

TABLA No. 7

CAMBIOS EN EL PESO DE LOS PRISMAS DE ENSAYE DURANTE LOS CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Tipo de superplasticante	Dosificación del superplasticante en % en peso de cemento	Peso de los prismas* en Kgs.										Cambio relativo, %				
		Prismas de referencia					Prismas sujetos a congelamiento y deshielo**									
		W ₁₄ ⁺	W ₂₉	W ₅₂	W ₈₂	W ₉₈	W ₁₇₀	% de aumento	W ₀ ¹	W ₁₀₉ ⁺⁺	W ₃₀₀ ¹		W ₅₀₀ ¹	W ₆₄₃ ¹	W ₈₃₀ ¹	% de cambio
A	1.5	8.857	8.865	--	--	--	0.09	8.970	8.995	--	--	--	--	--	+0.28	0.19
B	2.0	9.083	9.068	9.076	9.080	--	0.18	8.879	8.865	8.859	8.877	--	--	--	-0.02	0.20
C	1.0	8.872	8.881	8.887	8.893	8.892	0.23	8.894	8.889	8.887	8.896	8.916	--	--	+0.26	0.03
D	2.0	8.714	8.727	8.722	8.725	--	0.24	8.666	8.651	8.645	8.643	--	8.67	--	+0.06	0.18

+ W₁₄ - peso de los prismas de ensaye a los 14 días.

++ W₁₀₉ - peso de los prismas de ensaye al completar 109 ciclos de congelamiento y deshielo.

* Cada resultado es el promedio de los resultados de 2 prismas.

** Los ensayes se terminaron a los 700 ciclos.

TABLA No. 8

CAMBIOS EN LA LONGITUD* DE LOS PRISMAS DE ENSAYE DURANTE LOS CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Tipo de superplasticante	Dosificación del superplasticante en % en peso de cemento	Longitud de los prismas**, mm														Cambio relativo, %
		Prismas de referencia							Prismas sujetos a congelamiento y deshielo***							
		L ₁₄ ⁺	L ₂₉	L ₅₂	L ₈₂	L ₉₈	L ₁₇₀	% de aumento	L ₀ ¹	L ₁₀₉ ⁺⁺	L ₃₀₀ ¹	L ₅₀₀ ¹	L ₆₄₃ ¹	L ₈₃₀ ¹	% de cambio	
A	1.5	2.926	2.926	--	--	--	0	3.048	3.579	--	--	--	--	--	0.152	+0.152
B	2.0	2.957	2.957	2.969	2.972	--	0.004	3.103	3.109	3.104	3.388	--	--	--	--	--
C	1.0	2.614	2.609	2.626	2.634	2.639	0.007	2.964	2.990	2.979	3.109	3.541	--	--	--	--
D	2.0	3.261	3.256	3.269	3.274	--	3.266	3.172	3.109	3.134	3.162	--	3.447	0.079	+0.078	

+ L₁₄ - Longitud de los prismas de ensaye a los 14 días.

++ L₁₀₉ - Longitud de los prismas de ensaye al completar 109 ciclos de congelamiento y deshielo.

* Cada resultado es el promedio de los resultados de 2 prismas.

** Longitud calibrada = 345 mm (136 pulg).

*** Los ensayes se terminaron a los 700 ciclos.

TABLA No. 9

CAMBIO EN LA FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE RESONANCIA LONGITUDINAL DURANTE LOS CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Tipo de superplasticificante	Dosificación del superplasticificante en % en peso de cemento	Frecuencia fundamental de resonancia longitudinal*, N, cps.										Cambio relativo, %			
		Prismas sujetos a ciclos de congelamiento y deshielo**													
		Prismas de referencia													
		N ₁₄ ⁺	N ₂₉	N ₅₂	N ₈₂	N ₉₈	N ₁₇₀	% de cemento	N ₀ ¹	N ₁₀₉ ⁺⁺	N ₃₀₀ ¹	N ₅₀₀ ¹	N ₆₃₄ ¹	N ₈₃₀ ¹	% de pérdida
A	1.5	5200	5300	---	---	---	---	1.92	5210	4480	---	---	---	---	14.06
B	2.0	5200	5290	5370	5390	---	---	3.65	5190	5150	5150	4910	---	---	5.39
C	1.0	5240	5310	5390	5400	5400	---	3.05	5270	5250	5290	5210	4050	---	23.23
D	2.0	5120	5200	5270	5320	?	5390	5.07	5220	5170	5190	5200	4990	---	4.54

+ N₁ - Frecuencia resonante a los 14 días.

++ N₁₀₉¹ - Frecuencia resonante al completar 109 ciclos de congelamiento y deshielo.

* Cada resultado es el promedio de los resultados de 2 prismas.

** Los ensayos se terminaron a los 700 ciclos.

TABLA No. 10

CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO DE LOS PRISMAS DE ENSAYE DURANTE LOS CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO*

Tipo de superplasticificante	Dosificación del superplasticificante en % en peso de cemento	Velocidad del pulso ultrasónico, V, m/seg														Cambio relativo, %
		Prismas sujetos a ciclos de congelamiento y deshielo**														
		Prismas de referencia														
		V ₁₄	V ₂₉	V ₅₂	V ₈₂	V ₉₈	V ₁₇₀	% de cemento	V ₀ ¹	V ₁₀₉ ⁺⁺	V ₃₀₀ ¹	V ₅₀₀ ¹	V ₆₃₄ ¹	V ₈₃₀ ¹	% de pérdida	
A	1.5	4,764	4,852	---	---	---	---	2.00	4,782	4,002	---	---	---	---	-16.32	
B	2.0	4,743	4,846	4,855	4,913	---	---	3.60	4,666	4,672	4,645	4,164	---	---	-10.78	
C	1.0	4,764	4,813	4,916	4,993	4,977	---	4.48	4,800	4,800	4,782	4,712	4,042	---	-15.81	
D	2.0	4,679	4,801	4,815	4,877	---	4,929	5.34	4,737	4,712	4,700	4,712	---	4,462	- 5.76	

+ V₁₄ - Velocidad de pulso de los prismas de ensaye a los 14 días.

++ V₁₀₉¹ - Velocidad de pulso de los prismas de ensaye al completar 109 ciclos de congelamiento y deshielo.

* Cada resultado es el promedio de los resultados de 2 prismas.

** Los ensayos se terminaron a los 700 ciclos de congelamiento y deshielo.

TABLA No. 11

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA FLEXION A LOS 14 DIAS Y AL CONCLUIR LOS CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Tipo de superplasticante	Dosificación del superplasticante en % en peso de cemento	Rel. A/C en peso	Prismas curados estandar			Resistencia a la flexión*			Observaciones
			Resistencia a los 14 días Kg/cm ²	Al concluir los ciclos c y d. Kg/cm ²	Número de ciclos de c y d	Edad en días al concluir los ciclos de c y d.	Prismas después de estar expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo		
							Resistencia a los 14 días Kg/cm ²	Resistencia de los prismas Kg/cm ²	
A	1.5	0.42	71	75	109	29	30**	Los prismas exhibieron daño considerable cerca de los extremos.	
B	2.0	0.42	80	85	500	52	54**	Los prismas exhibieron daño considerable cerca de los extremos.	
C	1.0	0.42	84	90	643	98	43**	Los prismas exhibieron daño considerable cerca de los extremos.	
D	2.0	0.42	70	79	830	170	74	Los prismas se fracturaron dentro del tercio medio.	

* Cada resultado es el promedio de los resultados de dos prismas. Los ensayos se efectuaron con cargas a los tercios.

** Los valores de la resistencia se calcularon con la fórmula $R = \frac{PL}{bd^2}$ aunque la fractura ocurrió en la cara de ten-
sión fuera del tercio medio.

EFFECTO DE LAS DOSIFICACIONES REPETIDAS

con este concreto se comportaron pobremente bajo los ciclos de congelamiento y deshielo y sufrieron daño excesivo después de solamente 109 ciclos. Los concretos con superplastificantes B y C tenían un contenido de aire residual de 2.5 y 3.2% respectivamente. Los prismas de ensaye colados con estos concretos se comportaron relativamente bien en el ensaye de congelamiento y deshielo. El ensaye con estos prismas se tuvo que interrumpir después de 500 y 634 ciclos respectivamente, cuando los prismas mostraron deformación longitudinal excesiva. El concreto con superplastificante D tenía un contenido de aire residual de 4.0%, y después de 700 ciclos de congelamiento y deshielo, pero empezaron a exhibir deterioro después de 830 ciclos, que fue cuando se terminó el ensaye.

Cabe señalarse que los ensayos de congelamiento y deshielo fueron realizados utilizando la norma ASTM C-666-76, procedimiento B "Congelamiento en Aire y Deshielo en Agua". La norma ASTM C 494-71 "Aditivos Químicos" especifica el uso del procedimiento A "Congelamiento y Deshielo Rápido en Agua" para la evaluación de los concretos con aditivos químicos. A pesar de lo anterior, se considera que los datos reportados sobre el comportamiento al congelamiento y deshielo son válidos debido a que este tipo de ensaye es un ensaye comparativo, haciéndose la comparación con los especímenes colados con las revolturas de control. Para la investigación que se reporta aquí, los prismas de ensaye colados con la revoltura de control sin aire incluido se habían desintegrado completamente en menos de 100 ciclos de congelamiento y deshielo. En esta investigación no se determinó el sistema de burbujas de aire en el concreto endurecido.

OBSERVACIONES FINALES.

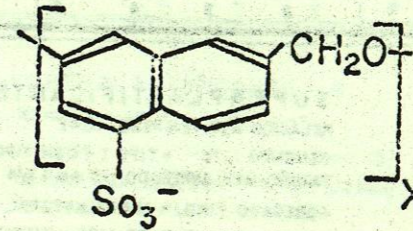
En los concretos superplastificados se pueden mantener grandes aumentos en el revenimiento durante varias horas mediante la incorporación de una segunda dosificación de un superplastificante. No se consideró deseable una tercera dosificación.

Las dosificaciones repetidas de superplastificante a base de melamina y naftaleno-sulfonato causaron pérdidas substanciales en el contenido de aire incluido en el concreto. Sin embargo, para el concreto con superplastificante a base de lignosulfonato, ocurrió todo lo contrario. La pérdida de aire incluido afecta adversamente el comportamiento del concreto en los ensayos de congelamiento y deshielo. Se necesita mayor cantidad de datos de investigaciones de laboratorio antes de que se pueda recomendar el uso de la dosificación repetida en concreto con aire incluido.

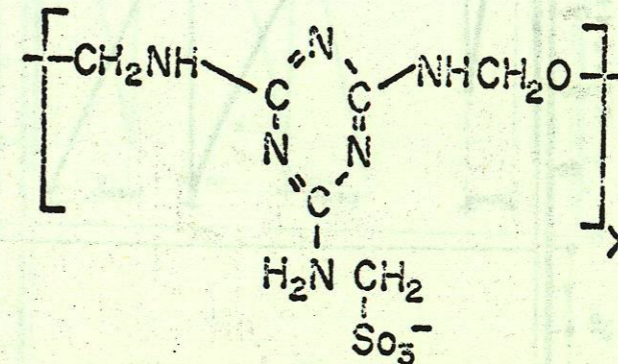
La resistencia a la compresión de los cilindros de ensaye colados después de la segunda y tercera dosificaciones de superplastificante a base de melamina y naftaleno-sulfonato fue mayor que la resistencia de cilindros colados inmediatamente después del mezclado inicial. Para el concreto con superplastificante a base de lignosulfonato ocurrió todo lo contrario.

El uso de dosificaciones repetidas puede afectar adversamente el tiempo del fraguado inicial del concreto, particularmente aquéllos con superplastificante a base de lignosulfonatos. Este aspecto requiere de mayor investigación.

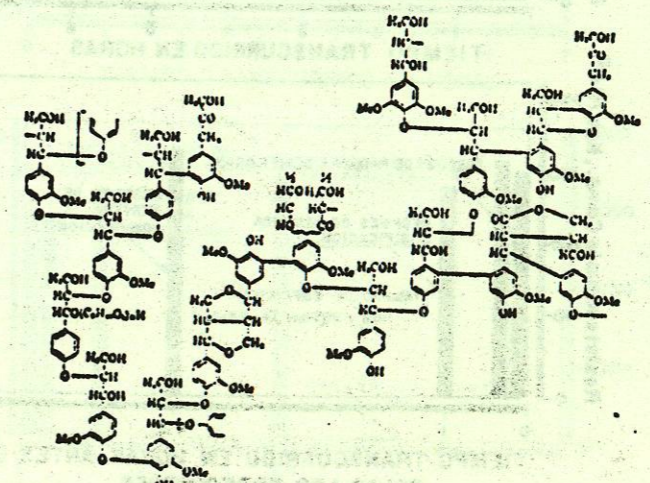
Los resultados presentados en este reporte fueron obtenidos para concretos con relación agua/cemento de 0.42 y elaborados con cemento tipo I. Los superplastificantes pueden o pueden no comportarse como se reporta en concretos con otra relación agua/cemento y con diferentes tipos de cemento, agregados y aditivos inclusores de aire.



R = NAPHTHALENE-FORMALDEHYDE



R = MELAMINE-FORMALDEHYDE



LIGNOSULPHONATE R = LIGNIN

Fig. 1.- Grupo R-Orgánico para neftaleno-formaldehído, melamina-formaldehído y lignosulfonato.