

Los requisitos en la especificación federal que usa el Cuerpo de Ingenieros, difieren de los de ASTM C-618, primordialmente en la imposición de límites de 6% y 8% sobre la pérdida de ignición en la ceniza volante y en las puzolanas naturales respectivamente, en lugar de 12% y 10%, y en el uso de superficies específicas en lugar de la cantidad retenida en una criba Núm. 325 para la fineza. La limitación en la pérdida de ignición, está orientada hacia el único problema importante en el uso de la puzolana en los concretos, es decir, el control del contenido de aire. Un material que contiene 12% de carbono puede ser adecuadamente puzolánico sin ninguna propiedad deletérea, pero si el contenido de carbono en sucesivos embarques se le permite variar entre 0 y 12%, habrá problemas serios respecto al control del contenido de aire. El Cuerpo de Ingenieros, además exige que la ceniza sea recolectada y almacenada en un silo en el lugar de origen, hasta que se han completado todos los ensayos que se llevan 7 días o menos. Esta política, además de los requisitos de uniformidad sobre la fineza y densidad, y la limitación del 6% en la pérdida de ignición, ha dado como resultado que se alcancen tanto, un alto grado de calidad como de uniformidad.

Es imposible confirmar los resultados de la investigación de laboratorio a que se refiere la Tabla I con los datos del campo, debido a que en un determinado proyecto los resultados no son disponibles en concretos con puzolana y sin ella. Sin embargo, los resultados del campo contenidos en la Tabla Núm. 2 son instructivos. Los resultados corresponden a concreto interior con un bajo contenido de cemento, y a un concreto exterior con un alto contenido de cemento que fue usado en dos presas, una de las cuales contenía pizarra calcinada como sustituto del cemento y la otra ceniza volante. Se ha visto que al aumentar la cantidad de material cementante esto aumenta la exigencia de agua cuando se usa pizarra calcinada, mientras que disminuye la necesidad del agua cuando se usa la ceniza volante. La resistencia a los 7 días puede ser muy baja (en un caso, de hecho, falló en desarrollar la resistencia requerida a los 3 días), pero hay un gran aumento de la resistencia entre los 28 y los 90 días, de modo que la resistencia a los 90 días es muy aceptable.

Futuras Inquietudes

El Cuerpo de Ingenieros tiene tres principales preocupaciones para el futuro del concreto masivo, todas las cuales son, o pueden ser, relacionadas con el uso de la puzolana. La primera es, cómo lograr el uso efectivo de grandes cantidades de cenizas sub-bituminosas y de lignito que están ahora disponibles en los Estados Unidos y que continuarán estando disponibles como materiales de mezcla en el cemento, o como materiales que van a ser mezclados directamente con el concreto. Las otras dos preocupaciones son la amenaza de escaseces y falta de cementos resistentes al sulfato y cementos bajos en álcalis.

Ceniza Sub-Bituminosa.- Hasta la fecha toda la ceniza volante usada en el concreto masivo ha sido ceniza volante bituminosa. Una importante proporción de la ceniza que ahora se produce es sub-bituminosa o lignita. Estas cenizas se diferencian de la ceniza volante vituminosa en el hecho de que pueden --

contener tanto como un 20% de óxido de calcio. Existe ahora una especificación de la ASTM que abarca estos materiales. Una investigación preliminar del laboratorio, señala que la ceniza actualmente asequible puede ser usada en el concreto masivo.

Resistencia al Sulfato.- Un mercado cerrado del cemento, el cual, según se ve, será durante varios años una parte de lo que veremos de la construcción en los Estados Unidos, tanto como en México, hace que cementos especiales tales como los resistentes al sulfato sean difíciles de obtener. Es sabido que muchas puzolanas incorporan una alta resistencia al sulfato a los cementos Portland normales. Sin embargo, también se sabe que algunas cenizas volantes sub-bituminosas contienen importantes cantidades de sulfato de calcio, de modo que esto puede provocar en lugar de inhibir los ataques del sulfato. Existe la necesidad de hacer un ensaye para valorar la resistencia al sulfato que tienen -- las mezclas de cemento-puzolana. La ASTM está investigando intensamente el desarrollo de semejante ensaye de laboratorio.

Reacción Alkali-Agregado.- Durante muchos años se ha sabido que una de las formas más efectivas de combatir la reacción álcali-agregado en el concreto, es añadir una puzolana activa al concreto. Esta técnica ha permanecido esencialmente sin usarse debido a que hay otra técnica más viable, que es el uso de un cemento Portland bajo en álcalis y que ha sido muy sencillo su empleo. Cantidades ilimitadas de cemento bajo en álcalis han estado disponibles sin ningún aumento en su precio en todas las partes de los Estados Unidos. Consideraciones de orden energético han hecho ahora imposible la producción de cemento bajo en álcalis en muchas regiones. Es necesario, pues, desarrollar criterios realistas para el uso de la puzolana. Puesto que no ha habido un incentivo para desarrollar criterios prácticos en el pasado, los criterios actuales pueden ser demasiado conservadores. Debido a estos fines, se puede establecer que las puzolanas naturales son generalmente más efectivas que las cenizas volantes.

Estructura	Material	Cemento y Puzolana		Agua	Resistencia	
		kg/m <sup>3</sup>	%		7 días	28 días
John Day Dam	Pizarra calcinada	122	80.3	2.2	10.3	20.0
		124	91.6	10.7	22.6	
Howell Dam	Cenizas volantes	140	108.8	2.8	8.8	12.8
		120	102.8	2.8	12.4	22.4

Tabla 1

Propiedades del Concreto de Laboratorio con Puzolana y sin ella

Material	Sustitución %	Agua kg/m <sup>3</sup>	Calor de hidratación cal/g		Resistencia a la compresión MPa	
			3 días	7 días	3 días	90 días
Concreto interior 125 kg (o equivalente) por m <sup>3</sup>						
Sin	0	92.7	63	83	11.0	18.5
Pumicita	25	90.3	52	66	5.2	12.8
Pizarra Calcinada	30	93.8	54	69	5.9	13.7
Ceniza volante	30	86.6	54	65	4.1	16.9
Concreto exterior 224 kg (o equivalente) por m <sup>3</sup>						
Sin	0	93.2	62	77	16.4	23.6
Pumicita	25	93.3	53	67	9.5	20.5
Pizarra calcinada	20	96.8	60	74	15.3	24.5
Ceniza volante	30	91.3	53	63	9.6	18.9

Tabla 2

Propiedades del Concreto Masivo en el Campo con Puzolana

Estructura	Material	Cemento y Puzolana kg/m <sup>3</sup>	Agua kg/m <sup>3</sup>	Resistencia a la compresión MPa		
				7 días	28 días	90 días
John Day Dam	Pizarra calcinada	125	80.3	3.5	10.3	20.0
		224	91.6	10.7	25.6	
Hartwell Dam	Ceniza volante	140	108.8	2.6	6.8	12.8
		210	105.8	7.9	15.4	25.4

RESUMEN

PROF. HUANG SHIYUAN

PROF. HUANG SHIYUAN



B I O G R A F I A

El Prof. Huang Shiyuan es profesor asociado en el Instituto Wuhan de Materiales de Construcción en China, es actualmente investigador visitante en el Instituto de Investigación de Cemento y Concreto en Suecia donde se dedica a la investigación de la hidratación del cemento de ceniza volante.

Se graduó de la Universidad Técnica Harbin de China en 1956 - y se ha dedicado a trabajos de investigación sobre materiales de construcción desde entonces. Ha publicado muchos trabajos en Chino sobre el daño inicial del concreto a causa de las heladas, el aditivo complejo para el endurecimiento del concreto a temperaturas negativas, productos de cal y ceniza volante curados a vapor y en autoclave, el estabilizador para concreto aireado, etc. Ganó el premio nacional de invenciones del gobierno Chino en 1980.

Investigador visitante en el Swedish Cement and Concrete Institute, Profesor Asociado en el Instituto Wuhan de Materiales para la Construcción, Wuhan, China