

125
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Facultad de Ingeniería Civil

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN PRESENCIA
DE UN ADITIVO SUPERFLUIDIZANTE.

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a

ROBERTO SALVADOR RODRIGUEZ MENDOZA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I N D I C E

Introducción.....	1
Capítulo I: Propiedades del Concreto Fresco.....	8
Capítulo II: Propiedades del Concreto Endurecido.....	20
Capítulo III: Aplicaciones.....	28
Conclusiones.....	34

1. INTRODUCCION

ANTECEDENTES.

Los superfluidizantes, fueron introducidos en México a partir de 1976. Sin embargo, los usuarios más antiguos se localizan en Japón desde fines de 1960 y en Europa a partir de 1972, donde se han colocado de 5 a 6 millones de metros cúbicos de concreto conteniendo este tipo de aditivo Referencia (3). Su uso parece proporcionar ventajas considerables sobre el concreto convencional y ha generado un gran interés.

Los superfluidizantes son químicamente diferentes a los fluidizantes normales y pueden utilizarse a altos niveles de dosificación sin causar los problemas de retraso y/o de exceso de inclusión de aire asociados con grandes cantidades de aditivos convencionales.

La relación entre los superfluidizantes y otros aditivos comunmente disponibles, diseñados para aumentar la trabajabilidad o reducir los requerimientos de agua, se muestran en el siguiente diagrama:

----- Fluidizantes basados en lignosulfonato

----- Fluidizantes basados en Acido Carboxílico

----- Superfluidizantes

----- Aumento en el rendimiento y en el costo

La longitud de cada línea constituye una indicación aproximada del rendimiento (capacidad de aumentar la trabajabilidad y reducir el contenido de agua). También representa el aumento en el costo. Sin embargo, no debe dársele importancia a las longitudes de las líneas con respecto a la escala en que se dibujaron. Por lo tanto, debe mencionarse que los superfluidizantes incrementan notablemente el costo y el rendimiento de las funciones básicas de los aditivos fluidizantes y reductores de agua normales.

Han habido muy pocos desarrollos notables en la tecnología del concreto en años recientes. La frase que describía el concreto con aire incluido en 1940 era de ; Esto ha revolucionado la tecnología del concreto !. En Norteamérica, se cree que el desarrollo de los superfluidizantes es otro de los descubrimientos importantes el cual tiene y tendrá un efecto muy significativo sobre la producción y el uso del concreto actualmente y en los años venideros.

NECESIDADES DEL CONCRETO FLUIDO.

Uno de los objetivos de la Ingeniería en lo referente al concreto, ha sido lograr un concreto autonivelante y fluido, manteniendo una relación agua/cemento que no provoque sangrado, segregación o reducción de la resistencia, durante o después de la colocación del concreto.

Seleccionando los agregados y usando altos contenidos de cemento y arena, es posible obtener un concreto de alta trabajabilidad. Sin embargo, los límites de manejabilidad del concreto parecen ser aquellos alcanzados con mezclas diseñadas para valores de revenimiento entre 15 y 18 cm. No obstante, las resistencias alcanzadas en relación a los contenidos de cemento que se requieren, resultan ser bajas.

En aquellos casos en los que se requiere una alta trabajabilidad y donde debe mantenerse o reducirse la relación agua/cemento, se puede usar el concreto superfluidizado sin que se originen efectos adversos.

El grado en que el concreto puede convertirse en concreto fluido por medio de un superfluidizante, depende del tipo, forma y granulometría de los agregados. Además, se presenta generalmente un límite general de dosificación arriba del cual, los componentes de la lechada de cemento, hacen que ésta se vuelva tan fluida que se podría presentar la segregación.

SUPERFLUIDIZANTES.

Definición.- Los superfluidizantes son sustancias químicas que cuando se adicionan al concreto normal:

- a) Le imparten una trabajabilidad extrema.

b) Le permiten una gran reducción de agua para una cierta trabajabilidad; esta reducción sobrepasa los límites de aquella obtenida por medio de los aditivos fluidizantes normales.

TIPOS DE SUPERFLUIDIZANTES.

En general, estas sustancias químicas pueden agruparse en cuatro categorías.

Categoría A. Condensados de Formaldehído melamina sulfonados.

Categoría B. Condensados de Formaldehído naftalina sulfonados.

Categoría C. Lignosulfonatos modificados.

Categoría D. Otros, tales como ésteres de ácido sulfónico u otros ésteres de carbohidratos.

Cada categoría sufre variaciones. Por ejemplo, los materiales químicamente similares, pueden tener diferentes pesos moleculares que alteren su efectividad. Más aún, pueden adicionarse otras sustancias químicas, las cuales también cambiarán el rendimiento en detalle. Es importante al seleccionar un producto, obtener información del fabricante sobre el aditivo deseado en particular. En México, estos aditivos son conocidos como superfluidizantes.

Otros nombres con los que se conocen los superfluidizantes en otros países son: Reductores de agua de gran eficiencia; super-

reductores de agua. Estos nombres, se aplican cuando quiere hacerse referencia al aditivo. Cuando en término se refiere al efecto del aditivo sobre el concreto, es decir, concreto superfluidizado, también se le conoce como concreto autocompactante, subcreto, flucreto, o concreto de revenimiento colapsado.

La diferencia entre concreto superfluidizado y concreto normal consiste, ya sea en la consistencia de la mezcla o bien en la cantidad de agua requerida para un revenimiento determinado. La diferencia de la mezcla, diseñada para obtener un concreto superfluidizado, consiste en el contenido un poco mayor en el agregado fino, más un aditivo del tipo de los superfluidizantes para concreto.

Los aditivos superfluidizantes son más caros que los aditivos reductores de agua comunes, por lo que no son económicamente convenientes cuando se utilizan en concretos comunes; son ideales cuando se requir concreto fluido y con relaciones agua/cemento muy bajas.

Cuando se cuela concreto, muchos de los problemas que se presentan pueden resolverse con éxito utilizando concreto superfluidizado diseñado adecuadamente y elaborado bajo condiciones estrictamente controladas. Debe recordarse que el concreto superfluidizado es un material de primera calidad.

Cuesta más producirlo, pero en muchas ocasiones el costo del concreto colado es realmente menor y además con beneficios tales como la facilidad de manejo, mejores acabados, mejores compactaciones y por lo tanto, mejores propiedades de endurecimiento.

Los superfluidizantes de la categoría A, actúan principalmente formando una película lubricante en la superficie de las partículas. Los superfluidizantes de la categoría C, reducen la tensión superficial en el agua. Los superfluidizantes de las categorías B y D, no solamente reducen la tensión superficial del agua, sino también cargan la superficie de las partículas equidireccionalmente para formar una película lubricante en dichas partículas.

La acción de los superfluidizantes debe ser considerablemente más energética que la de los fluidizantes convencionales, y mantenerse tanto tiempo como sea posible. Su uso no debe implicar ningún riesgo a reacciones indeseables con cualquier componente del concreto, o interferir con la protección a la corrosión del refuerzo en el concreto. Cuando no se produzcan intencionalmente efectos tales como un contenido excesivo de aire, no deberán ocurrir aún cuando se tenga una alta dosificación del aditivo superfluidizante. Las modificaciones en las propiedades del cemento, o de los agregados, o en ambos, no tendrán una marcada influencia en el grado de eficiencia de los superfluidizantes.

Los superfluidizantes en estado líquido se prefieren a aquellos que se presentan como polvos, debido a que su dispersión es más sencilla y pueden elaborarse con mayor uniformidad.

Cuando los superfluidizantes se usan en conjunto con aditivos de efectos retardantes, es de esperarse un cierto período para desarrollo del endurecimiento. Por lo general, el tamaño y la distribución de aire en el concreto inicial, no se alteran cuando se añade un superfluidizante. Es sin embargo recomendable investigar la compatibilidad entre aditivos inclusores de aire y aditivos del tipo de los superfluidizantes, cuando estos se usan en conjunto.

Hasta donde puede afirmarse, todas las categorías de los superfluidizantes no son tóxicas y no causan dermatitis. En este aspecto, no se requiere tomar precauciones especiales durante el manejo de estos materiales sin embargo, debe evitarse su ingestión.

2. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

PROPIEDADES QUE DEBE TENER EL CONCRETO FRESCO PARA AÑADIR UN SUPERFLUIDIZANTE.

El concreto inicial sin superfluidizante, debe tener buena cohesión y el revenimiento inicial deberá estar entre 5 y 7 cm. La fluidez (método de la mesa defluidez) deberá estar entre 33 y 44 cm.

Contenidos muy altos o muy bajos de cemento, en la elaboración de concreto superfluidizado, no resultan aconsejables. Las mezclas con contenidos de cemento de 300 a 350 kg/m³, con un agregado grueso de 38 mm han demostrado ser las más satisfactorias.

El efecto de alta trabajabilidad impartido en el concreto normal por un superfluidizante es temporal. La fig. (1) muestra, para diferentes tipos de aditivos, que el concreto regresa gradualmente a su trabajabilidad original entre los 30 y 90 min después de añadir el aditivo; este comportamiento se debe a diferentes factores, por lo tanto debe investigarse para el aditivo que se halla seleccionado. Es posible redosificar el concreto y obtener otra vez la trabajabilidad deseada. Sin embargo para la generalidad de los aditivos no es aconsejable esta práctica, Referencia (1), además, esto puede incrementar el costo de la revoltura en forma considerable, por lo que se recomienda, colar el concreto tan pronto como sea posible después de su primera dosificación.

No obstante, existen antecedentes de que se ha logrado prolongar hasta en dos horas la trabajabilidad del concreto mediante la redosificación para un aditivo en particular, Referencia (2).

Una práctica para aumentar la duración del efecto del aditivo en el concreto, consiste en detener la mezcladora y arrancar justamente antes del colado del concreto, ya que, un mezclado continuo produce una mayor reversión en la trabajabilidad del concreto.

Se recomienda que los superfluidizantes se adicionen en dosis no menores al 0.8% del contenido de cemento, con el fin de lograr una distribución rápida y uniforme dentro de la mezcla.

En general, los aditivos superfluidizantes, pueden utilizarse en dos formas:

- a) Para mejorar la trabajabilidad del concreto.
- b) Para obtener un concreto con un revenimiento dado y además una elevada reducción en el contenido de agua.

Para mejorar la trabajabilidad del concreto.- En este caso el concreto de revenimiento normal, se convierte en un concreto fluido, el cual posee un revenimiento de 20 cm ó mayor, un factor de compactación de aproximadamente 0.98 y un valor de fluidez en el intervalo de 51 a 62 cm.

Para reducir el contenido de agua.- En una mezcla de concreto se puede obtener el revenimiento deseado, utilizando un superfluidizante y reduciendo considerablemente la cantidad de agua que de otra manera sería requerida para ese revenimiento.

Los métodos (en el orden de uso común) para medir la trabajabilidad se indican a continuación; se proporcionan además algunos valores típicos de la fluidez alcanzada en el concreto superfluidizado. Cada método, dependiendo de la norma a utilizar, presenta variaciones por lo que para una descripción completa deberá consultarse a la referencia.

1. Revenimiento (20 cm o más)
2. Fluidez Radial (51 a 62 cm)
3. Factor de Compactación (0.96 a 0.98)
4. Tubo de Caída

El revenimiento y el factor de compactación se miden en la forma usual de acuerdo con las Normas ASTM y con las Normas Británicas (BS) 1881 2a. parte. En Europa comúnmente se utiliza el método de la mesa de fluidez especificado en la Norma Din 1048 (1972) 1a. sección, cláusula 3.1.2. Se menciona aquí, una versión modificada de aquel método.

PRUEBA DE LA MESA DE FLUIDEZ Y SU MECANISMO.

El principio consiste en colocar una determinada cantidad de

concreto en una superficie lisa, la cual recibe una vibración normal (perpendicular).

Después de la vibración, la fluidez radial se mide con una regla. Referencia (3).

TUBO DE CAIDA.

Se llena el tubo de caída con concreto, mientras el extremo inferior está cerrado con una tapa, la cual, tiene una válvula para purga. Se abre rápidamente la tapa y se deja fluir el concreto bajo la presión hidrostática de la columna de concreto en el extremo más alto del tubo.

La altura de la columna de concreto que queda en el extremo más elevado del tubo, es la medida de la fluidez. Así, mientras menor es la columna, más fluido resulta ser el concreto. Referencia (1).

A continuación se mencionan algunos problemas mas o menos comunes en el concreto fresco que pueden resolverse utilizando aditivos superfluidizantes.

CORRECCIONES A LA CONSISTENCIA.

La consistencia es un criterio para medir la trabajabilidad del concreto fresco. Inmediatamente después de mezclar, la consistencia puede cambiar inesperadamente, por una hidratación súbita del cemento ó pérdida de agua. Este fenómeno puede

deberse, a una fuerte evaporación, a la absorción del agua por las cimbras, o al uso de agregados porosos. En estos casos, o cuando el concreto se ha transportado o almacenado por períodos prolongados, es necesario, tomar en cuenta la consistencia. El cambio de la trabajabilidad puede complicar el transporte y la colocación. Esto produce problemas más o menos serios en la calidad del concreto.

La experiencia ha demostrado, (principalmente en concreto premezclado) que la consistencia debe corregirse con frecuencia hasta el momento mismo en que el concreto sea colado. Esto se logra, añadiendo agua a la mezcla, lo que trae consigo, una marcada pérdida en la calidad del concreto, a menos que, el contenido del cemento se incremente también en proporción a la relación agua/cemento.

Puede mejorarse la trabajabilidad de un concreto que ha perdido su consistencia, aumentando su fluidez, mediante la adición de un aditivo superfluidizante, sin necesidad de hacer correcciones a la relación agua/cemento.

La figura (2) muestra, para tres mezclas de diferente fluidez inicial, el incremento en la misma para diferentes porcentajes de aditivo en peso de cemento, para un aditivo superfluidizante de la categoría A.

La fluidización del concreto fresco, por medio de un aditivo de los mencionados, no produce cambios significativos en la relación agua/cemento y como consecuencia, las propiedades del concreto endurecido no sufren variación alguna resultando un concreto de calidad uniforme. Muchos superfluidizantes pueden mezclarse en el concreto fresco como el agua. La selección del tiempo de mezclado para obtener una distribución uniforme, se hace normalmente mediante una inspección visual.

El concreto de alta calidad, se caracteriza por su relativa alta densidad y alta resistencia; se produce con una mezcla con relación agua/cemento baja y, por lo general, resulta tener una consistencia dura, lo que conduce a un uso intenso de los vibradores para proporcionar la compactación que se requiere.

Por medio de los aditivos superfluidizantes, es posible mejorar la compactabilidad del concreto. Más aún, este método ayuda a disminuir la relación agua/cemento y lograr una marcada mejoría en la calidad del concreto.

Los requerimientos establecidos para concretos de alta calidad, pueden satisfacerse más fácilmente cuando se usan los superfluidizantes. El concreto de alta calidad, puede lograrse en el sitio de aplicación, así como también, en las plantas premezcladoras.

La figura (3) muestra, para un aditivo tipo A, la reducción en por ciento de la cantidad de agua con respecto a la cantidad de aditivo en por ciento del peso de cemento para una mezcla dada. Cuando se requiere una alta trabajabilidad por especificación, puede obtenerse una notable disminución en la relación agua/cemento, sin ninguna pérdida de la trabajabilidad. Esta propiedad resulta útil, especialmente para la resistencia a edades tempranas en el concreto. Por ejemplo, cuando se usa un superfluidizante, es posible que a una edad de 24 horas el concreto doble su resistencia con respecto al concreto de control de igual trabajabilidad.

Debe mencionarse el hecho de que todos los aditivos superfluidizantes, generalmente, retardan el tiempo de fraguado inicial aproximadamente de 3 a 4 horas. Esta propiedad del superfluidizante puede considerarse benéfica o perjudicial de acuerdo con los requerimientos de una obra en particular.

Los concretos con superfluidizante, agregados de peso normal y baja relación agua/cemento, tienen las mismas propiedades de bombeo que las que normalmente se logran para concretos de alto revenimiento. Los concretos ligeros, cuando se les agrega un superfluidizante, tiene propiedades de bombeo superiores que los concretos ligeros de alto revenimiento. Puede ocurrir, sin embargo, una pérdida mayor del revenimiento en concretos ligeros, debido a la absorción de los agregados bajo presión cuando el

revenimiento de la mezcla base es menor de 15 cm.

La figura (4A y 4B) muestra el revenimiento de un concreto normal y un concreto fluidizado usando un aditivo de la categoría B. El concreto incrementó su revenimiento aproximadamente en 8 cm con una adición de 0.5 a 0.6% del superfluidizante en peso de cemento, tanto en el concreto normal como en el concreto ligero.

Cuando se bombea concreto fluidizado y concreto normal, las pérdidas en el revenimiento resultan mayores en el concreto fluidizado que en el concreto normal. Por otra parte, el bombeo acelera la pérdida de revenimiento con respecto a las mezclas que no se someten a éste proceso.

La figura (5) y la figura (6) muestran la comparación de las presiones que se generan cuando se bombea concreto a diferentes distancias a una velocidad de 40 m³/hr para concreto normal y concreto fluidizado. La figura (7A y 7B) muestra para mezclas con diferente revenimiento, la presión que se presenta antes y después de añadir un aditivo de la categoría B, cuando se bombea a una velocidad de 40 m³/hr a una distancia de 109 m en horizontal; el diámetro del tubo es de 5 pulgadas. La reducción en la presión de bombeo para un concreto normal, con un revenimiento base de 12 cm y con una adición de 0.4 a 0.8% por peso de cemento de un superfluidizante de la categoría B, se encontró entre 25 y 35% menor a la del concreto de control. Mientras que la reducción en la presión para concreto ligero, con un revenimiento base de 15 a 18 cm y posteriormente aumentado

mediante un aditivo fue de 10 a 20% Referencia (1).

Las figuras (8A y 8B) muestra la relación entre el aumento de presión, la velocidad de bombeo, y el revenimiento inicial y final para concreto normal y fluidizado, cuando se le agrega un aditivo de la categoría B. Los datos indican resultados de bombeo similares en el caso de presiones de bombeo. El incremento a la resistencia al bombeo fue menor en el caso de concreto superfluidizado cuando se incrementan las cantidades bombeadas, especialmente en el caso de concreto normal, en comparación con los concretos ligeros.

La discrepancia entre la propiedades del concreto ligero y el concreto normal, pueden atribuirse a la absorción de los agregados bajo presión.

Es importante mencionar que, en teoría, una relación agua/cemento de aproximadamente 0.27 resulta adecuada para la hidratación del cemento y cualquier contenido de agua que excede esta relación disminuye la resistencia a la compresión que se puede lograr. Por ejemplo, una relación correcta de cemento, agregados y condiciones de curado, puede producir un concreto que tenga una resistencia a la compresión de 979 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 112 kg/cm². Es por lo tanto, desafortunado, que la mayoría de las prácticas comunes de colocación de concreto, piden un nivel de trabajabilidad que normalmente es imposible obtener sin adición de una poca y en ocasiones de bastante agua por encima del requerimiento teórico, reduciendo de esta manera, la resistencia posible.

El incremento del contenido de cemento, para lograr una alta resistencia a temprana edad, puede producir calor excesivo, ocasionando agrietamiento y una contracción indeseable. El incremento de cemento por sí sólo, no es tan recomendable como una reducción en la relación agua/cemento para lograr el mismo fin, es decir, una alta resistencia a temprana edad.

Resulta claro que cualquier medio que se emplee para reducir esta relación, más apegadamente al nivel teórico, es deseable, siempre que se conjuguen con prácticas apropiadas de colocación del concreto. Se afirma que los aditivos superfluidizantes pueden satisfacer este requerimiento, a pesar de que se presentan limitaciones debidas a la finura del cemento, al agregado y la temperatura.

Existe poca información cuantitativa referente al efecto del concreto fluido sobre las presiones que ejerce en las cimbras. Para muros y columnas, éstas deben diseñarse para soportar una presión hidrostática completa, y además, una sobrecarga de impacto de 102 kg/cm² cuando el concreto sea descargado libremente desde una altura de 2 m o más Referencia (3). También cuando se construyan aberturas dentro de las cimbras con el objeto de limpiarlas con aire comprimido, debe tenerse especial cuidado en asegurar que sus cubiertas estén bien ancladas en dichas cimbras.

El porcentaje de producción del concreto de alta calidad, con respecto al concreto de calidad ordinaria, se ha incrementado

rápidamente en años recientes y se espera un incremento mayor en un futuro próximo. Cuando se adopten los superfluidizantes en la producción de concreto de alta calidad, no será necesario usar cemento y agregados de diferente calidad que los usados actualmente. Cuando se usa un superfluidizante para disminuir el contenido de agua en el concreto, conservando al mismo tiempo una trabajabilidad deseada, es posible, obtener una reducción en el contenido de agua un 20 a 33% comparado con un 15 a 16% cuando se usan plastificantes normales Referencia (1).

En el diseño de concreto superfluidizado, pueden seguirse ciertas guías generales. Sin embargo, un diseño óptimo puede ser muy diferente para regiones con diferente tipo de agregado, cemento, materiales puzolánicos y materiales ultrafinos de que se disponga. Es indispensable que en cada región el diseño y refinamiento final de las revolturas se realice en laboratorios de investigación y desarrollo competentes, antes de que se apruebe el uso de concretos superfluidizados para uso estructural.

Las técnicas para producir concreto con una relación agua/cemento baja, con el objeto de obtener una alta resistencia, o de mantener la trabajabilidad adecuada con un bajo contenido de agua, se iniciaron en Japón, a fines de los sesentas utilizando un aditivo de la categoría B. Debe notarse que en Japón es común utilizar concreto con grandes contenidos de arena y altos revenimientos para la construcción en general, ya que, por su localización geográfica, son frecuentes los temblores y terremotos. Por esta razón los edificios contienen gran cantidad

de acero de refuerzo, lo que dificulta la colocación del concreto convencional. Los superfluidizantes se utilizan para producir mezclas apropiadas para esta aplicación, manteniendo un revenimiento entre 18 y 20 cm con un revenimiento inicial entre 5 y 7 cm.

Existen muchas experiencias en Japón en cuanto al uso de un aditivo de la categoría B. Este tipo en particular, difiere de los otros de esta categoría en que posee un peso molecular más elevado, por lo que, se considera de propiedades únicas.

Los proveedores afirman que todos los tipos de aditivos superfluidizantes poseen la capacidad de reducir el contenido de agua.

En Alemania, a partir de 1973 aproximadamente, se empezó a utilizar un aditivo de la categoría A y su uso ha continuado desde entonces en Francia, Bélgica e Italia.

A partir de 1974, se despertó en México el interés por esta técnicas y actualmente se cuenta con muchas estructuras en las que se ha empleado un aditivo del tipo de los superfluidizantes.

3. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

La adición de superfluidizantes en una mezcla de concreto puede afectar las propiedades del concreto endurecido, tanto a corto como a largo plazo. Las propiedades más importantes se presentan a continuación.

1. Desarrollo de la resistencia.
2. Deformación debida a cargas y aspectos de la fluencia.
3. Durabilidad.
4. Contracción.

Desarrollo de la resistencia.- para probar la resistencia se hicieron dieciocho revolturas de concreto, con cemento normal tipo I y se distribuyeron como se menciona a continuación. Seis de ellas se destinaron a revolturas de control. A otras seis, se les añadió superfluidizante de tipo C de una sola muestra cuya dosificación varió entre 1 y 2.5% del contenido de cemento de cada mezcla. Las otras seis revolturas, se utilizaron para comparar la resistencia cuando se daba al concreto el revenimiento obtenido con superfluidizante pero agregando solo el agua necesaria.

A partir de cada revoltura, se colaron ocho cilindros de 102 x 203 mm (4 x 8 pulgadas) colados en tres capas, compactando cada capa con varilla para determinar la resistencia de los cilindros a los tres, siete, catorce y veitiocho días, utilizando dos cilindros cada vez. Para cada tres revolturas, se mantuvo

constante la cantidad de cemento, y se varió el revenimiento, primero, obtenido el testigo de 5 cm de revenimiento aproximado. A la segunda mezcla, partiendo del testigo se le añadió superfluidizante hasta obtener un revenimiento de 18 cm y en la tercera mezcla, utilizando el mismo contenido de cemento se incrementó el revenimiento hasta 18 cm utilizando un mayor contenido de agua. En esta mezcla se añadió un contenido de finos extra para obtener una plasticidad uniforme. Las cantidades de cemento por M3 ensayadas fueron 250, 290, 330, 410 y 450.

Los concretos se hicieron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería (UNAM). El tiempo de mezclado se realizó como se describe a continuación.

1. Se hizo funcionar la revolvedora conteniendo los agregados y el cemento durante tres minutos, suministrando la cantidad de agua necesaria para obtener el revenimiento requerido.
2. Se dejó reposar la mezcla por 5 minutos para dar oportunidad a que se presentara el fraguado falso.
3. Después, se mezcló durante otros tres minutos para romper el fraguado falso y ajustar el revenimiento de la mezcla.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

CEMENTO.- Se utilizó cemento Portland normal tipo I.

AGREGADOS.- Se utilizó como agregado grueso, andesita típica del Valle de México, el agregado fino fue del mismo material. El agregado grueso se cribó en una malla del número 4, desechando el material que pasó por dicha malla. El agregado fino, se cribó

también desechando el material retenido en la malla número 4. Las propiedades del material se muestran en la tabla 1.

ADITIVO.- Se utilizó un superfluidizante fabricado a partir de lingsulfonato modificado por una firma mexicana. La dosificación recomendada por el fabricante para obtener un revenimiento de 15 cm para una mezcla de un revenimiento inicial de 5 a 7 cm y con agregados de los que se obtienen en el Valle de México fue de 350 cc por saco de cemento. El procedimiento utilizado para el proporcionamiento de la mezcla fue con base en los volúmenes de materiales y se describe ampliamente en la Referencia (4).

Los resultados de estas pruebas se muestran esquemáticamente en las figuras (9) a (14): En la figura (9) se muestran los resultados para una mezcla conteniendo 250 kg/m³ de cemento. Se aprecia hasta los 7 días poca diferencia en la resistencia del concreto con superfluidizante (revenimiento = 18 cm) y la muestra de control (revenimiento = 5 cm) a partir de los 7 días, esta diferencia se acentúa siendo la resistencia en la muestra con aditivo superior en 20 Kg/cm² a los 14 días en lo sucesivo la diferencia se reduce, siendo siempre superior la resistencia en la muestra de prueba que en la muestra de control.

En la figura (10) se aumentó el contenido de cemento hasta 290 Kg/m³, en esta figura se observa a los 3 días que la resistencia de la muestra de prueba es superior a la muestra de control en 45 Kg/cm² a los 7 días en 70 Kg/cm² a los 14 días en 30 Kg/cm² y a los 28 días en 5 Kg/cm². Hasta los 28 días se observa siempre que

la resistencia de la muestra de prueba es superior a la muestra de control, que la resistencia en la muestra de control obtenida a los 7 días se había alcanzado a los 3 días en la muestra de prueba y la de 14 días se obtenía aproximadamente a los 9 días.

En la figura (11) el contenido de cemento se aumentó a 330 Kg/m³ en estas pruebas se obtuvieron resistencias mayores en la muestra de control comparadas con la resistencia de la muestra de prueba, siendo la diferencia mayor en 25 Kg/cm² a los 3 días y siempre la resistencia en la muestra de control fue superior a la que se obtiene con revenimiento de 18 cm, aumentando el contenido de agua en la revoltura.

En la figura (12) se aumentó el contenido de cemento a 370 Kg/m³. A los 3 días la resistencia en la muestra de prueba es superior a la muestra de control en 25 Kg/cm², a los 7 días la muestra de control aumentó su resistencia por encima de la muestra de prueba en 20 Kg/cm² y mantuvo esta diferencia a los 14 días, a los 28 días la diferencia era tan solo de aproximadamente 5 Kg/cm² y superior en la muestra de control.

En la figura (13) para mezclas con contenido de cemento de 410 Kg/m³ se obtuvieron resistencias superiores en la muestra de prueba a los 3, 7 y 14 días la máxima diferencia fue de 55 Kg/cm² y se presentó a los 3 días. A los 23 días, aproximadamente, las gráficas muestran resistencias iguales en la muestra de control y en la muestra de prueba, a los 28 días la resistencia en la muestra de control era superior a la muestra de prueba en 15 Kg/cm².

La figura (14) muestra las resistencias de cilindros de concreto con contenido de cemento de 450 Kg/m³ la muestra de prueba tiene una resistencia menor que la muestra de control siendo la diferencia máxima de 30 Kg/cm² y se presenta a los 7 días, pero siempre es superior a la muestra con revenimiento de 18 cm.

De estas pruebas se concluye que cuando se utilizan superfluidizantes con una relación agua/cemento constante no existe ningún efecto adverso en la resistencia del concreto hasta los 28 días y que la resistencia sigue siendo dependiente de la relación agua/cemento en la misma proporción en que se tiene para el concreto normal.

Es posible suponer que el agua incluida en el superfluidizante y por lo tanto, adicionada con ellos, acarrea consigo una reducción en la resistencia del concreto. Sin embargo, hasta niveles altos de dosificación, esta adición del agua excede muy rara vez al 3% del agua total incluida, causando poco cambio en la relación agua/cemento y por lo tanto ninguno en la resistencia.

DEFORMACION DEBIDA A CARGA Y ASPECTOS DE LA FLUENCIA.- En este aspecto, se dispone de información para concreto fluidizado elaborado con piedra caliza y grava, conteniendo un aditivo de la categoría B. Esta información se muestra en la figura (15). Los datos relativos a la muestra típica utilizada para esta prueba se proporcionan en la tabla (2).

Las resistencias se obtuvieron a partir de cilindros de 15 x 30 cm elaborados y después curados en bolsas de polietileno. A los

28 días se aplicó a los cilindros una carga de compresión a un 20% de su resistencia a compresión, bajo condiciones de temperatura ambiente y con una humedad relativa de aproximadamente 65%. La deformación se midió por un período de tiempo mientras el esfuerzo aplicado se mantuvo al 20% de la resistencia a la compresión. Estos resultados se corrigieron por contracción y deben representar la verdadera fluencia. Se observa, que este tipo de superfluidizante, no tiene ningún efecto significativo en la fluencia del concreto.

DURABILIDAD.- Existe información sobre la permeabilidad de la superficie, usando la prueba de absorción superficial inicial y sobre la respuesta a los ciclos de congelación y deshielo para concreto fluido elaborado con aditivos de la categoría A y B.

Esta información se presenta como a continuación se describe.

Absorción superficial inicial.- Los resultados típicos se presentan en la tabla (3). Estas pruebas indican que existe un incremento marginal en la impermeabilidad superficial del concreto fluido, en comparación con el concreto control.

Pruebas de congelamiento y deshielo.- El método utilizado, se basó en la Norma Británica (BS) 73-10487 propuesta para concreto con aire incluido. También se llevaron a cabo, pruebas basadas en las normas del Departamento de Carreteras de Ontario utilizando soluciones salinas, los dos métodos se describen previamente a continuación.

Norma Británica.- Se fabricaron vigas de 7.5 x 7.5 x 22.5 cm con

marcas de referencia en sus extremos para medir la dilatación. Las vigas, se curaron a 20 grados Centígrados por 28 días y después, se sometieron a pruebas de congelación de 16 horas y de deshielo de 8 horas durante la prueba 60 ciclos en total. El aumento de la longitud, se expresó como porcentaje de la longitud original a 20 grados Centígrados en húmedo. Los resultados se presentaron en la figura (16).

Pruebas del Departamento de Carreteras de Ontario.- Se curaron vigas similares a las anteriores, primero bajo el agua durante 14 días y después al aire hasta completar un total de 27 días de edad, cuando fueron sometidas a la prueba. Los ciclos de congelación y deshielo se llevaron a cabo por un período de 60 ciclos igual que para la prueba descrita anteriormente, con una solución de Cloruro de Sodio al 3%. Los resultados se muestran en la figura (17).

La temperatura de refrigeración en todos los casos fué durante la noche, deshielando en el agua hasta aproximadamente 20 grados Centígrados.

Ambos métodos para los ciclos de congelación y deshielo muestran que el concreto de alto revenimiento, conteniendo un superfluidizante de la categoría B, resulta superior en cuanto a su resistencia a los ciclos de congelación y deshielo en comparación con el concreto de control, Referencia (3).

RESISTENCIA A LOS SULFATOS.-No existe ninguna razón para suponer que la incorporación de un superfluidizante pueda perjudicar la

resistencia a los sulfatos de un concreto elaborado con cemento Portland ordinario resistente a los sulfatos, siempre que se mantenga la relación agua/cemento a nivel constante.

CONTRACCION.- La información disponible, corresponde principalmente a los aditivos de las categorías A y B y las indicaciones señalan que ninguno de estos materiales tiene algún efecto significativo en la contracción por secado del concreto. Algunos resultados que se muestran en la figuras (18) y (19) confirman lo anteriormente expuesto, Referencia (3).

También se han realizado pruebas para medir la contracción por secado inicial y la expansión por humedecimiento (ver Norma Británica (BS) 1881, parte 5a.) las cuales han indicado que, cuando se utilizan los superfluidizantes de la categoría A con una relación agua/cemento constante reducen la contracción en aproximadamente 20 a 30%, en comparación con la mestra de control, Referencia (3).

Como regla general, las propiedades del concreto endurecido para un concreto superfluidizado, incluyendo resistencia, impermeabilidad, resistencia a congelamiento y deshielo serán iguales a las del concreto inicial.

4. APLICACIONES

AREAS DE APLICACION.

En aquellos casos donde se requiere una alta trabajabilidad, podrá usarse un concreto superfluidizado sin que se originen efectos adversos. Sin embargo, se mencionan aquí sus aplicaciones particulares:

1. En la colocación de concreto con vibración reducida, o donde hay gran congestionamiento de acero de refuerzo, también en áreas de difícil acceso. Con el uso del concreto fluido, puede evitarse la necesidad de cortar o adaptar las cimbras para lograr el acceso del vibrador al área de colocación del concreto.
2. Cuando se requiere capacidad para colocar concreto rápida y fácilmente y sin vibración en áreas limitadas, losas de piso, cubiertas de techo y otras estructuras similares.
3. Cuando se requiere bombear concreto rápidamente. Los resultados indican que cuando se utiliza concreto superfluidizado, se originan menos problemas de operación y generalmente se obtiene un rendimiento mayor del equipo. La combinación de la cohesividad y de la facilidad de colocación resulta muy adecuada para el bombeo.

Los superfluidizantes se han utilizado en por lo menos una ocasión para colocar concreto bajo el agua, empleando una bomba Putzmeister, Referencia (3). Una mezcla típica en esta aplicación, se presenta a continuación:

CEMENTO	386 Kg/m ³
GRAVA (20-25 MM)	50 %
FINOS	50 %
ADITIVO	Categoría A (Revenimiento inicial = 7.5 cm)

El concreto fue bombeado 20 m horizontalmente y 20 m verticalmente hacia abajo. Después de la colocación, el concreto se niveló satisfactoriamente, facilitando el trabajo de los buzos mucho más que si se hubiera utilizado mezclas tradicionalmente colocadas con un revenimiento de 12.5 cm.

4. En las colocaciones del concreto por medio de un tubo Tremie (tubo embudo), particularmente en Obras Submarinas, sin más ayuda que la habilidad para esparcir el concreto a 5 ó 6 m desde el punto de descarga, el concreto superfluidizado proporciona una gran ventaja sobre los concretos tradicionalmente diseñados para colocarse por medio del tubo Tremie.
5. En los casos donde se requiere facilitar la producción de superficies de concreto uniformes y compactas.

En la misma forma en que se han mencionado las áreas donde el uso del concreto fluido puede ser benéfico, a continuación, se mencionan aquellos casos en que realmente no se obtiene beneficio alguno.

1. Cuando normalmente se utilizan métodos lentos de colocación del concreto; por ejemplo: Malacata y Carretilla.
2. Si la pendiente donde va a colocarse el concreto excede el 3% a la horizontal.
3. Cuando se requiere tixotropía más que trabajabilidad, por ejemplo en el concreto extruído.
4. En aquellas situaciones en donde puede obtenerse una alta trabajabilidad agregando agua, sin que se presenten efectos adversos subsecuentes; por ejemplo, en concreto al vacío, prensado de losas y torneado de tubos.

EXPERIENCIAS EN MEXICO.

Se reproducen aquí los párrafos de la Referencia (2) que mencionan algunas estructuras notables por el volumen de concreto utilizado en ellas, erigidas en la República Mexicana y en las que se usaron superfluidizantes.

En en Aeropuerto de la Ciudad de México se efectuaron diversas obras, siendo las más notables, tres plataformas para aviones y los cimientos del edificio del centro de mantenimiento de Mexicana de Aviación. El total de concreto superfluidizado en estas obras asciende a 7,100 m³, la resistencia de las plataformas se especificó en 450 Kg/cm² a la compresión y de 45 Kg/cm² a la flexión con un porcentaje de aire incluido de 4%. El revenimiento inicial del concreto diseñado para cubrir estas especificaciones estuvo entre 4 y 6 cm.

La supervisión y control del concreto estuvo a cargo de SAHOP, sin que hubiera nunca problemas en la obra por fallas debidas a la superfluidización del concreto. El revenimiento se verificó para cada olla llegada a la obra, se agregó aditivo superfluidizante a razón de 1.1 a 1.4%, calculado sobre el peso del cemento. El tiempo de mezclado después de agregar el aditivo, siempre fue de 3 minutos para obtener un revenimiento final entre 15 y 19 cm. También se controló la resistencia a compresión y flexión del concreto. las velocidades de colocación del concreto alcanzadas fueron de 33 m³/hr, lo que para una losa de 0.35 m resulta en una superficie acabada de 94.3 m²/hr; se colocaron tiras de aproximadamente 5 m de ancho.

Después de cuatro horas y media, cuando la superficie del concreto podía resistir la cortadura de juntas, se cortaron las juntas transversales a un sexto de profundidad del peralte. Este procedimiento, aseguró que las fracturas transversales en el concreto acurrieran únicamente en las juntas y no se registraron fisuras en otros lugares de la superficie del concreto.

Se logró un ahorro en tiempo, para terminar la Obra, en total de aproximadamente dos y media veces y la mano de obra que se requirió durante el tiempo efectivo de la Obra se calculó en la mitad de la que hubiera sido necesario emplear, trabajando con un revenimiento inicial de 4 a 6 cm aparte de que el acabado logrado no era comparable con el que se hubiera obtenido para el revenimiento inicial. El análisis de los corazones obtenidos de las losas comprobaron en definitiva, la homogeneidad del concreto tanto en lo que respecta a la distribución de los

agregados como a una distribución uniforme en la piedra de cemento.

En la construcción del edificio Mausoleos del Angel en el que se tenía un revenimiento inicial de 10 cm para llegar a un revenimiento final de 22 cm con la adición de 1.5% en peso de cemento de un aditivo superfluidizante, se colaron trabes, muros y losas colocando 200 m³ de concreto en 6 horas.

En la construcción del Edificio Celanese Mexicana S.A. ubicado en San Angel Inn, México, D.F., también hubo la coordinación de una compañía premezcladora, una firma de bombeo de concreto y un contratista para colar 330 m³ de concreto superfluidizado en 6 horas sin ningún contratiempo, a pesar de las áreas de acceso difíciles para la colocación del concreto.

Al descimbrar estas estructuras, se notó que la apariencia del concreto es de óptima calidad y que no existen oquedades ni otros desperfectos.

En Mazatlán, Sinaloa, se construyeron tres tanques de concreto; el diámetro de cada tanque era de 34 m y su altura de 13 m. En este caso se empleó un superfluidizante como plastificante reductor de agua e impermeabilizante. El sistema de construcción fue el de cimbra deslizante.

La Comisión Federal de Electricidad en la presa "La Angostura" tuvo el siguiente problema: Tubos fuertemente inclinados, colocados dentro de ductos, tuvieron que ser encamisados con concreto, como de ninguna manera se pudo compactar el concreto

alrededor de los tubos por falta de espacio, se optó por hacer un concreto con un revenimiento de 18 cm pero a base de los procedimientos clásicos. A pesar de que utilizaron para lograr el objetivo la cantidad de 540 Kg/m³ de cemento de tipo I, el concreto se fisuró severamente por contracción al enfriar.

Este problema se solucionó preparando un concreto con un contenido de cemento de 384 Kg/m³ y un revenimiento inicial de 7.5 cm por la adición de un superfluidizante; el revenimiento se aumentó hasta 20 cm obteniéndose además la resistencia a compresión deseada.

Debido a la drástica reducción, tanto en el contenido de cemento como en el contenido de agua, se logró un calor de hidratación normal por lo que no se observaron fisuras en el concreto.

5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En las investigaciones de laboratorio, los concretos superfluidizados mostraron grandes aumentos en el revenimiento sin segregación importante aparente. Por lo tanto, concretos de alta resistencia pueden ser colocados en zonas altamente reforzadas e innaccesibles mediante la adición de un superfluidizante. Los concretos superfluidizados, sí pierden revenimiento con el tiempo, y esta es una de las limitantes de mayor importancia en la aplicación de estos aditivos. Sin embargo, estos problemas pueden reducirse considerablemente, añadiendo el aditivo al concreto en el lugar de la obra.

Cuando se incorporan los superfluidizantes al concreto en la dosificación recomendada por el fabricante, la resistencia a la compresión a los 28 días de los cilindros de ensaye colados con concreto superfluidizado, es prácticamente igual a la correspondiente a cilindros colados con la revoltura de referencia.

El gran revenimiento que se logra cuando se añade un superfluidizante a la mezcla, sugiere que concretos de alta resistencia a los que se les han incorporado superfluidizantes se pueden colocar en cimbras sin la necesidad de compactación mecánica, lo que puede resultar en ahorros considerables de tiempo y dinero.

Los superfluidizantes, cuando se utilizan como aditivos reductores de agua de concreto, parecen aumentar la resistencia y propiedades elásticas del concreto en comparación con los

valores obtenidos para el concreto de referencia. Esto se debe muy probablemente a una relación agua/cemento menor en el concreto superfluidizado.

La pérdida progresiva de revenimiento se desarrolla en ambos concretos, en el de control y en el superfluidizado. La pérdida de revenimiento, es proporcional a la cantidad de revenimiento inicial, entre mayor sea el revenimiento inicial, mayor es la pérdida de revenimiento con el tiempo. La rapidez de pérdida de revenimiento es más alta en el lapso de los 40 a 60 minutos, entre un 60 a un 80 % del revenimiento se pierde en 80 minutos.

La rapidez y cantidad de pérdida de revenimiento depende también del tipo de superfluidizante utilizado.

Cuando se agrega en superfluidizante al concreto en las cantidades recomendadas por el fabricante, el revenimiento disminuye hasta el revenimiento inicial de la mezcla de control correspondiente entre los 40 y 100 minutos, dependiendo del revenimiento inicial, temperatura inicial y tipo de superfluidizante utilizado.

Hay una diferencia en la forma en que diferentes superfluidizantes afectan las propiedades del concreto fresco y del concreto endurecido. Sin embargo, la información limitada de los ensayos de la investigación bibliográfica realizada no permite llegar a una conclusión significativa en el aspecto en cuestión.

Generalmente, las investigaciones realizadas en diferentes partes

del mundo confirman los resultados obtenidos entre sí. Debido a que muchas especificaciones cuestionan la adición de superfluidizantes en el sitio de la obra y en general, la incorporación de aditivos a concretos premezclados en el sitio de la obra, se destaca que el problema de pérdida de revenimiento debe ser resuelto si los aditivos superfluidizantes han de ser aceptados por la Industria del Concreto Premezclado.

Debido a la corta duración del efecto fluidizador del aditivo, a los problemas que se generan cuando se transporta concreto con alto grado de revenimiento y a que deben adecuarse los tiempos de colocación de concreto, se recomienda añadir el aditivo justamente antes de iniciar el colado del concreto.

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PARA ELABORAR
PRUEBAS DE RESISTENCIA AL CONCRETO

DENSIDAD DE LA ARENA	2.34 TON/M ³
DENSIDAD DE LA GRAVA	2.33 TON/M ³
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	25 MM
MODULO DE FINURA	2.70
PESO VOLUMETRICO SUELTO DE LA GRAVA	1231 KG/M ³
PESO VOLUMETRICO VARILLADO GRAVA	1319 KG/M ³
PESO VOLUMETRICO SUELTO ARENA	1182 KG/M ³
PESO VOLUMETRICO VARILLADO ARENA	1380 KG/M ³
DENSIDAD DEL CEMENTO	3.15 TON/M ³
TIPO DE CEMENTO.- CEMENTO PORTLAND TIPO I	

TABLA No. 1

PROPORCIONES PARA MEZCLAS DE CONCRETO
CONTENIENDO UN SUPERFLUIDIZANTE
DE LA CATEGORIA B

MATERIAL	AGREGADO DE GRAVA (KG/M ³)		AGREGADO DE P. CALIZA(KG/M ³)	
	CONTROL	FLUIDO	CONTROL	FLUIDO
CEMENTO PORTLAND ORDINARIO	380	360	430	430
AGREGADO GRUESO (20-25mm)	1,170	1,170	1,030	1,055
ARENA	740	748	685	690
ARENA	195	187	233	173

TABLA No. 2

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ABSORCION
SUPERFICIAL INICIAL PARA CONCRETO CONTENIENDO
UN ADITIVO DE LA CATEGORIA B

TIEMPO (MIN)	VALORES DE ABSORCION SUPERFICIAL INICIAL	
	(ML/M ² S x 10 ⁻²) CONTROL	CONCRETO FLUIDO
10	0.51	0.40
30	0.42	0.31
60	0.26	0.20

TABLA No. 3

TIEMPO DE RECUPERACION DEL CONCRETO A SU
TRABAJABILIDAD ORIGINAL EN PRESENCIA DE
DIFERENTES ADITIVOS SUPERFLUIDIZANTES

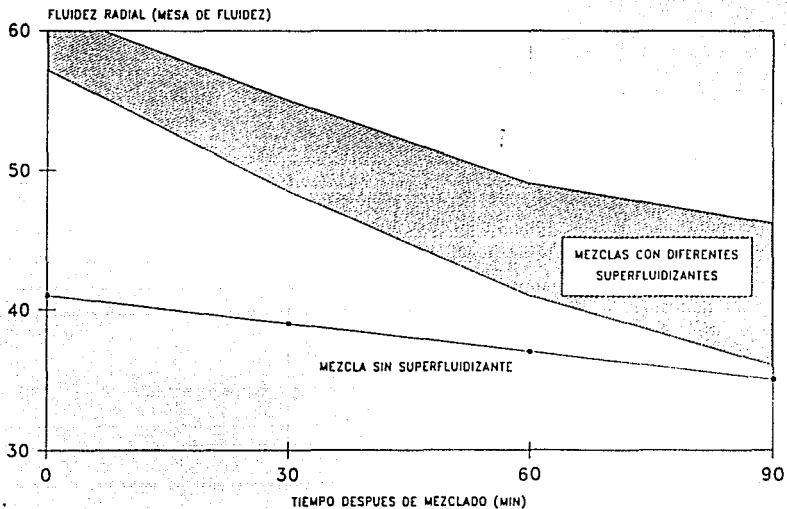


FIG. No. 1

INCREMENTO DE FLUIDEZ EN TRES MUESTRAS
DIFERENTES VARIANDO EL PORCENTAJE DE
ADITIVO A RESPECTO AL PESO DE CEMENTO

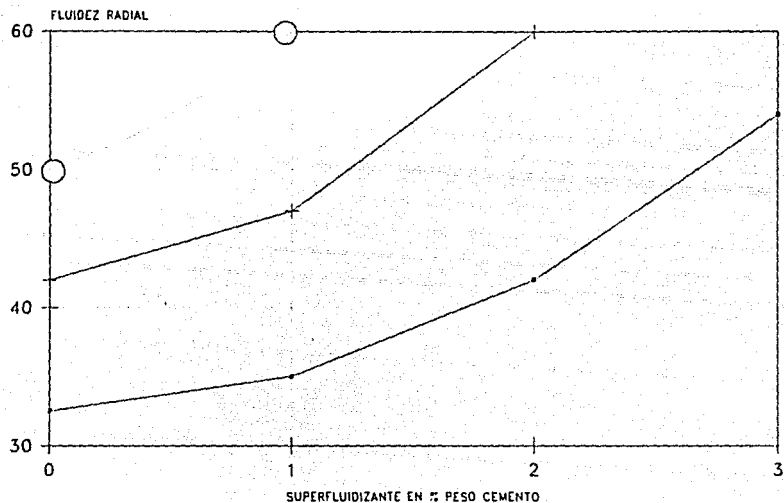


FIG. No. 2

REDUCCION DE AGUA EN % PARA MUESTRA CON
ADITIVO A, VARIANDO CANTIDAD DE ADITIVO
DE 1 A 5% RESPECTO A PESO DE CONCRETO

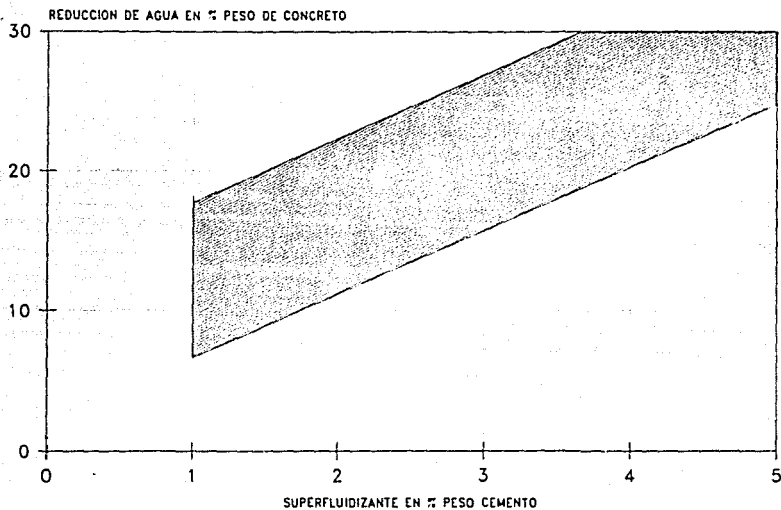


FIG. No. 3

INCREMENTO EN EL REVENIMIENTO PARA
CONCRETO NORMAL CON
ADITIVO SUPERFLUIDIZANTE TIPO B

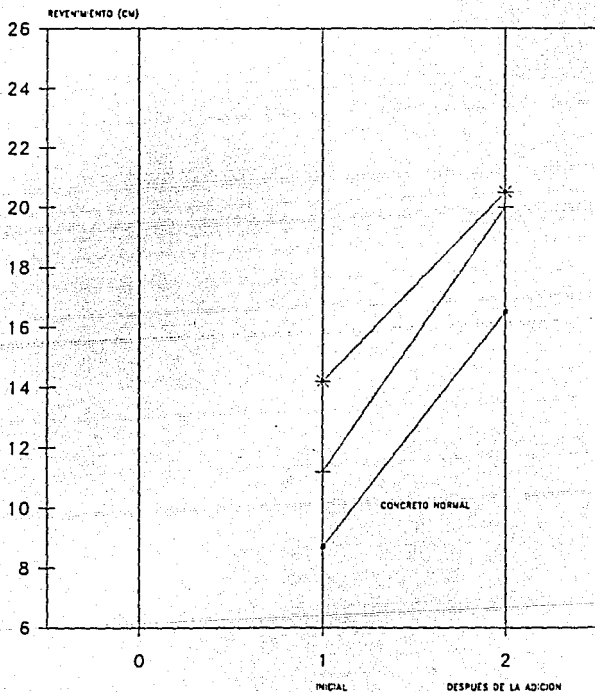


FIG. No. 4A

INCREMENTO EN EL REVENIMIENTO PARA
CONCRETO LIGERO CON
ADITIVO SUPERFLUIDIZANTE TIPO B

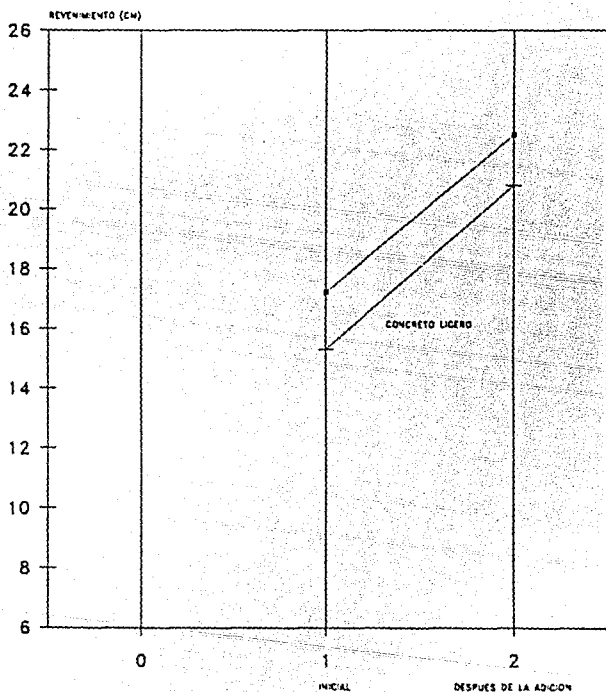


FIG. No. 4B

DISTRIBUCION DE PRESIONES PARA CONCRETO NORMAL

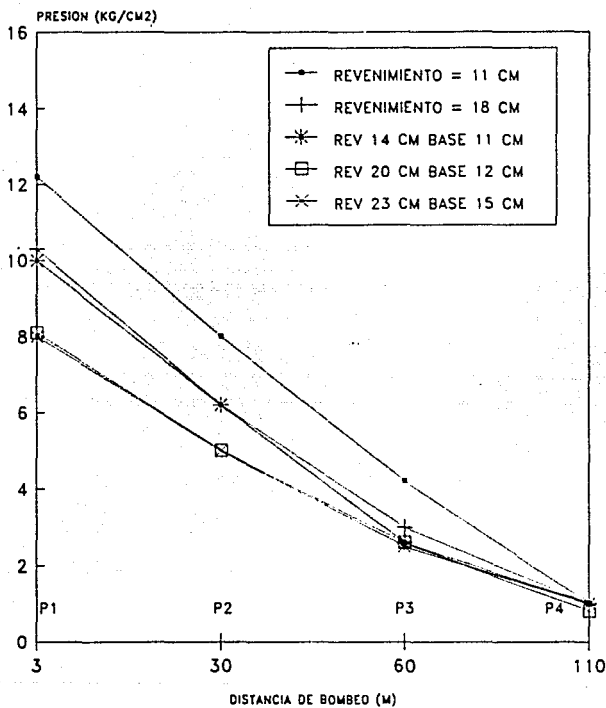


FIG. No. 5

DISTRIBUCION DE PRESIONES PARA CONCRETO LIGERO

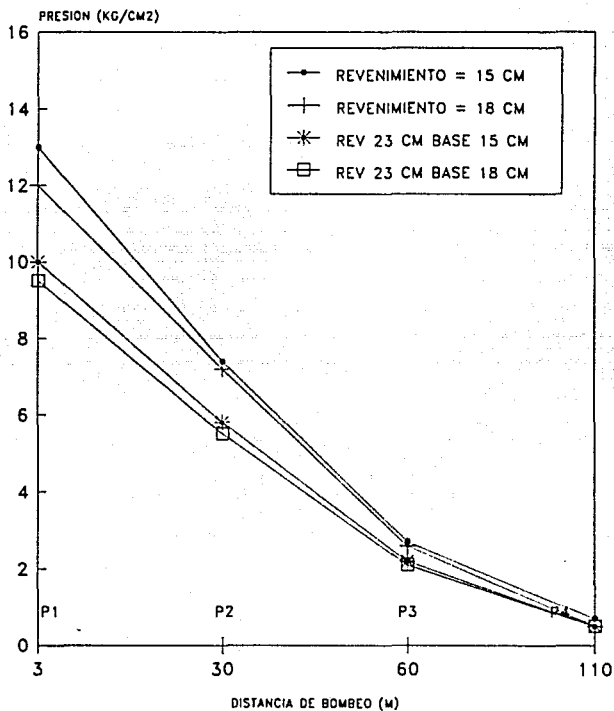


FIG. No. 6

DIFERENCIA DE PRESION ANTES Y DESPUES
DE LA ADICION DE UN ADITIVO TIPO B
PARA CONCRETO NORMAL

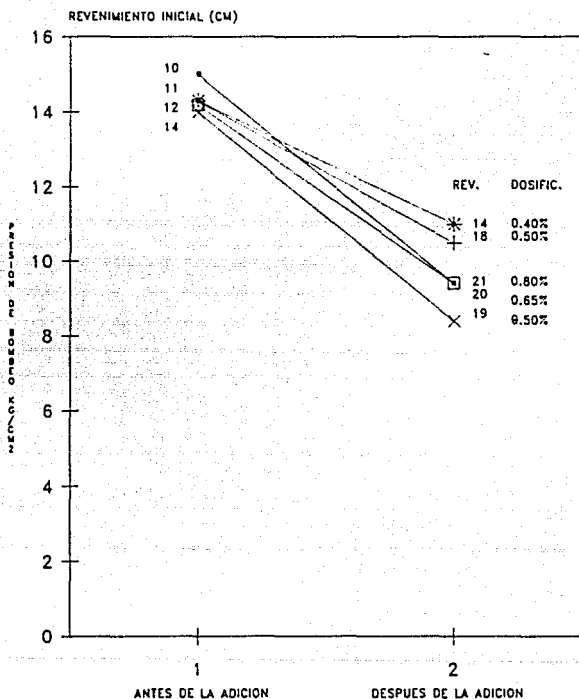


FIG. No. 7A

**DIFERENCIA DE PRESION ANTES Y DESPUES
DE LA ADICION DE UN ADITIVO TIPO B
PARA CONCRETO LIGERO**

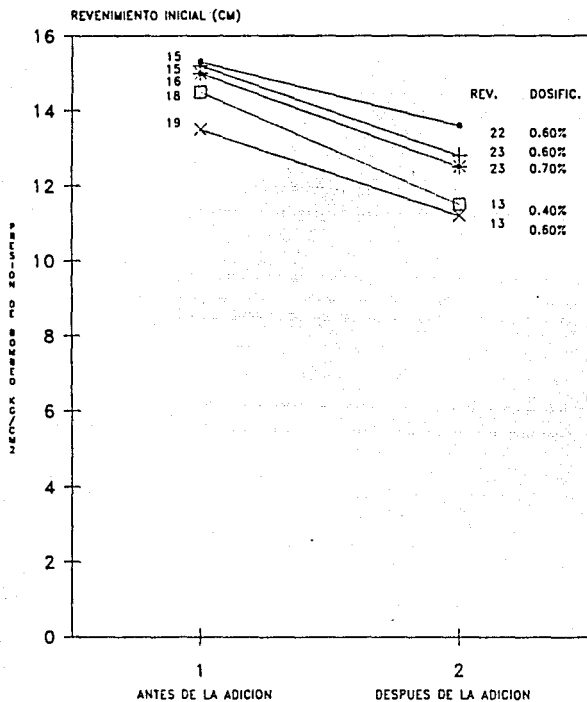


FIG. No. 78

RELACION ENTRE AUMENTO DE PRESION,
VEL. DE BOMBEO, REV. INICIAL Y FINAL
PARA CONCRETO NORMAL Y ADITIVO TIPO B.

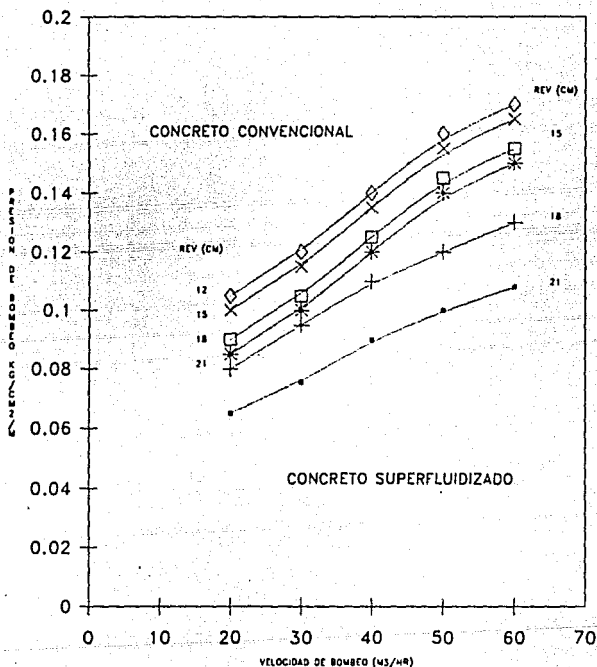


FIG. No. 8A

RELACION ENTRE AUMENTO DE PRESION,
VEL. DE BOMBEO, REV. INICIAL Y FINAL
PARA CONCRETO LIGERO Y ADITIVO TIPO B.

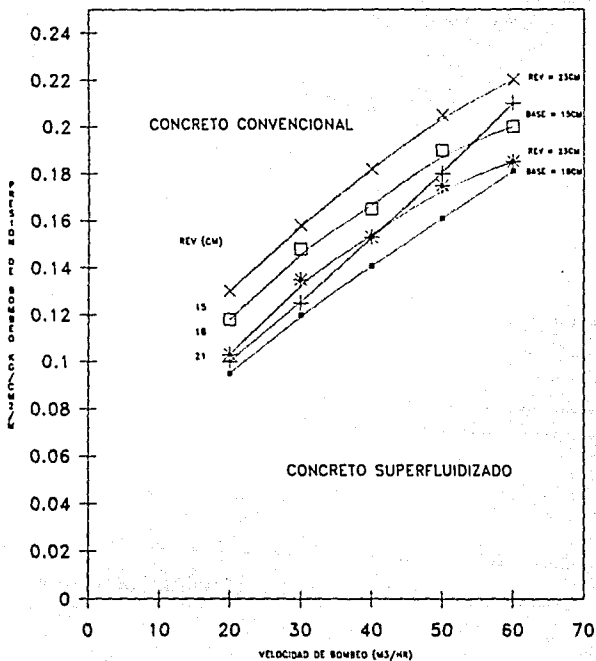


FIG. No. 8B

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 250KG/M³

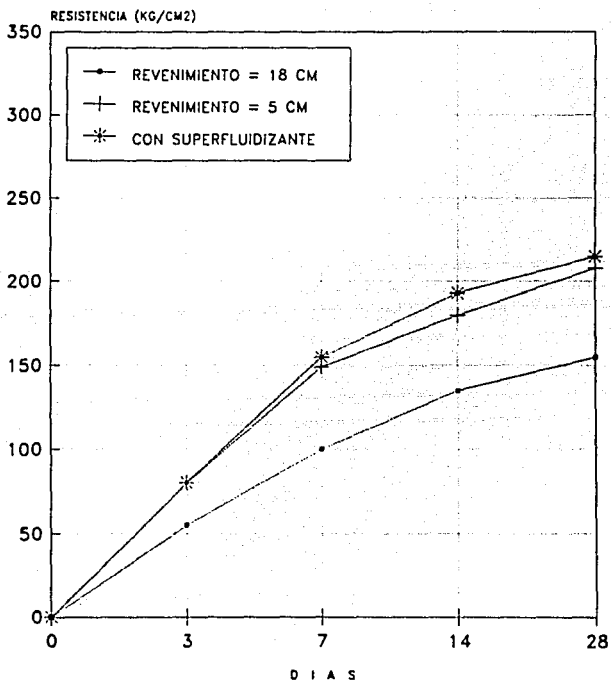


FIG. No. 9

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 290KG/M³

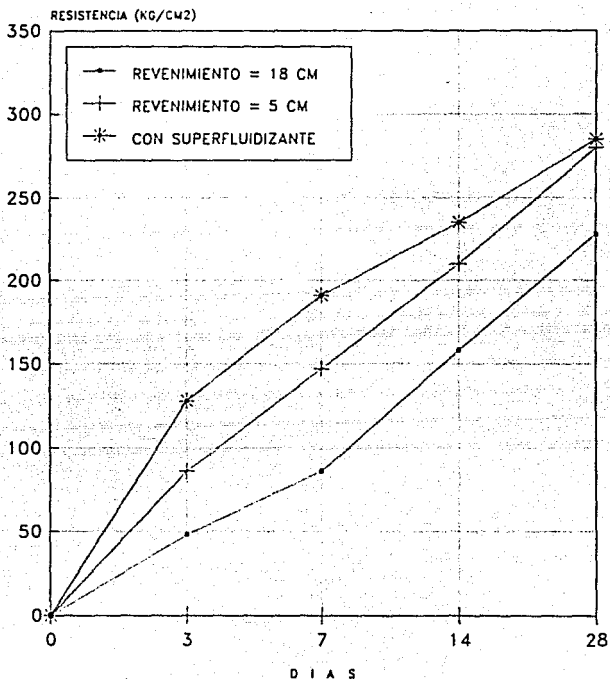


FIG. No. 10

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 330KG/M3

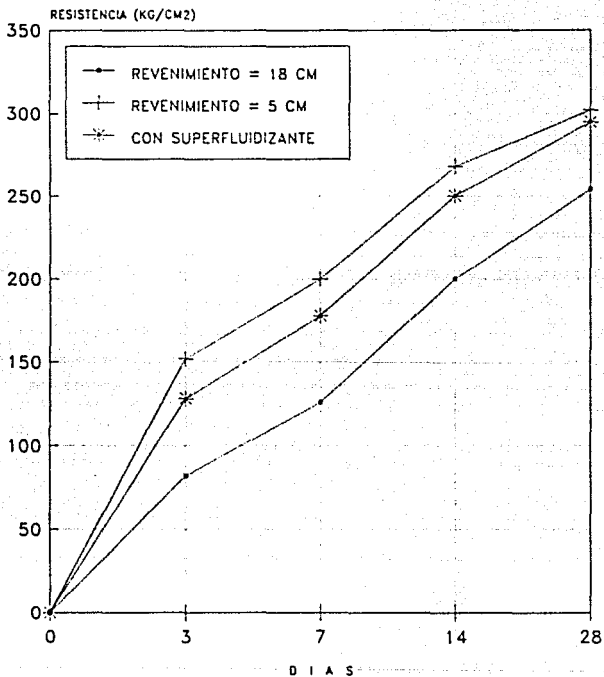


FIG. No. 11

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 370KG/M3

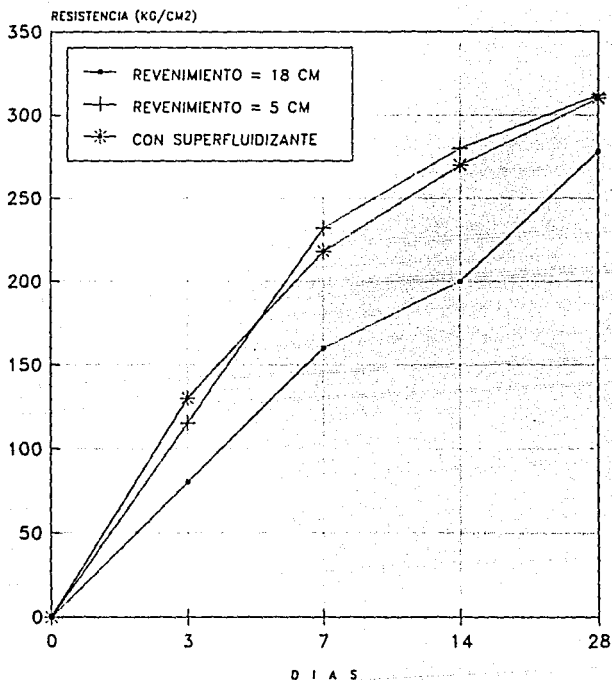


FIG. No. 12

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 480KG/M3

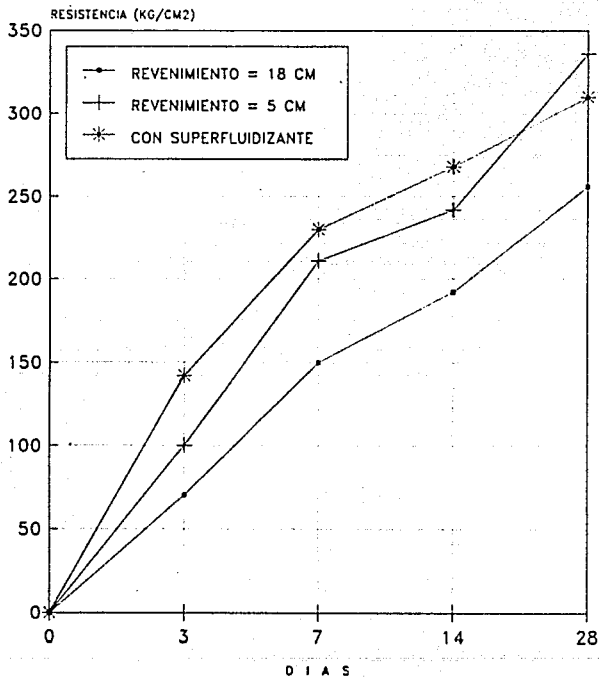


FIG. No. 13

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE
CONCRETO A LOS 3, 7, 14 y 28 DIAS.
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 450KG/M³

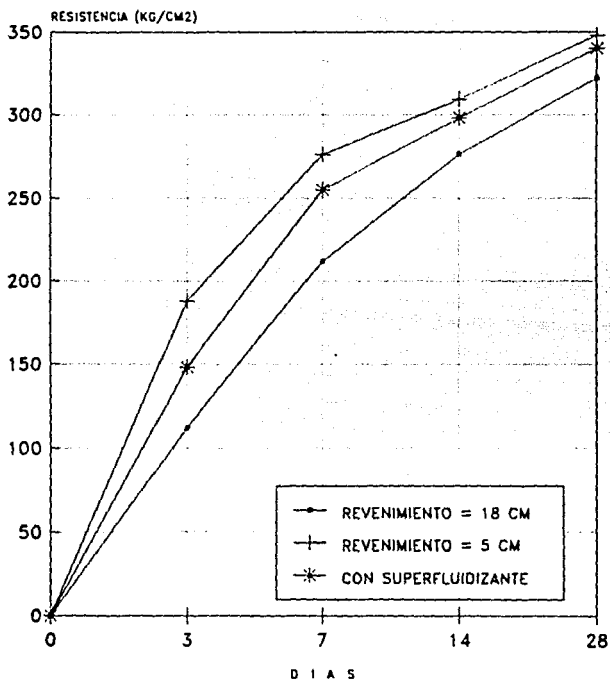


FIG. No. 14

DEFORMACION DEL CONCRETO POR CARGA
 PARA UN CONCRETO CON ADITIVO TIPO B
 PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 450KG/M3

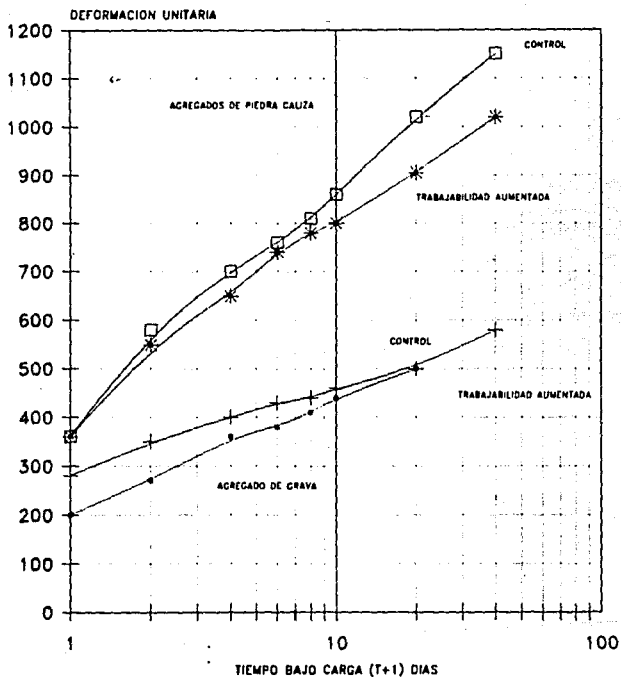


FIG. No. 15

AUMENTO EN LONGITUD DE MUESTRAS SUJETAS
 A 60 CICLOS DE CONGELACION Y DESHIELO
 DIFERENTES ADITIVOS SUPERFLUIDIZANTES

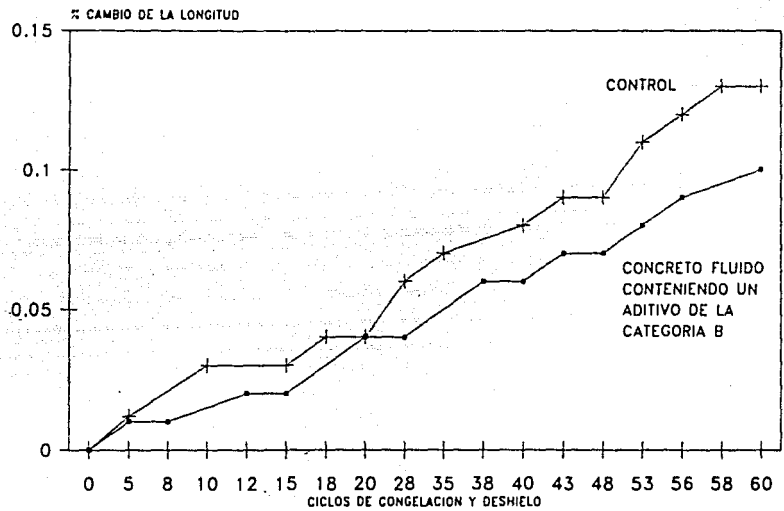


FIG. No. 16

COMPARACION DE RESISTENCIA A DESHIELO Y
CONGELAMIENTO USANDO ADITIVO TIPO B
DIFERENTES ADITIVOS SUPERFLUIDIZANTES

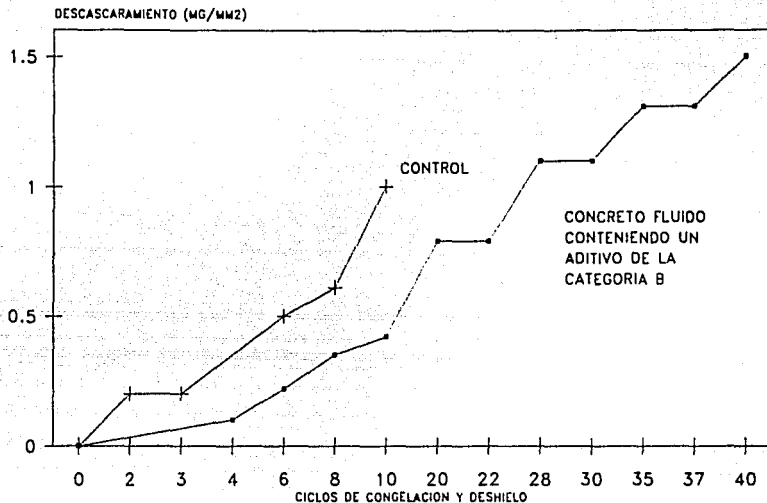


FIG. No. 17

**CONTRACCION DEL CONCRETO CON ADITIVO
TIPO A Y TIPO B
PARA UN CONTENIDO DE CEMENTO DE 450KG/M3**

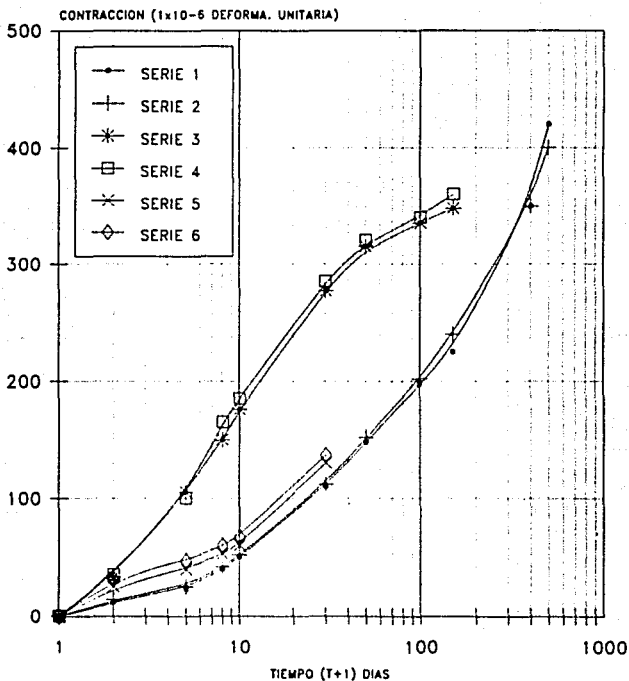








FIG. No. 18

SIMBOLOGIA Y CARACTERISTICAS DE LAS
MUESTRAS PARA LA ELABORACION DE LA FIG. No. 18

CONTROL	CON ADITIVO	TIPO DE ADITIVO	RELACION AGUA/CEMENTO	TAMAÑO DE LA MUESTRA
		B	0.54	CILINDRO 15 CM DIAM x 45 CM
		A	0.59	PRISMA 15 CM x 15 CM x 45 CM
		A	0.61	PRISMA 10 CM x 10 CM x 50 CM

CONTRACCION DE UN CONCRETO ELABORADO
CON PIEDRA CALIZA Y ADITIVO TIPO B

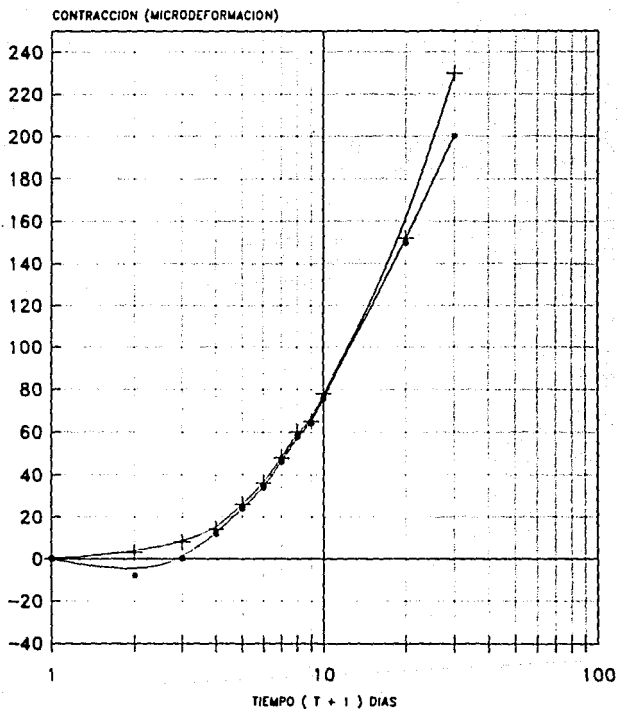


FIG. No. 19

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. SUPERPLASTICIZERS IN CONCRETE, ACI SP-62 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, DETROIT, MICHIGAN, 1979.
2. MEMORIAS DEL 4to SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DEL CONCRETO, "SUPERPLASTIFICANTES", MONTERREY, N. L. 1979.
3. ADITIVOS SUPERFLUIDIZANTES PARA CONCRETO INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (NUEVA SERIE/IMCYC/17) MEXICO, D.F. 1978.
4. PRACTICA RECOMENDABLE PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PESADO (ACI-211.1/74) INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (NUEVA SERIE/IMCYC/2) MEXICO, D.F. 1979.
5. CARTILLA DEL CONCRETO (ACI-sp-1) INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (NUEVA SERIE/IMCYC/4) MEXICO, D.F. 1976.

* * * * *