

## EFFECTO DE LOS ADITIVOS REDUCTORES DE CONTRACCION POR SECADO EN MORTEROS

Falcone, D. D.<sup>1</sup> y Batic, O. R.<sup>2</sup>

### RESUMEN

La contracción del hormigón de cemento pórtland es uno de los principales inconvenientes que presenta este material; comienza a producirse a partir de los primeros momentos de su vida; teniendo presente que la resistencia mecánica en ese momento es baja y, además, si se tiene alguna restricción de los grados de libertad, inexorablemente se producen las fisuras siempre indeseables por las consecuencias futuras que tendrá en el hormigón endurecido y del mal aspecto estético. El uso de adiciones minerales por tratarse en general, de polvos finos, pueden modificar la contracción por secado. Son muchas las acciones que se pueden realizar con el fin de reducirlas, siendo algunas mejores que otras; las principales consisten en reducir el contenido unitario de agua y brindar un curado eficiente. En los últimos años se ha comenzado a utilizar aditivos para reducir la contracción por secado con variado resultado, constituyendo una interesante contribución a la solución, por las ventajas que brindan los nuevos aditivos desarrollados, disponibles en el mercado, pues posibilitan reducir la contracción por secado principalmente en estructuras de pavimentos y pisos industriales; permiten proyectar juntas de contracción más separadas, mejorar el funcionamiento de los equipos robotizados y abaratar los costos constructivos. En esta oportunidad se da a conocer el resultado del uso de aditivos de nueva generación que se emplean para reducir la contracción. Debido a la escasa información disponible en nuestro medio, se ha realizado una serie de estudios tendientes a conocer sus beneficios e inconvenientes de su uso en pastas, morteros y hormigones con cemento pórtland normal y con otros cementos compuestos con adiciones minerales de puzolanas y filler calcáreo.

### INTRODUCCION

El hormigón de cemento pórtland en estado fresco esta constituido por varios materiales: agregados, ligante, aditivos, adiciones y agua, durante el endurecimiento el cemento toma parte del agua para hidratarse y otra parte importante queda libre colmatando poros y capilares. Cuando en el ambiente la humedad relativa es menor al 100 % comienza a evaporarse el agua libre y entonces el hormigón tiende a disminuir el volumen, la evaporación continúa hasta alcanzar el equilibrio con el ambiente. Esta característica se denominada contracción por secado, habitualmente produce tensiones de tracción en las primeras edades y es durante el período en que comienza a obtener resistencia a tracción (1). Si no se toman medidas adecuadas para atenuar o evitar la contracción inexorablemente se producen fisuras y/o grietas en la microestructura. También puede agravarse en estructuras que tienen dos dimensiones que prevalecen respecto de una tercera o existen grados de restricción (apoyos, encofrados, cambios de sección, etc.), la tecnología del hormigón dispone de acciones para atenuar o evitarlas.

<sup>1</sup> Profesional Adjunto CIC-LEMIT. Docente Fac. Ing. UNLP.

dariofalcone@hotmail.com

<sup>2</sup> Investigador Principal CIC-LEMIT- Prof. Fac. Ing. UNLP.

A partir del momento en que el agua toma contacto con los componentes del hormigón comienzan a producirse reacciones químicas y fisicoquímicas. Algunas de ellas producen menor volumen como la hidratación del cemento pórtland, la contracción plástica, por secado, por variación de temperatura o pérdida del calor de hidratación (2). Todas ellas originan preocupaciones en el proyectista y constituyen un desafío para el tecnólogo del hormigón. Los medios habituales para minimizarlas consisten en reducir el contenido de agua, el de pasta, tener una buena estructura granular y dar un buen curado, controlar la exudación principalmente y reducir las dimensiones geométricas (acercar juntas). Pero aún tomando estas precauciones se originan solicitaciones de tracción que, en muchas circunstancias, por superar la resistencia del hormigón en ese momento conducen a una fisuración incontrolada disminuyendo la calidad y estética de la obra ejecutada.

En los últimos años se han desarrollado nuevos productos químicos que se agregan con el agua de mezclado al hormigón con el fin de reducir la contracción por secado. Generalmente se trata de un copolímero en base a óxidos de etileno y propileno. La acción se manifiesta por una reducción de la tensión superficial del agua contenida en los microporos del hormigón, de esta forma se produce la evaporación sin generar tensiones excesivas de tracción. Se lo usa en solución acuosa y se incorpora con el agua de mezclado en una proporción del 1 al 4 % del peso del cemento. Además de la acción citada, provoca un ligero aumento de la fluidez y puede disminuir la resistencia mecánica aproximadamente un 10 % con una reducción de la contracción por secado de alrededor del 20 al 50 % (3-4).

A fin de comprobar la performance de estos nuevos aditivos se elaboró un plan de estudios en laboratorio para verificar la acción en morteros de cemento pórtland y, además, el comportamiento con adiciones minerales considerando que en nuestro país se utilizan, cada vez más frecuentemente, cementos con diferentes adiciones conocidos como CPF, CPE, CPP y CPC (IRAM 50000). Para evaluar los efectos del aditivo y la influencia de las adiciones sobre la contracción por secado, tiempo de fraguado y resistencia mecánica se moldearon probetas de mortero utilizando dosis que varían entre 1 y el 3 % del contenido del ligante.

## **EXPERIENCIAS**

### **Materiales y procedimiento**

Los materiales utilizados en las experiencias son: cementos pórtland normal de alto álcali (A) y otro de bajo álcali (B), puzolana natural procedente de Mendoza, filler calcáreo de Olavaria, arena gruesa natural con módulo de finura 2.6 y un aditivo químico comercial, líquido, reductor de la contracción por secado. En la Tabla 1 se muestra el análisis químico de los cementos pórtland utilizados según indica IRAM 1504 y en las Tablas 2 y 3 las características de las adiciones minerales.

El estudio se hizo utilizando morteros; en la elaboración se usó una arena natural con la granulometría indicada en la Norma IRAM 1633. El agua de mezclado cumple con la Norma IRAM 1601. El aditivo reductor de la contracción por secado usado en esta ocasión es un copolímero, en base a óxidos de etileno y propileno. Es recomendable monitorear el contenido de aire durante el estudio de las mezclas debido a que al modificar la tensión superficial se facilita la incorporación de aire en la mezcla.

Tabla 1. Análisis químico y composición potencial de los cementos.

Análisis Químico	Cemento A	Cemento B
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) %	21.4	23.5
Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	4.3	2.7
Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	4.8	2.4
Calcio (CaO) %	61.1	64.8
Magnesio (MgO) %	1.1	2.3
Sodio (Na <sub>2</sub> O) %	0.47	0.17
Potasio (K <sub>2</sub> O) %	0.79	0.19
Sulfato (SO <sub>3</sub> ) %	2.8	2.0
Perd calcinación %	2.0	1.4
Na <sub>2</sub> Oe %	0.99	0.29
SC <sub>3</sub> %	40.1	57.9
SC <sub>2</sub> %	32.0	23.7
AC <sub>3</sub> %	3.3	3.1
FAC <sub>4</sub> %	14.6	7.3

Tabla 2. Características de la puzolana natural.

Análisis químico	
Sílice soluble en ácido (SiO <sub>2</sub> ) %	0.40
Sílice soluble en álcali (SiO <sub>2</sub> ) %	9.60
Aluminio soluble en ácido (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	0.50
Aluminio soluble en álcali (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	1.18
Hierro soluble en ácido (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	0.60
Hierro soluble en álcali (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	1.70
Calcio total (CaO) %	0.45
Magnesio total (MgO) %	0.15
Sulfato total (SO <sub>3</sub> ) %	0.10
Perd. por calcinación %	3.87
Residuo insoluble %	81.05
Ensayos físicos	
Retenido s/ tamiz IRAM 0.045 mm %	11.0
Retenido s/ tamiz IRAM 0.075 mm %	2.9
Superficie específica Blaine m <sup>2</sup> /Kg	427
Densidad absoluta g/cm <sup>3</sup>	2.4

Tabla 3. Características del filler calcáreo.

Análisis químico	
Residuo Insoluble + Sílice %	9.4
Perdida a 100 °C %	0.14
Perdida a 1000 °C %	38.9
Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	0.45
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	0.83
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) %	38.76
Carbonato de Calcio (CO <sub>3</sub> Ca) %	88.10
Ensayos físicos	
Ret. s/ tamiz IRAM 0.045 mm %	23.0
Ret. s/ tamiz IRAM 0.075 mm %	14.6
Superficie específica Blaine m <sup>2</sup> /Kg	537
Densidad absoluta g/cm <sup>3</sup>	2.71

### Ensayos de contracción por secado

Los ensayos se realizan siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1683, se utiliza un mortero constituido por 1376 g de arena, 500 g de material ligante y la cantidad de agua necesaria para obtener un índice de fluidez de  $110 \pm 5$  %, según IRAM 1637. Se moldean tres probetas por cada mezcla en estudio; se dejan en cámara húmeda

normalizada por  $24 \pm 2$  h, luego se desmoldan y se ubican bajo agua durante 6 días. A esa edad se las retira, se realiza la lectura inicial y se las colocan en cámara seca (HR  $50 \pm 4$  % y temperatura  $23 \pm 1.7$  °C, según ASTM C157-93). Posteriormente se miden las variaciones de longitud de las probetas a las edades de: 7, 14, 21, 28, 60, 120, 150, 180, 270 y 360 días.

Se programan cuatro mezclas de morteros, una patrón y a las otras tres se le incorpora un aditivo reductor de contracción por secado en porcentajes de 1, 2 y 3 % en peso del cemento. El mismo procedimiento se realiza para mezclas donde se reemplaza parte del cemento por adiciones minerales, siendo en uno de los casos un 25 % de puzolana natural y en el otro un 20 % de filler calcáreo, completándose de esta manera un total de 12 mezclas por cemento. En la Tabla 4 se muestran las mezclas A1 y B1, el contenido de agua y la fluidez.

Con el fin de estudiar los efectos del aditivo sobre otras propiedades de las mezclas se varían la dosis de aditivo desde 0 a 3 % del peso del material ligante y se hacen determinaciones sobre resistencia mecánica y tiempo de fraguado.

La variación de la nomenclatura asignada de acuerdo a la designación otorgada radica en las distintas relaciones agua/ligante (a/l) de cada ensayo. Donde A1, B1 es para el ensayo de contracción por secado; A2, B2 para el ensayo de resistencia y A3, B3 para el ensayo de fraguado

### **Ensayos de resistencia mecánica**

En este caso se siguen los lineamientos de la norma IRAM 1622 en cuanto al mezclado, tipo de probeta y curado, la cantidad de arena es de 1376 g para tener la misma proporción y granulometría que con el ensayo de contracción por secado. La cantidad de material ligante es de 500 g, ya sea el cemento solo o con el reemplazo de un porcentaje de adiciones minerales activas (25 % de puzolana y 20 % de filler). El contenido de agua es 250 g, el aditivo reductor de contracción por secado se incorpora como parte del agua de mezclado, es decir se mantuvo constante la relación a/l 0.50. La influencia del aditivo se ve reflejada en la variación de la fluidez de las mezclas. Tabla 5. Con estos morteros se moldean probetas, se colocan en cámara húmeda durante  $24 \pm 2$  h, transcurrido este tiempo se desmoldan y se curan bajo agua saturada con cal, a una temperatura de  $21 \pm 2$  °C, hasta la edad de ensayo. Las probetas se ensayan a flexión y a compresión a las edades de 7, 28 y 90 días.

### **Ensayos del tiempo de fraguado**

El ensayo se realiza siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1662, se usa el penetrómetro de Proctor con seis sondas de área variable. Se considera como tiempo de fraguado inicial el período desde el mezclado del agua y los constituyentes hasta que el mortero adquiere una resistencia a la penetración de 3.5 MPa y para el tiempo final de 28.5 MPa, se utilizan los morteros mostrados en la Tabla 6. Se adopta para todos los morteros una relación a/l 0.45, a fin de que los resultados fuesen comparativos. El aditivo se incorpora como parte del agua de mezclado es decir se reemplaza uno a uno la cantidad de agua por aditivo líquido.

Tabla 4. Contracción por secado. Contenido de agua e índice de fluidez de mezclas.

Desig.	Composición	Agua (g)	Fluidez (%)
A1-0-0	Patrón, 0 % rcs	226.8	111
A1-1-0	Patrón, 1 % rcs	216.8	115
A1-2-0	Patrón, 2 % rcs	206.8	110
A1-3-0	Patrón, 3 % rcs	203.9	107
A1-0-25	25%Puz., 0 % rcs	230	108
A1-1-25	25%Puz., 1 % rcs	230	105
A1-2-25	25%Puz., 2 % rcs	230	110
A1-3-25	25%Puz., 3 % rcs	220	110
A1-0-20	20%Filler, 0 % rcs	225	115
A1-1-20	20%Filler, 1 % rcs	220	110
A1-2-20	20%Filler, 2 % rcs	215	111
A1-3-20	20%Filler, 3 % rcs	210	109
B1-0-0	Patrón, 0 % rcs	210	106
B1-1-0	Patrón, 1 % rcs	205	113
B1-2-0	Patrón, 2 % rcs	200	105
B1-3-0	Patrón, 3 % rcs	195	105
B1-0-25	25%Puz, 0 % rcs	220	111
B1-1-25	25%Puz, 1 % rcs	215	115
B1-2-25	25%Puz, 2 % rcs	205	105
B1-3-25	25%Puz, 3 % rcs	205	105
B1-0-20	20%Filler, 0 % rcs	205	110
B1-1-20	20%Filler, 1 % rcs	200	105
B1-2-20	20%Filler, 2 % rcs	195	110
B1-3-20	20%Filler, 3 % rcs	190	105

Tabla 5. Ensayo de resistencia. Índice de fluidez de mezclas.

Desig	Fluidez (%)
A2-0-0	142
A2-1-0	143
A2-2-0	145
A2-3-0	140
A2-0-25	137
A2-1-25	137
A2-2-25	129
A2-3-25	128
A2-0-20	140
A2-1-20	141
A2-2-20	137
A2-3-20	134
B2-0-0	> 148
B2-1-0	> 148
B2-2-0	139
B2-3-0	145
B2-0-25	137
B2-1-25	136
B2-2-25	132
B2-3-25	133
B2-0-20	144
B2-1-20	> 148
B2-2-20	143
B2-3-20	147

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aditivo reductor de contracción tiene una acción plastificante, como puede comprobarse en la Tabla 4, por lo que para mantener aproximadamente la misma fluidez, se debe disminuir la cantidad de agua de la mezcla. En las mezclas sin adiciones este efecto se destaca, pues al aumentar la dosis de 1, 2 y 3 %, la cantidad de agua se reduce en un 5, 9 y 10 % respectivamente con respecto al patrón. Cuando se reemplaza una parte de cemento pórtland por puzolanas o filler este efecto disminuye, dado que al adicionar un 3 % de aditivo, el agua se reduce en 4 % para las mezclas que contienen puzolanas y en un 7 % para las de filler, a su vez el contenido de agua de amasado es mayor en las mezclas con puzolanas, que con filler, estos resultados corresponden a las mezclas que contienen el cemento A, esta acción reductora del agua de amasado es mayor cuando se usa el cemento B. Por lo tanto al comparar las mezclas patrones, con los que tienen adición de puzolana y con filler, la disminución del consumo de agua es del 8, 4 y 9 % respectivamente, pero para el 3 % de aditivo en las mezclas realizadas con el cemento B esta disminución es del 7 % en los tres grupos.

Con el fin de evaluar las contracciones por secado los resultados se agrupan en conjuntos de cuatro mezclas de acuerdo al tipo de adición utilizada y dosis de aditivo reductor. En las Figs. 1 a 3 se muestran las curvas correspondientes a las mezclas con el cemento A y en las Figs. 4 a 6 para las mezclas con el cemento B.

En todas las mezclas estudiadas se observa que la contracción por secado disminuye al incrementar el porcentaje de aditivo reductor, para todas las edades tanto en las mezclas patrón, como en las que contienen adiciones minerales activas. Por ejemplo, para la dosis máxima utilizada (3 %) y a los 28 días de exposición, de acuerdo al tipo de mezcla, la reducción de la contracción varía desde el 24 al 40 %, para 180 días del 21 al 36 % y para un año del 20 a 36 %.

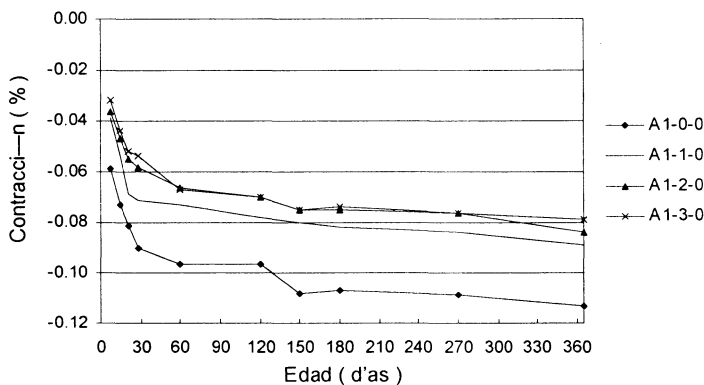


Figura 1. Morteros con cemento A y dosis variable de aditivo.

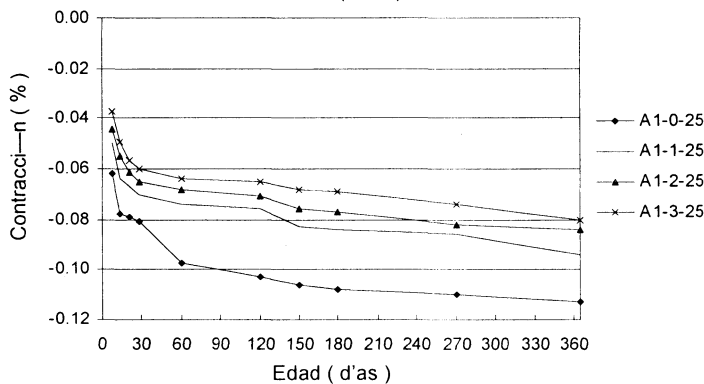


Figura 2. Morteros con cemento A, adición de puzolanas y dosis variables de aditivo.

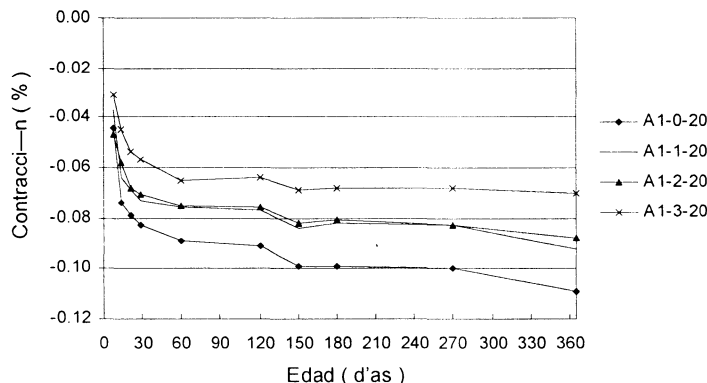


Figura 3. Morteros con cemento A, adición de filler y dosis variables de aditivo.

Figura 4. Morteros con cemento B y dosis variable de aditivo.

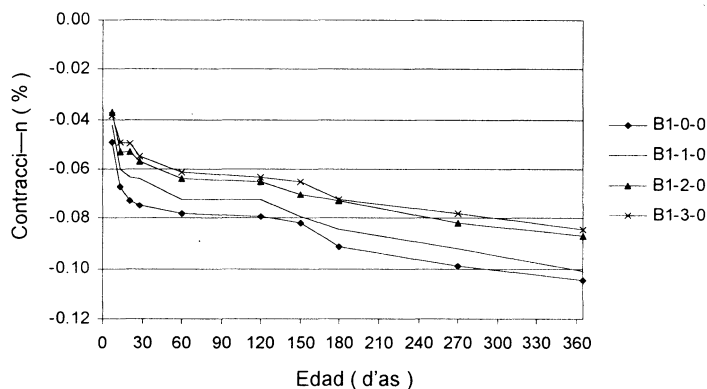


Figura 5. Morteros con cemento B, adición de puzolana y dosis variable de aditivo.

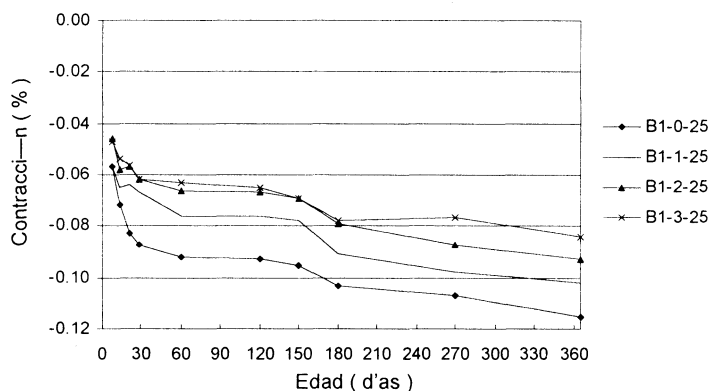
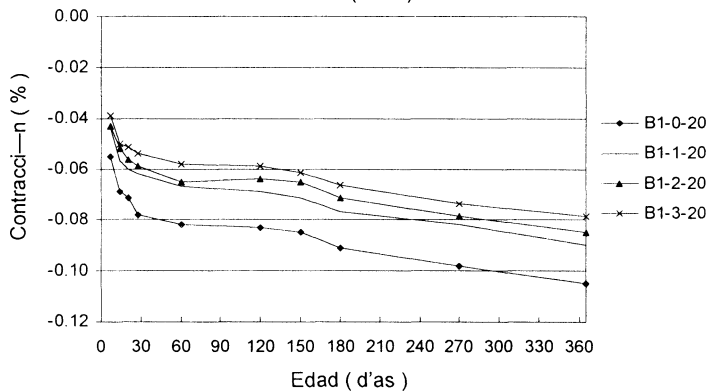


Figura 6. Morteros con cemento B, con adición de filler y dosis variable de aditivo.



La comparación de los resultados de las mezclas sin aditivos, muestra que las adiciones, en este caso, reducen la contracción y el efecto es más acentuado con el filler calcáreo que con la puzolana, ya que para el primero la reducción se dio para todas las edades y con la puzolana el efecto comenzó a ser notorio a partir de los 21 días de expuestas a las condiciones de secado. Cuando se incorpora aditivo en una dosis del 1 %, el comportamiento es similar con o sin adiciones para la mayoría de las edades, pues mejora, sin adiciones, en los primeros 7 días. Cuando se usa una dosis del 2 %, ocurre lo mismo. Para el 3 % la contracción es similar para las mezclas sin adiciones y las que contienen filler, observándose que en las que contienen puzolana la contracción es mayor.

Es sabido que la contracción por secado disminuye al bajar la cantidad de agua de mezclado (con igual índice de fluidez), por lo tanto los valores obtenidos son la suma de dos acciones, la del aditivo reductor de contracción y la disminución del contenido de agua.

Los resultados del ensayo de tiempo de fraguado se muestran en la Tabla 6. El índice de fluidez de cada mezcla varía al mantener la razón a/l constante (0.45). El análisis de los tiempos de fraguado muestra que a medida que se incrementa la dosis de aditivo, se produce una tendencia a aumentar el tiempo de fraguado, pero cuando se adiciona el 3 %, el incremento de tiempo es menor y similar al del 2 % (ver Figs. 7 a 12).

Al realizar el análisis de la fluidez de estos morteros se observa que no existe una tendencia con la variación del porcentaje de aditivo; siendo el óptimo un 2 %. Es posible reducir la cantidad de agua si se desea una fluidez constante y en consecuencia permite reducir los tiempos de fraguado, observándose que para el cemento B es elevado.

En la Tabla 5 se observan los distintos índices de fluidez para los dos cementos utilizados; en el caso del cemento A la máxima fluidez se da para el 2 % en la mezcla patrón, para el 0 % de aditivo en las mezclas con 25 % de puzolanas y para el 1 % en las mezclas con 20 % de filler. Para el caso del cemento B los porcentajes se repiten excepto para las mezclas patrón donde la máxima fluidez se obtiene con el 1 % de aditivo.

Esta variación observada de los porcentajes de los aditivos para obtener el máximo índice de fluidez puede deberse a la absorción que tienen las adiciones minerales, en el caso de la puzolana es mayor que la del filler, es decir el aditivo reduce la tensión superficial del agua, entonces facilita la absorción del agua de mezclado por las adiciones.

Los resultados del ensayo de resistencia mecánica de los morteros, con a/l constante, se muestran en la Tabla 7, para las edades de 7, 28 y 90 días. Los resultados de la resistencia a flexión con los dos tipos de cemento, muestran una tendencia a disminuir con respecto a la del patrón a medida que se adicionan porcentajes mayores de aditivo, con algunas excepciones.

Tabla 6. Tiempo de fraguado e índice de fluidez.

Mezcla	Fluidez (%)	Tiempo Inicial (h:min)	Tiempo Final (h:min)	Mezcla	Fluidez (%)	Tiempo Inicial (h:min)	Tiempo Final (h:min)
A3-0-0	110	4:19	6:20	B3-0-0	124	6:40	10:00
A3-1-0	96	4:34	6:43	B3-1-0	117	7:12	10:41
A3-2-0	130	5:08	7:27	B3-2-0	133	9:20	13:31
A3-3-0	111	5:11	7:38	B3-3-0	142	9:35	13:38
A3-0-25	101	4:16	6:32	B3-0-25	110	6:21	9:50
A3-1-25	87	4:39	7:20	B3-1-25	108	7:05	10:34
A3-2-25	123	5:17	8:05	B3-2-25	130	8:45	13:07
A3-3-25	115	5:22	8:13	B3-3-25	119	9:00	13:07
A3-0-20	126	4:32	6:46	B3-0-20	126	6:20	9:40
A3-1-20	105	4:38	7:09	B3-1-20	113	7:12	10:20
A3-2-20	124	5:27	8:30	B3-2-20	128	8:59	13:13
A3-3-20	119	5:31	8:30	B3-3-20	126	9:29	13:22



Figura 7. Morteros con cemento A y dosis de aditivo variable.

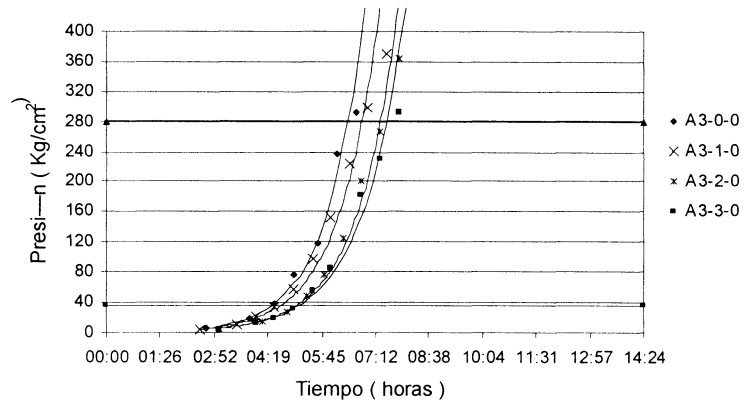


Figura 8. Morteros con cemento A, puzolana y dosis de aditivo variable.

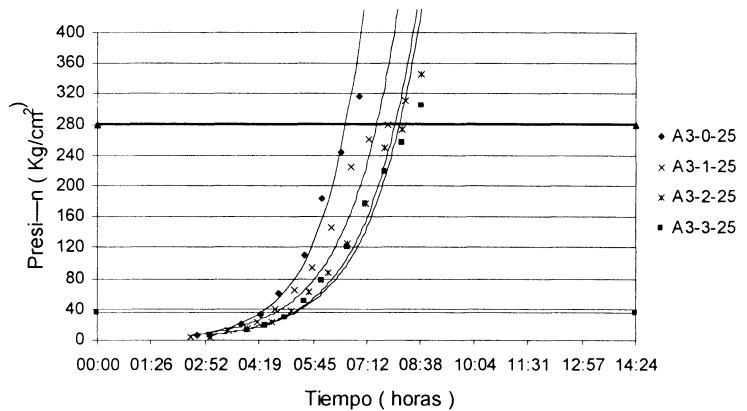
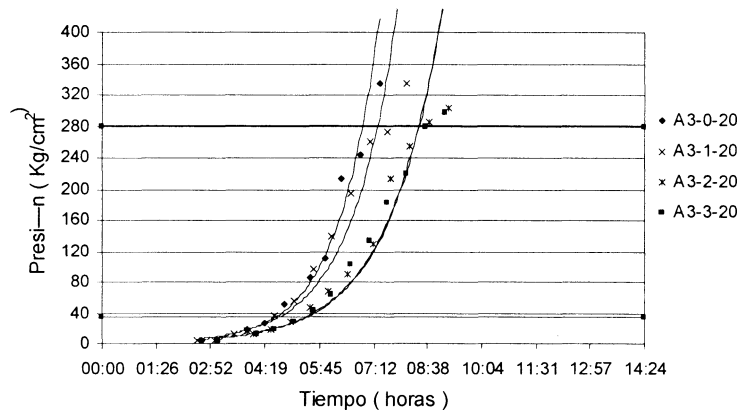


Figura 9. Morteros con cemento A, filler y dosis de aditivo variable.



En la Tabla 8 se analiza la pérdida de resistencia que se produce en los morteros que contienen 3 % de aditivo por ser la dosis de consecuencias más desfavorables. Al utilizar el cemento A se observa que cuando se pasa a las mezclas que contienen aditivo, la máxima caída de la resistencia a flexión ocurre con las mezclas que contienen puzolanas a la edad de 7 días y a partir de los 28 días se recupera posiblemente por efecto puzolánico, pero la resistencia a compresión muestra una pérdida remanente del 9 % a los 90 días. En las mezclas que contienen filler calcáreo, la pérdida a los 7 días es menor que cuando contiene puzolanas, pero la pérdida final es mayor, un 5 % a flexión y un 14 % a

compresión. En las mezclas sin adiciones ocurre algo similar excepto que compensa la resistencia a flexión perdida por el empleo del aditivo, es probable que esta disminución se deba al retardo que produce en las reacciones iniciales, al progreso de la hidratación y al tipo de material formado durante la hidratación en la matriz.

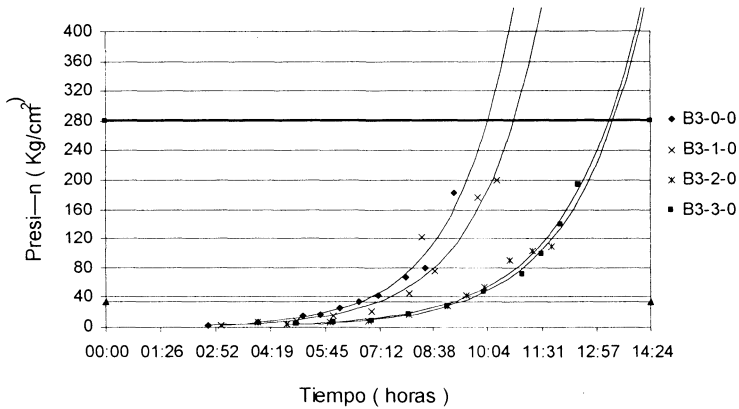


Figura 10. Morteros con cemento B y dosis de aditivo variable.

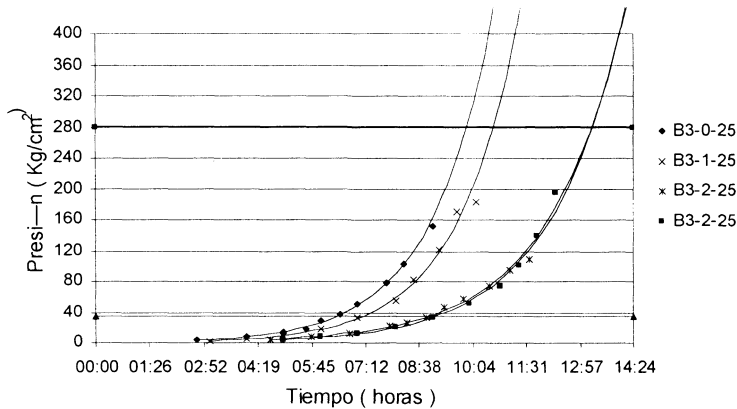


Figura 11. Morteros con cemento B, puzolana y dosis de aditivo variable.

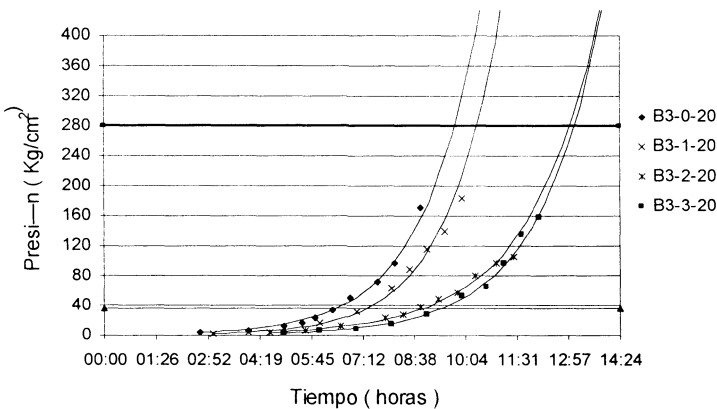


Figura 12. Morteros con cemento B, filler y dosis de aditivo variable.

Tabla 7. Resistencia de probetas de mortero a flexión y a compresión.

Desig.	Características	Resistencia (MPa)					
		7 días		28 días		90 días	
		Flex.	Comp.	Flex.	Comp.	Flex.	Comp.
A2-0-0	Patrón, 0 % rcs	8.7	47.5	9.5	54.6	10.8	62.6
A2-1-0	Patrón, 1 % rcs	8.6	43.8	9.4	53.4	10.9	62.5
A2-2-0	Patrón, 2 % rcs	8.8	40.9	9.3	50.3	11.5	54.3
A2-3-0	Patrón, 3 % rcs	8.4	38.6	9.2	47.1	10.9	55.2
A2-0-25	25%Puz., 0 % rcs	7.8	36.9	8.5	47.6	11.2	56.5
A2-1-25	25%Puz., 1 % rcs	7.5	32.4	8.6	46.4	11.2	53.5
A2-2-25	25%Puz., 2 % rcs	7.1	31.9	8.4	42.9	11.1	52.6
A2-3-25	25%Puz., 3 % rcs	5.8	28.6	8.6	42.7	11.1	51.3
A2-0-20	20%Filler, 0 % rcs	7.8	38.1	8.7	44.0	10.0	51.8
A2-1-20	20%Filler, 1 % rcs	8.1	37.6	8.3	44.0	9.5	49.5
A2-2-20	20%Filler, 2 % rcs	6.4	34.8	8.2	42.3	9.6	44.9
A2-3-20	20%Filler, 3 % rcs	7.3	32.4	8.3	38.0	9.5	44.3
B2-0-0	Patrón, 0 % rcs	6.1	29.6	8.3	46.8	10.0	68.5
B2-1-0	Patrón, 1 % rcs	5.6	24.8	7.2	39.9	9.3	61.5
B2-2-0	Patrón, 2 % rcs	4.8	23.0	6.8	34.0	9.1	54.7
B2-3-0	Patrón, 3 % rcs	5.2	22.0	6.9	36.8	8.7	52.6
B2-0-25	25%Puz, 0 % rcs	4.4	21.2	6.7	31.6	8.9	46.2
B2-1-25	25%Puz, 1 % rcs	3.9	17.5	6.0	28.4	7.9	47.4
B2-2-25	25%Puz, 2 % rcs	4.1	16.1	5.6	23.3	8.6	45.7
B2-3-25	25%Puz, 3 % rcs	3.9	16.4	5.8	27.0	8.5	44.3
B2-0-20	20%Filler, 0 % rcs	5.0	22.9	6.9	34.0	8.6	49.0
B2-1-20	20%Filler, 1 % rcs	4.4	19.4	6.2	29.6	8.1	43.1
B2-2-20	20%Filler, 2 % rcs	4.3	18.4	5.3	25.7	7.3	34.1
B2-3-20	20%Filler, 3 % rcs	3.9	15.3	4.7	21.7	7.8	34.7

Tabla 8. Variación de resistencia a flexión y a compresión de morteros con el 3 % de aditivo.

Mezclas comparadas	Disminución de la resistencia (%) a la edad de:					
	7 días		28 días		90 días	
	Flex.	Comp.	Flex.	Comp.	Flex.	Comp.
A2-0-0 y A2-3-0	3.0	19.0	3.0	14.0	0.0	12.0
A2-0-25 y A2-3-25	25.0	22.0	0.0	10.0	0.0	9.0
A2-0-20 y A2-3-20	7.0	15.0	5.0	14.0	5.0	14.0
B2-0-0 y B2-3-0	15.0	26.0	17.0	27.0	13.0	23.0
B2-0-25 y B2-3-25	11.0	23.0	13.0	15.0	2.0	4.0
B2-0-20 y B2-3-20	22.0	33.0	32.0	36.0	9.0	29.0

Al analizar las mezclas con el cemento B la máxima pérdida se produce cuando se utiliza filler calcáreo, llegando a una pérdida final del 9 % para flexión y del 29 % a compresión. La recuperación en el caso de las mezclas con la adición de puzolanas se obtiene a los 90 días, lográndose mayor rendimiento a compresión que a flexión. En la mezcla patrón la pérdida a 90 días es de 13 % a flexión y de 23 % a compresión. En todos los casos la pérdida de resistencia a 28 días es mayor que a 7 días, excepto para la resistencia a compresión de la mezcla con puzolana.

## CONCLUSIONES

El empleo de aditivos reductores de la contracción por secado tiene efectos beneficiosos y algunos inconvenientes, por lo tanto, es necesario tomar precauciones en su uso, debido a que una utilización inadecuada del mismo puede ocasionar problemas tanto técnicos como económicos. El estudio se realiza con el fin de poner de manifiesto el efecto de estos aditivos sobre la contracción por secado, el tiempo de fraguado y el desarrollo de resistencia mecánica en el tiempo. De este estudio surgen las siguientes conclusiones:

Las mezclas utilizadas muestran que la contracción por secado disminuye al incrementar el porcentaje de aditivo reductor para todas las edades estudiadas tanto en las mezclas patrón, sin adiciones minerales, como en las que contienen adiciones. La contracción se reduce hasta alrededor del 40 % para una dosis del 2 % a los 28 días y en el orden del 25 % al año, en condiciones críticas de exposición.

El empleo del aditivo reductor de contracción por secado proporciona a las mezclas una acción plastificante, por lo que se puede reducir la cantidad de agua de amasado y ello contribuye a reducir la contracción por secado. Cuando se emplea cemento de bajo álcali, disminuye aún más la cantidad de agua de mezclado para obtener igual fluidez.

En el mismo sentido al reducir la cantidad de agua, manteniendo la fluidez constante, se puede reducir la razón a/l y es posible obtener mayor resistencia mecánica y/o compensar la pérdida que produce el aditivo.

El uso del aditivo reductor de contracción por secado produce un retardo en el tiempo de fraguado, que es mayor al aumentar la dosis empleada, esta consecuencia es previsible por tratarse de un producto orgánico que participa en la hidratación.

La composición química del cemento influye sobre el índice de fluidez y la contracción por secado. El cemento de bajo álcali demanda menor cantidad de agua para una fluidez constante. El uso del cemento de alto álcali produce una contracción por secado mayor que con el cemento de bajo álcali a igual fluidez.

El empleo de aditivo reductor de contracción por secado produce una disminución de la resistencia, en los morteros con ambos cementos siendo más acentuada para el de bajo álcali. Los morteros con cemento y puzolana muestran una pérdida de resistencia menor pudiendo en algunos casos recuperarse totalmente; se estima que es una consecuencia de la acción puzolánica.

## REFERENCIAS

- (1) Mehta, P. K. y Monteiro, P. J. M., *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*, (Estabilidad dimensional). IMCYC, Prentice-Hall, México, 1998, p. 57.
- (2) Mindess, S. and Young, J. F., *Concrete*. Prentice-Hall, Inc., NJ, 1981, p. 473.
- (3) Vieira, S., Benini, H. y Curti, R., "Desempenho de aditivo reductor de ratraçao em concretos preparados com cimendo com escoria de alto forno" Proc. 14<sup>a</sup> R. Técnica AATH, Olavaria, Argentina, T II, 2001, pp 239-245.
- (4) Gettu, R., Aguado, A. y Martín, M., IV Simposio sobre aditivos para hormigones, ANFAHM, Madrid, 1998, pp. 66-79.