

del superplastificante influirá en la efectividad de los métodos de ensaye acelerados.

En esta investigación se colaron cuatro cilindros de cada una de las 24 mezclas, dos cilindros fueron curados siguiendo el método de curado acelerado (método de agua hirviendo - ASTM C684-77) y los otros dos fueron sujetos al curado estándar de 28 días (ASTM C192-69). Los detalles de curado se describen en la Ref. 5. Los resultados del ensaye acelerado, el peso volumétrico seco, la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad y mediciones de la velocidad de pulso también se muestran en la Ref. 5. En la Tabla 3 se muestra el resumen de los resultados de la resistencia a la compresión.

La relación entre los resultados de resistencia acelerada y a los 28 días se muestra en la Fig. 12, y las ecuaciones de correlación en la Tabla 4. Se puede observar que aunque las ecuaciones individuales para las mezclas de control y mezclas superplastificadas varían de la ecuación general, no obstante, la ecuación general predice los resultados casi con la misma precisión que las ecuaciones individuales. Esto muestra que la adición del superplastificante no afecta adversamente el método de ensaye acelerado.

Las ecuaciones de correlación, relacionando el peso volumétrico seco de especímenes que han sido sujetos al curado acelerado y el peso volumétrico seco de especímenes que han sido sujetos al curado estándar (Fig. 13), muestran coeficientes ligeramente diferentes para el concreto de control y el concreto superplastificado. Sin embargo, la variación es insignificante y los coeficientes de correlación son muy buenos (0.985 y 0.993). Por lo tanto, es posible un cálculo preciso del peso volumétrico unitario seco a los 28 días para ambos concretos, el regular y el superplastificado, utilizando la misma ecuación cuando son disponibles los resultados del ensaye acelerado.

Los ensayos de velocidad de pulso proporcionan un método no-destructivo para ensayar el concreto y a la vez es una manera sencilla y rápida de verificar la calidad del concreto. La relación entre la velocidad de pulso de especímenes sujetos al curado acelerado y la de los estándar se muestra en la Fig. 14 y las ecuaciones de correlación en la Tabla 4. Las ecuaciones derivadas para los concretos superplastificados son casi iguales a la ecuación general derivada para todos los concretos. La velocidad de pulso se toma como el promedio de seis lecturas. Se obtienen coeficientes de correlación muy altos para estas ecuaciones.

Los resultados del módulo de elasticidad son las mejores indicaciones que se pueden obtener del comportamiento elástico de un espécimen de concreto. Los valores del módulo de elasticidad obtenidas de ensayos acelerados contra los valores de módulo de elasticidad a los 28 días se muestran en la Fig. 15 y las ecuaciones de correlación en la Tabla 4. Se puede observar que los concretos de control nos dan una correlación alta entre los valores de ensaye acelerado y de 28 días, y los concreto superplastificados nos dan coeficientes de correlación comparativamente bajos. La razón de esta diferencia no es muy clara. Una posibilidad puede ser los contenidos de aire más altos que se encuentran en los concretos superplastificados. La baja correlación de los concretos superplastifica-

implica que la adición del superplastificante puede afectar la predicción precisa del módulo de elasticidad mediante ensayos acelerados; sin embargo, se necesita una investigación más amplia para llegar a una conclusión definitiva.

#### DURABILIDAD.

El estudio de durabilidad del concreto superplastificado está en progreso en el Centro de Investigación Sobre la Tecnología del Concreto en la Escuela de Minas y Tecnología de Dakota del Sur. Se colaron prismas de concreto de las mezclas superplastificadas y de control, y están sujetas a ciclos repetidos de congelamiento y deshielo. Los ensayos se conducen de acuerdo al ASTM 666-75, método A y hasta el momento han completado 250 ciclos de congelamiento y deshielo. Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que los concretos superplastificados se comportan tan bien como los especímenes hechos del concreto de control sin la adición del superplastificante.

#### CONCLUSIONES.

Basado en el análisis de los resultados experimentales, se llegó a las siguientes conclusiones que son aplicables dentro de las premisas de esta investigación:

- 1.- La adición al concreto de superplastificantes en las dosificaciones recomendadas por el fabricante aumenta el revenimiento considerablemente, sin causar segregación ni sangrado excesivo.
- 2.- La pérdida progresiva de revenimiento se desarrolla en ambos concretos, el del control y el superplastificado. 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. Cerca de un 60 a un 80% del revenimiento se pierde en 80 minutos.
- 3.- La rapidez y cantidad de pérdida de temperatura es la misma para el concreto regular y el concreto superplastificado.
- 4.- La rapidez y cantidad de la pérdida de revenimiento depende del tipo de superplastificante empleado.
- 5.- Cuando se agrega el superplastificante al concreto en las dosificaciones recomendadas por el fabricante, el revenimiento disminuye hasta el revenimiento inicial de la mezcla de control correspondiente entre los 40 a 100 minutos, dependiendo del revenimiento y temperatura inicial, y del superplastificante usado.



- 6.- Las propiedades del concreto endurecido, tales como la resistencia a la compresión, peso volumétrico unitario seco, módulo de elasticidad y velocidad de pulso no son afectadas adversamente debido a la adición del superplastificante.
- 7.- Los métodos de ensaye acelerado ya desarrollados pueden utilizarse sin peligro y con la misma confianza para concretos superplastificados que para los concretos normales. Para ambos concretos se pueden emplear las mismas ecuaciones para calcular la resistencia a los 28 días, el peso volumétrico unitario seco, y la velocidad de pulso cuando se conocen los resultados correspondientes de los ensayos acelerados. La precisión de las predicciones será la misma para ambos concretos.
- 8.- Con respecto al módulo de elasticidad, los coeficientes de correlación son menores para concretos superplastificados en comparación con aquéllos de los concretos de control. Esto indica que la precisión en el cálculo del valor de 28 días a partir del resultado del ensaye acelerado es menor para el concreto superplastificado que para concretos sin superplastificantes.
- 9.- Los resultados obtenidos hasta la fecha, indican que la adición del superplastificante no afecta adversamente la durabilidad del concreto y que el concreto superplastificado tiene una resistencia excelente cuando expuesto a ciclos repetidos de congelamiento y deshielo.
- 10.- Hay una diferencia en la manera en que diferentes superplastificantes afectan las propiedades del concreto fresco y del concreto endurecido. Sin embargo, la información limitada de los ensayos no permite llegar a una conclusión significativa sobre este aspecto.

RECONOCIMIENTO.

Se expresa un reconocimiento muy agradecido a los Asistentes de Investigación: K. Heath, J. Kirkness, S.S. Pande y D. Sandagopal, quienes llevaron a cabo la investigación experimental y ayudaron en la preparación de este trabajo.

TABLA 1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

No. DE MEZCLA	TIPO Y DOSIFICACION DEL SUPERPLASTIFICANTE % EN PESO DEL CEMENTO	A I A % EN PESO DEL CEMENTO	RELACION A/C EN PESO	DESPUES DEL MEZCLADO INICIAL				TIEMPO VEBE Segundos			
				TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °F	REVENIMIENTO			CONTENIDO DE AIRE %		
						mm.	pulg.			PESO VOLUMETRICO Kg./m <sup>3</sup>	Libro/pie <sup>3</sup>
PC1			0.47	22	72	38.1	1.5	2413.5	150.56	2.0	3.1
PS1	LOMAR D 1.5		0.47	21	70	233.7	9.2	2438.3	152.11	1.4	0
PC2		.19	0.67	16	61	147.3	5.8	2161.0	134.81	1.4	0
PS2	LOMAR D 1.5	.19	0.67	15	59	228.6	9.0	2219.0	138.43	9.4	0
PC3		.12	0.52	19	66	63.5	2.5	2323.2	144.93	6.3	1.6
PS3	LOMAR D 1.5	.12	0.52	20	68	107.9	4.25	2297.1	143.30	7.4	0
PC4		.14	0.62	20	68	91.4	3.6	2285.0	142.54	7.2	
PS4	LOMAR D 1.5	.14	0.62	20	68	221.0	8.7	2283.0	142.41	5.2	
PC5		.12	0.49	21.5	71	38.1	1.5	2335.1	145.67	5.2	
PS5	MULCOPLAST CF 1.875	.12	0.49	21	70	203.2	8.0	2266.6	141.40	7.8	
PC6		.14	0.49	21	70	38.1	1.5	2308.3	144.00	6.0	
PS6	MULCOPLAST CF 1.875	.14	0.49	21	70	203.2	8.0	2218.2	138.38	9.2	

NOTA: A I A = Aditivo inclusor de aire - Profex.



TABLA 2.- REVENIMIENTO Y TEMPERATURA PARA VARIOS INTERVALOS DE TIEMPO.

No. DE MEZCLA	TIEMPO EN MINUTOS DESPUES DEL MEZCLADO							
		0	20	40	60	80	100	
P C 1 DE CONTROL	TEMPERATURA	°C	22	20	20	20	19	19
		°F	72	68	68	68	66	66
	REVENIMIENTO	mm.	38.1	17.8	12.7	10.2	0	0
		PULG.	1.5	0.7	0.5	0.4	0	0
P S 1 C O N SUPERPLAS- TIFICANTE	TEMPERATURA	°C	21	20	19	19	19	18
		°F	70	68	66	66	66	64
	REVENIMIENTO	mm.	233.7	195.6	134.6	50.8	30.5	15.2
		PULG.	9.2	7.7	5.3	2.0	1.2	0.6
P C 2 DE CONTROL	TEMPERATURA	°C	16	15	14	14	13	13
		°F	61	59	57	57	55	55
	REVENIMIENTO	mm.	147.3	132.1	94.0	61.0	58.4	45.7
		PULG.	5.8	5.2	3.7	2.4	2.3	1.8

TABLA No. 2

REVENIMIENTO Y TEMPERATURA A VARIOS INTERVALOS DE TIEMPO (continuación)

No. de mezcla	TIEMPO EN MINUTOS DESPUES DEL MEZCLADO							
		0	20	40	60	80	100	
PS 2 Superplasti- ficada.	Temperatura	°C	15	15	15	13	13	13
		°F	59	59	59	55	55	55
	Revenimiento	mm	228.6	185.4	139.7	132.1	132.1	63.5
		pulg.	9.0	7.3	5.5	5.2	5.2	2.5
PC 3 de control	Temperatura	°C	19	18	17	16.5	16	15
		°F	66	64	63	62	61	59
	Revenimiento	mm	63.5	40.6	25.4	12.7	0	0
		pulg.	2.5	1.6	1.0	0.5	0	0
PS 3 Superplasti- ficada	Temperatura	°C	20	18	18	17	17	16.5
		°F	68	64	64	63	63	62
	Revenimiento	mm	107.9	63.5	25.4	15.2	0	0
		pulg.	4.25	2.5	1.0	0.6	0	0



TABLA No. 2

REVENIMIENTO Y TEMPERATURA A VARIOS INTERVALOS DE TIEMPO (continuación)

No. de mezcla	TIEMPO EN MINUTOS DESPUES DEL MEZCLADO							
			0	20	40	60	80	100
PC 4 de control	Temperatura	°C	20	18	18	18	17	16.5
		°F	68	64	64	64	63	62
	Revenimiento	mm	91.4	33.0	27.9	17.8	12.7	0
		pulg.	3.6	1.3	1.1	0.7	0.5	0
PS 4 Superplastificada	Temperatura	°C	20	19	17.5	17	16	16
		°F	68	66	63	63	61	61
	Revenimiento	mm	221.0	160.0	114.3	88.9	22.9	12.7
		pulg.	8.7	6.3	4.5	3.5	0.9	0.5
PC 5 de control	Temperatura	°C	21.5	20	19	19	18	18
		°F	71	68	66	66	64	64
	Revenimiento	mm	38.1	20.3	7.6	0	0	0
		pulg.	1.5	0.8	0.3	0	0	0

TABLA No. 2

REVENIMIENTO Y TEMPERATURA A VARIOS INTERVALOS DE TIEMPO (continuación)

No. de mezcla	TIEMPO EN MINUTOS DESPUES DEL MEZCLADO							
			0	20	40	60	80	100
PS 5 Superplastificada	Temperatura	°C	21	20	20	19	19	18.5
		°F	70	68	68	66	66	65
	Revenimiento	mm	203.2	190.5	190.5	63.5	50.8	25.4
		pulg.	8.0	7.5	7.5	2.5	2.0	1.0
PC 6 de control	Temperatura	°C	21	20	19	18	18	17
		°F	70	68	66	64	64	63
	Revenimiento	mm	38.1	31.8	25.4	17.8	0	0
		pulg.	1.5	1.25	1.0	0.7	0	0
PS 6 Superplastificada	Temperatura	°C	21	20	19.5	19	19	18
		°F	70	68	67	66	66	64
	Revenimiento	mm	203.2	160.0	109.2	78.7	58.4	40.6
		pulg.	8.0	6.3	4.3	3.1	2.3	1.6