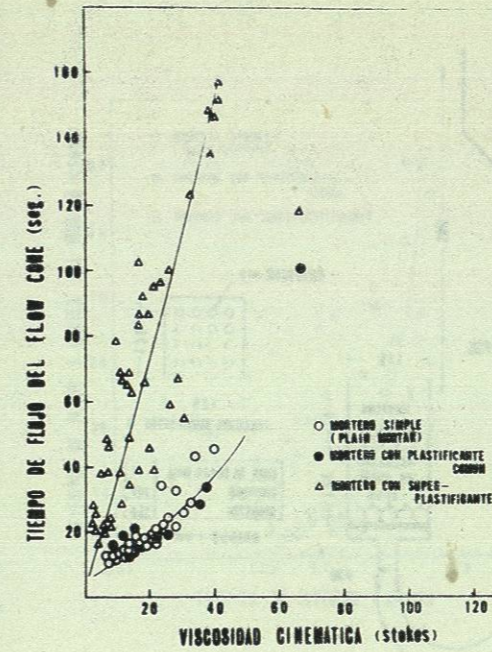


Fig. 3.- Relación entre la viscosidad cinemática y el tiempo de flujo (flow cone)

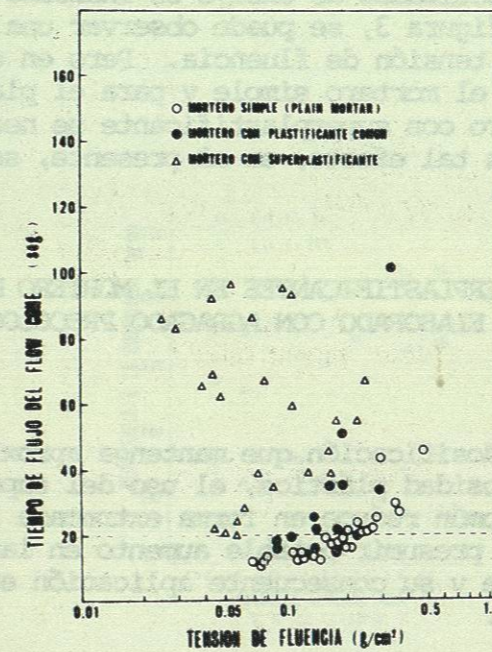


Fig. 4.- Relación entre la tensión de fluencia y el tiempo de flujo (cono de fluencia).

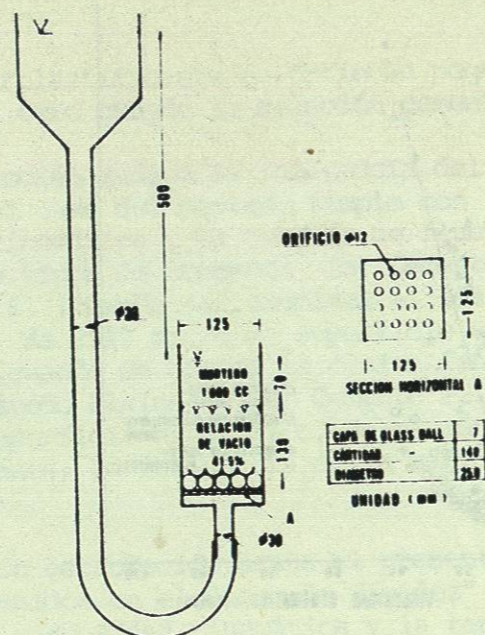


Fig. 5.- Modelo para el ensaye de fluidez

de los 8 seg<sup>-1</sup>. Uno de los resultados de ensaye es indicado en la figura 6. Al comparar dicha figura con la figura 3, se puede observar una cierta correlación entre el tiempo de flujo y la tensión de fluencia. Pero en este caso también, la correlación se admite para el mortero simple y para el plastificante ordinario, siendo que para el mortero con superplastificante se necesita mejorar aún más el método de ensaye y para tal efecto, en el presente, se está efectuando la correspondiente investigación.

3.- LA UTILIZACION DE LOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL MORTERO DE INYECCION, SU APLICACION EN EL CONCRETO ELABORADO CON AGRAGADO PRECOLOCADO Y PROPIEDADES DE SUS RESISTENCIAS.

Al seleccionar una dosificación que mantenga aproximadamente una misma tensión de fluencia o de viscosidad plástica, el uso del superplastificante con respecto a un plastificante común reduce en forma extremada la relación agua-cemento del mortero. Esto hace presumir notable aumento en las resistencias del mortero con superplastificante y su consecuente aplicación en el concreto elaborado con agregado precolocado.

Para su comprobación se han efectuado ensayos, cuyos resultados son indicados en las figuras 7, 8 y 9. La figura 7 indica el resultado de la prueba de resistencia del mortero. Si bien, la utilización de la ceniza fina como aditivo hace variar un tanto la tendencia de esta relación, la resistencia del mortero aumenta notablemente con la disminución de la relación agua-cemento.

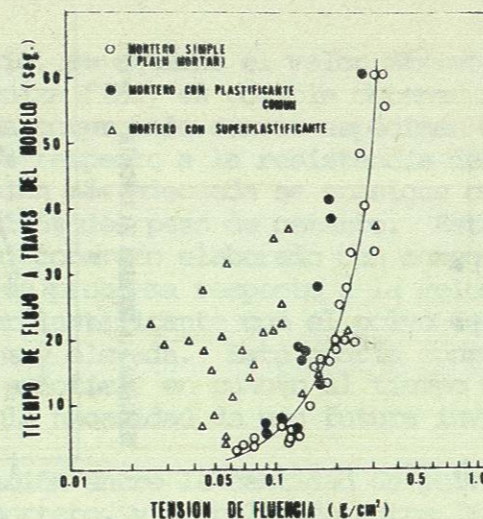


Fig. 6.- Relación entre el tiempo de flujo a través del modelo y tensión de fluencia.

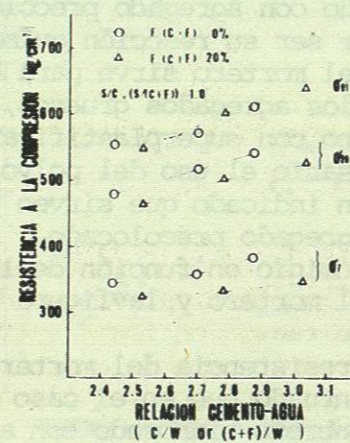


Fig. 7.- Relación entre la resistencia a la compresión y C/A del mortero de inyección.

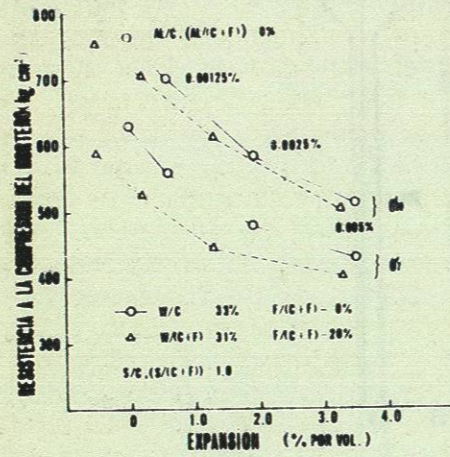


Fig. 8.- Resistencia a la compresión del mortero y su expansión.

se han obtenido valores que sobrepasan los 600 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es aproximadamente 1,5 veces la resistencia máxima del mortero de inyección utilizado actualmente de unos 400 Kg/cm<sup>2</sup>. También se puede observar en la figura 7 que a largo plazo, la ceniza fina contribuye al aumento de la resistencia y a los 91 días, con o sin ceniza fina, la relación entre la resistencia y la relación cemento-agua tiende a confundirse en una sola línea.

En el concreto elaborado con agregado precolocado, se hace necesario el uso del polvo de aluminio, por ser su reacción química de carácter expansivo. La presión debida la expansión del mortero sirve para eliminar la concentración del agua en la cara inferior de los agregados gruesos, durante el proceso de sangrado. El sangrado del mortero con superplastificante es casi nulo y desde este punto de vista sería innecesario el uso del polvo de aluminio. Pero, los resultados de ensayos previos han indicado que sirven para aumentar la resistencia del concreto elaborado con agregado precolocado. Se ha investigado la influencia del uso del polvo de aluminio en función de la expansión, así, la figura 8 la relaciona con respecto al mortero y la figura 9 con el concreto.

Según la figura 8, la resistencia del mortero disminuye en forma continua y este fenómeno es más acentuado que en el caso del mortero utilizado actualmente. En general, en el concreto elaborado con agregado precolocado, se establece como expansión del mortero de 5 a 10%. Pero esta determinación se debe efectuar más que nada, teniendo en cuenta el sangrado y como éste es muy pequeña en el mortero con superplastificante, sería conveniente que la expansión en este tipo de mortero sea dada en forma reducida.

Según la figura 9, la resistencia del concreto es baja cuando no se

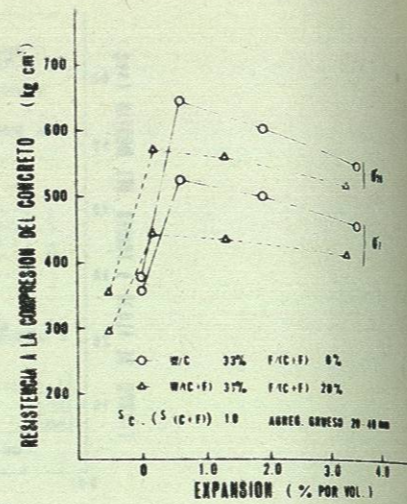


Fig. 9.- Resistencia a la compresión del concreto y expansión del mortero de inyección.

usa el polvo de aluminio, se obtiene el valor máximo entre el 0 y 1% de expansión adecuada, con o sin ceniza fina, es posible obtener resistencias superiores a los 500 Kg/cm<sup>2</sup>. Esto se ha comprobado con un espécimen circular de 15 x 30 y constituye un aumento del 50% respecto a la resistencia del usado actualmente. Según este ensayo, la expansión más adecuada se consigue cuando la cantidad del polvo de aluminio es el 0,00125% del peso de cemento. Esta cantidad, comparada con la usada actualmente en el concreto elaborado con agregado precolocado es bastante pequeña. Pero existe un problema respecto a la velocidad de expansión. En el caso de utilizar el superplastificante con el polvo de aluminio se ha comprobado que esta velocidad es muy elevada. Esto podría constituir un inconveniente para la construcción en la práctica, en cuanto al tiempo entre el mezclado y la inyección. Es de suponer, la necesidad de una futura investigación al respecto.

Como la relación entre la cantidad de polvo de aluminio y la resistencia a la tensión del mortero, y la relación entre la cantidad de polvo de aluminio y la resistencia del concreto elaborado con agregado precolocado presentaba similitud, en la figura 10 se ha indicado la relación entre las resistencias a la tensión del mortero y a la compresión del concreto. Existe una correlación significativa entre las dos resistencias, aunque es de mencionarse que los valores indicados en la parte inferior, donde las resistencias son pequeñas, se han obtenido de publicaciones<sup>4)</sup> recientes. Como la resistencia del concreto elaborado con agregado precolocado depende principalmente de la resistencia a la adherencia del mortero y los agregados gruesos, se puede considerar como apropiado el resultado de la figura 10.

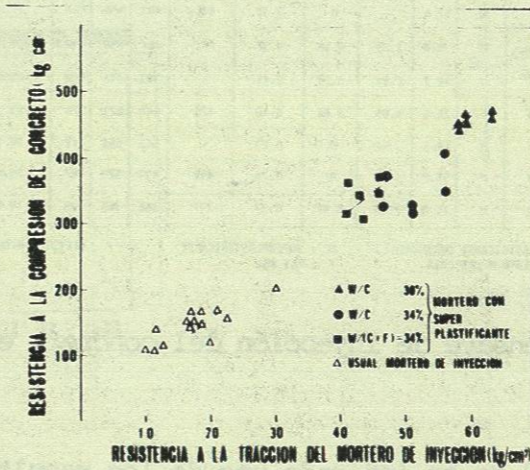


Fig. 10.- Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y resistencia a la tensión del mortero de inyección.