REVISTA TECNOLOGICA

CICYT

TITULO

‘Obtención de Concreto de Alta Resistencia mediante adición en el Diseño de un Superplastificante y Ceniza de Cascarilla de Arroz”.

AUTOR

Héctor Fabrizio Jiménez Montero[1], Hugo Egüez Alava[2].

[1]Ingeniero Civil 2001.

[2]Director de Tesis; Ingeniero Geólogo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1985; Maestría EEUU, Universidad Estatal de Virginia del Oeste, 1987. Profesor de ESPOL desde 1987.

RESUMEN

Se implementaron mejoras a un concreto convencional disminuyendo la relación a/c con la adición de la puzolana artificial conocida como ceniza de cascarilla de arroz, un producto de desechos agrícolas que abunda en nuestros campos, la que trabaja llenando los capilares existentes y fortaleciendo los enlaces químicos de las partículas que participan en el diseño del concreto.

Además se utilizó un reductor de agua de alto rango ó superplastificante que tiene como objetivo aumentar la carga aniónica de la partícula de cemento, lo que permite disminuir considerablemente la cantidad de agua en la mezcla, produciendo pastas cementicias de baja relación a/c que producen un concreto de alta fluidéz y resistencia.

INTRODUCCION

Este trabajo presenta una nueva alternativa para obtener concreto de alta resistencia, mejorando los procedimientos tradicionales de diseño de este tipo de concreto.

A esto se suma la incorporación de una puzolana que tiene como característica el aumento del tiempo de hidratación durante el mezclado de la pasta. Esta puzolana es la Ceniza de la Cascarilla de Arroz (CCA), que tiene como principal componente químico la Sílice que combinada con el Hidróxido de Calcio del cemento reacciona generando un nuevo componente llamado Silicato de Calcio.

La presencia de un aditivo Reductor de Agua de Alto Rango aportará de mejor manera con el aumento de la resistencia inicial debido a que es una molécula con carga eléctrica negativa que tiene la propiedad de absorber a la partícula de cemento sin impedirle de ninguna manera que esta partícula se hidrate de forma normal, adicionalmente le confiere propiedades autonivelantes al concreto.

CONTENIDO

El Concreto de Alta Resistencia es una forma de concreto diferente del concreto normal debido a su especial diseño, se lo llama también como Concreto de Alto Desempeño siendo este último nombre de poco uso porque puede indicar una situación diferente a su objetivo.

Su definición de alta resistencia ha cambiado con los años, la primera vez 40 MPa fueron considerados como el límite mínimo, luego fuéron 60 MPa y actualmente un Concreto de Alta Resistencia será tomado como aquel concreto cuya resistencia a la compresión exceda los 70 MPa.

El Concreto de Alta Resistencia contiene los siguientes materiales: Agregados, Cemento Portland Normal (Tipo IP) en cantidades que varían entre 400 y 500 Kg/m^3, ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de entre 5 y 15 de la masa total del cemento cuando el diseño es por adición, arena y agua. La dosis del superplastificante es alta, de 2.5 por ciento en adición del peso del cemento total, permitiendo esto una reducción de agua en el concreto de entre el 30 y 40 por ciento. Esto permite tener una relación agua/cemento muy baja, siempre abajo de 0.35. El superplastificante tiene que ser efectivo con el Cemento Portland, es decir, los dos materiales deben ser compatibles.

Al Concreto de Alta Resistencia generalmente se le denomina Concreto de Baja Permeabilidad, debido a que estas dos propiedades no necesariamente acompañadas, se únen porque las altas resistencias requieren un bajo volúmen de porosidad. La única manera de tener un bajo volúmen de porosidad es que la mezcla contenga partículas bien gradadas en los finos, esto lo realiza la ceniza de la cascarilla de arroz que es el material que llena los espacios vacíos en la pasta de cemento. La baja relación a/c no impide que el concreto sea trabajable debido a las grandes dosis de superplastificante que se utilizan, la densidad del concreto de alta resistencia que se obtiene puede estar en el mismo rango que la densidad del concreto normal; el reemplazo de cierta cantidad de ceniza de cascarilla de arroz por cemento produce un concreto de densidad ligeramente inferior.

1 MATERIALES UTILIZADOS

1.1 AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

Para que el concreto cumpla con su función, el agregado que se utilice debe tener propiedades como la de ser compatible con el cemento, ser resistente al deterioro causado por cargas aplicadas, ser resistente al deterioro provocado por el clima y agentes químicos, ser permanente en sus propiedades durante el proceso de construcción para sostener las otras funciones del concreto, tener resistencia interna adecuada y estabilidad para asimilar presiones superficiales con pocas deformaciones y ser resistente a los efectos de fuerzas internas, como expansión y contracción. La caliza triturada #8 ASTM C33, que se utilizó en esta tésis, es un material con absorción del 3%, densidad saturada superficialmente seca de 2600 kg/m^3 y módulo de finura 5.9.

La arena que se utilizó es una arena homogenizada (caliza) con módulo de finura 3.1, densidad saturada superficialmente seca de 2550 kg/m^3 y absorción de2.99%.

1.2 CEMENTO PORTLAND

A continuación se resume la composición química del cemento Portland IP utlizado: 27.9% de Dióxido de Silicio (SiO_2), 5.8% de Oxido de Aluminio (Al_2O_3), 53.7% de Oxido de Calcio (CaO), y 2.9% de Oxido de Hierro (Fe_2O_3).

De la misma manera se presentan las resistencias a la compresión promedio obtenidas en cubos de mortero de 50 mm según norma ASTM C 109, a 3 días de 21 Mpa, a 7 días de 28 Mpa, a 28 días de 35 Mpa; el Blaine es de 420 m^2/kg; el Fraguado Inicial es a 190 minutos y el Fraguado Final a los 270 minutos.

1.3 PUZOLANAS (ADICIONES)

La cascarilla de arroz quemada en un rango de temperatura entre 600 a 800 °C, presenta un marcado carácter puzolánico. La ceniza de la cascarilla de arroz contiene sobre el 90 por ciento de Sílice y tiene un área superficial específica (Blaine) promedio de 2006 m^2/kg., según ASTM C204-96a.

La actividad puzolanica de la ceniza de la cascarilla de arroz depende de la temperatura de quemado y del período de retención en el horno. La variabilidad de las condiciones de quemado es la primera razón que evita expandir el uso de este material como puzolana. La tabla I, nos muestra la composición química de la cascarilla de arroz y de su ceniza quemada al aire libre.

1.4 ADITIVO

El aditivo que se utilizó fue el Megamix, que es un aditivo líquido, reductor de agua de alto rango que cumple con la norma ASTM C494 Tipo F y tiene como materia prima base el poly-carboxil-naftaleno.

La forma en que las moléculas de este superplastificante trabajan con las partículas de cemento es por absorción a su superfície y consecuentemente deben producirse cargas electrostáticas negativas, que genera una repulsión electrostática entre ellas. Así, se produce un concreto que supera los 150 Mpa de resistencia a la compresión. Reduce el requerimiento de agua hasta un 40% si se lo aplica sólo.

En nuestro trabajo con la ceniza de cascarilla de arroz se encontraron reducciónes de agua entre el 42 y 46%.

2 MEZCLAS DE LABORATORIO

Las mezclas se realizaron inicialmente con la hidratación de los agregados durante 1½ minutos, seguido de la mezcla con el cemento del diseño hasta completar 3 minutos de mezcla y la adición final del aditivo. El aditivo fue dosificado de dos maneras; primero se lo diluyó en un volumen igual de agua para dosificarlo al final de la mezcla del concreto, este procedimiento se aplicó solamente en el diseño 2 de la tabla II y III; la segunda forma de dosificación del Megamix fue pura, sin diluir, también colocada al final de la mezcla de concreto. De las dos maneras de aplicar el aditivo, la segunda fue la que produjo los mejores resultados de reducción de agua y plastificación del concreto.

3 RESULTADOS

3.1 RESISTENCIAS

Para los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, que se muestran en la tabla III y su gráfico en la figura 1 que corresponden al diseño de 500 kg de cemento Portland y para los resultados mostrados en la tabla IV con su gráfico en la figura 2 que son del diseño de 400 kg de cemento Portland, se puede observar la amplia variación de resistencias entre el diseño patrón y los otros diseños que contienen los materiales nuevos. Se utilizó para los ensayos cilindros de 10*20 cm, logrando las lecturas esperadas.

3.2 VARIACION DEL REVENIMIENTO

La metodología utilizada para la obtención de este concreto fue de que inicialmente los agregados mezclados fueron hidratados con el 60% del agua de diseño durante 1½ minutos, seguidamente se añadió cemento a la mezcla con el agua restante del diseño para ser mezclado por un tiempo total de 3 minutos y por último se añadió a la mezcla el aditivo con la posterior medición del revenimiento de la mezcla. La figura 3, muestra los resultados de este ensayo en los diseños.

4 ANALISIS DE RESULTADOS

La resistencia del diseño de 500 kg/m^3 que posee los dos materiales nuevos, como la ceniza de la cascarilla de arroz y el superplastificante, es mayor en un 30% a 90 días, en relación al que solo tiene el superplastificante, seguramente porque la ceniza yá se encuentra rellenando los capilares en forma de Silicato de Calcio.

Antes de colocarse el aditivo en la mezcla ésta posee una consistencia seca, debido a la menor cantidad de agua de mezclado utilizada en éstas dosificaciones, por tál razón la difusión del aditivo hacia las partículas de cemento hace necesario aumentar ligeramente el tiempo de mezclado. Los diseños donde se utilizó Ceniza de Cascarilla de Arroz presentan una notoria mejoría del asentamiento y el efecto del aditivo sobre la reducción del revenimiento es notoria ya que los diseños que utilizaron Ceniza de Cascarilla de Arroz prolongaron la caída del asentamiento medido en el cono de Abrams.

Tabla II. Cantidad de material usado en el Diseño de 500 Kg de cemento.

Diseño Patrón (a/c = 0.5485)
Reducción de agua = 0%

PP(3/8)	650 Kg/m^3
C(IP)	505 Kg/m^3
Agua	277 Kg/m^3
Arena	798 Kg/m^3

Diseño 1 (a/c = 0.3250)
Reducción de agua = 40%

PP(3/8)	650 Kg/m^3
C(IP)	505 Kg/m^3
Agua	164 Kg/m^3
Arena	798 Kg/m^3
Aditivo	12.60 Kg/m^3

Diseño 2 (a/(c+p) = 0.3185)
Reducción de agua = 42%

PP(3/8)	650 Kg/m^3
C(IP)	505 Kg/m^3
Agua	161 Kg/m^3
Arena	798 Kg/m^3
Aditivo	12.60 Kg/m^3
CCA	25.27 Kg/m^3

Diseño 3 (a/(c+p) = 0.2965)
Reducción de agua = 46%

PP(3/8)	650 Kg/m^3
C(IP)	505 Kg/m^3
Agua	150 Kg/m^3
Arena	798 Kg/m^3
Aditivo	12.60 Kg/m^3
CCA	25.27 Kg/m^3

Fuente: Centro Técnico del Hormigón

Tabla I. Composición química de la Cascarilla y la Ceniza de la Cascarilla de Arroz

Componente Químico	Composición Química (%)	
	Cascarilla de Arroz	Ceniza de Cascarilla Arroz
SiO_2	83.2	94.1
Al_2O_3	0.95	0.12
Fe_2O_3	1.05	0.3
CaO	1.02	0.55
MgO	1.03	0.95
K_2O	1.29	2.10
Na_2O	0.15	0.11
P_2O_5	0.4	0.41
SO_3	0.13	0.06
TiO_2	0.08	0.05
Cl	0.07	0.05
Pérdida	10.6	1.1
Total	99.97	99.9

Fuente: Centro Técnico del Hormigón

Tabla III. Resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión de los Diseños de 500 Kg de cemento.

Edad (días)	Resistencias (Mpa)			
	a) Diseño Patrón a/c = 0.5485	b) Diseño 1 a/c = 0.3250	c) Diseño 2 a/(c+p) = 0.3185	d) Diseño 3 a/(c+p) = 0.2965
0	0	0	0	0
3	20,5	41,5	47,4	45,2
7	23,6	45,1	48,1	50
14	26,8	46	48,1	51,4
28	28,8	52,1	54,5	54,2
90	34	61,4	54,8	80

Revenimiento de Diseño Patrón = 16 cm.
a/c = Relación agua vs. cemento
a/(c+p) = relación agua vs. cemento + ceniza de cascarilla de arroz

Fuente: Centro Técnico del Hormigón

Tabla IV. Resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión de los Diseños de 400 Kg de cemento.

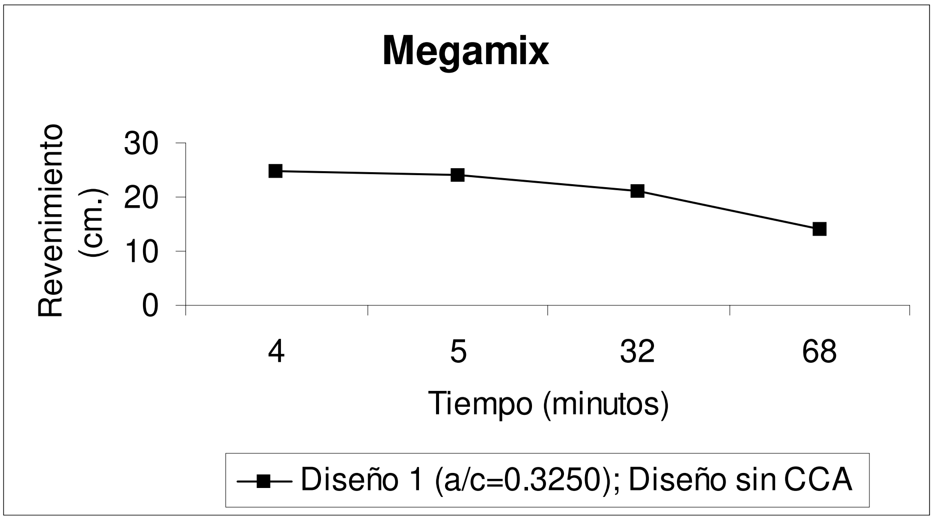
Edad (días)	Resistencias (Mpa) a) Diseño Patrón a/c = 0.6894	b) Diseño 1 a/c = 0.5240	c) Diseño 2 a/c = 0.3507
0	0	0	0
3	10,2	27,3	35,7
7	13,7	27,5	41,8
14	16,3	30,6	46,7
28	20	33,9	50,4
90	21,3	40,9	58,8

Revenimiento de Diseño Patrón = 14 cm.
Revenimiento del Diseño 2 = 16 cm.

Fuente: Centro Técnico del Hormigón

Figura 3. Variaciones de Revenimiento versus el Tiempo de los Diseños 1 y 3 de 500 Kg de cemento.

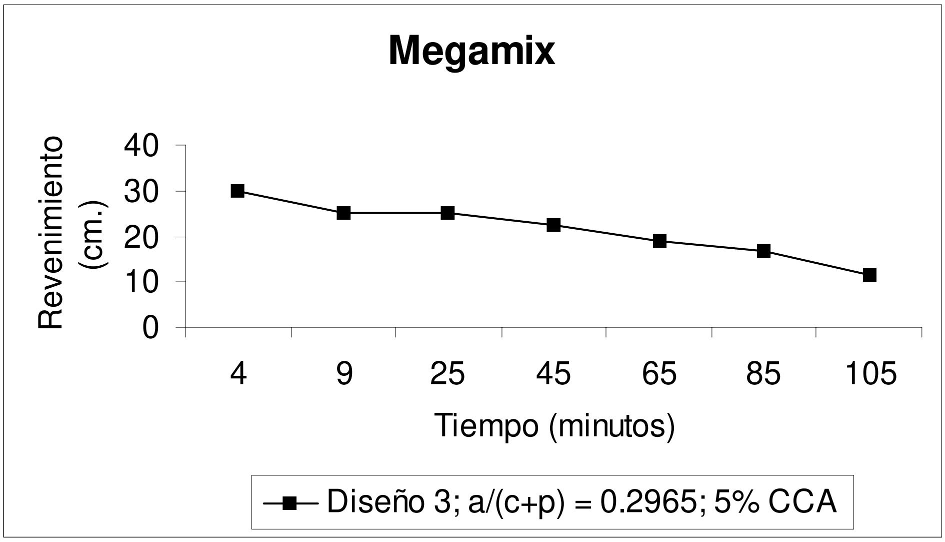
Diseño 1



CCA = Ceniza de Cascarilla de Arroz

Tiempo	Asentamiento
(minutos)	(cm.)
4	25
5	24
32	21
68	14

Diseño 3



Tiempo (minutos)	Asentamiento (cm.)
4	30 (Asumido)
9	25
25	25
45	22,5
65	18,7
85	16,7
105	11,5

CONCLUSIONES

La aplicación de estos dos materiales aumenta la fuerza del enlace del concreto, disminuye la capilaridad ó porosidad produciendo finalmente un concreto mas resistente.

De los ensayos realizados y sus resultados se pueden resumir las siguientes conclusiones:

1. La adición de un 5% de Ceniza de Cascarilla de Arroz a un diseño de concreto elaborado con cemento Portland IP, incrementa hasta un 30% de su resistencia a los 90 días de curado normalizado.
2. El aditivo Superplastificante elaborado en base a poli-carboxil-naftaleno, permite el incremento del tiempo de trabajabilidad del concreto en aproximadamente 45%, siempre y cuando se cumpla las siguientes condiciones (Diseños 1 y 3):
   a) 5% de adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz,
   b) Colocación del aditivo Superplastificante en dósis del 2.5% del cemento, proporcionado sin diluir, luego de la hidratación de todos los materiales del concreto produciendo na consistencia seca.

REFERENCIAS

a) Libro anual de los estandares ASTM, 1997; Sección 4, Construcción; página 160, página 173.

b) Química del cemento y del concreto de LEA; Cuarta Edición, editada por Peter C. Hewlett, 1988; Capitulo 6, página 241; Capitulo 10, página 471; Capitulo 15, página 837.

c) Propiedades del concreto; Cuarta y Final Edición, editada por A. M. Neville; Capitulo 3, página 125; Capitulo 5, página 243.

d) Monografía de cemento Portland, n.007; Ing. Leonardo Carrión B; Agosto 1996.

e) Monografía de agregados para Hormigón, n.008; Ing. Hugo Egüez A; Agosto 1995.

f) Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas; Seminario: “El Asfalto en la construcción vial”; 22 al 26 de Noviembre de 1999.

g) Folleto de instrucciónes del aditivo “Megamix”.

h) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 490:99, Segunda revisión.

i) Centro Técnico del Hormigón.