

- 67 -

654-2 EMPLEO DE LAS PUZOLANAS EN EL HORMIGON

(Use of Pozzolans in Concrete)

R.E. Davis

De: "J. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE", 377, enero 1950

Algunos minerales de origen ígneo y volcánico, tales como la pómez, puzolanas, y otros materiales silíceos finamente divididos como las diatomitas cenizas volantes y tierras de Fuller, han recibido atención, en diversas ocasiones, por los técnicos del cemento. La posibilidad de sustituir parte del portland que entra en la composición de mezclas para hormigón, por uno de estos minerales pulverizados, no deja de ser sugestiva.

Hasta el desarrollo de los cementos naturales, aún no hace 200 años, los únicos cementos hidráulicos que se empleaban, - estaban formados por mezclas de puzolana y cal, que en los tiempos de esplendor de Roma y Grecia, se utilizaron en toda clase de obras de albañilería. En épocas modernas, sobre todo en Europa, se ha hecho uso de mezclas de cemento "rebajado" con trass o puzolana, sobre todo en Alemania.

Composición y propiedades de la puzolana

Puede considerarse a la puzolana con un material silíceo que, por sí mismo, no posee ninguna propiedad hidráulica pero, - cuando se encuentra muy finamente dividido y en presencia de hu-

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

medad, es capaz de reaccionar con la cal a temperatura ordinaria para formar compuestos insolubles que tienen propiedades cementicias. En lo que se refiere a la naturaleza de la reacción química que tiene lugar entre la cal y la puzolana, poco puede decirse. A este respecto, nuestros conocimientos no son más profundos que hace 25 años.

Es evidente, sin embargo, que la velocidad de reacción depende de la composición mineral y del grado de finura del material puzolánico. Las diferencias entre materiales procedentes de diversos yacimientos son muy considerables: hay puzolanas adecuadas para ser mezcladas con cementos y otras que no lo son. No obstante, los ensayos a realizar para la comprobación del extremo citado, son largos y tediosos.

La sílice,  $\text{SiO}_2$ , es el principal componente de las puzolanas. La mayor parte de ellas contienen, además, alúmina, óxido de hierro y pequeñas cantidades de álcalis. Hay puzolanas bajas en sílice (menos del 40%) que dan buen resultado en los hormigones.

Como se sabe, la sílice en forma amorfa reacciona con el  $\text{Ca(OH)}_2$  liberado del cemento portland, con mucha mayor rapidez que lo hace la sílice cristalizada. Los materiales silíceos se pueden dividir, según esto, en dos categorías: aquellos que contienen cierta proporción de sílice amorfa reactiva (puzolanas) y los que están formados por compuestos cristalinos (no-puzolanas). Entre las puzolanas naturales, las más activas son las que tienen un ele

vado contenido en ópalo, tales como las diatomitas, los sílex opalinos y los esquistos. Mucho menos activos son los vidrios volcánicos tales como las pumicitas y las tobas. Muchos materiales inactivos, pueden adquirir propiedades puzolánicas por calcinación o tratamiento térmico adecuado. En Estados Unidos tienen gran interés las "cenizas volantes", entendiéndose con dicha denominación los residuos finamente divididos de la combustión del polvo de carbón, tal como se recogen en los Cottrell de las instalaciones generadoras de vapor, centrales térmicas etc. La finura de estas partículas es, en algunos casos, superior a la del cemento. Su contenido en  $\text{SiO}_2$  varía entre 30 y 45 por 100.

#### Sustitución del cemento por puzolanas

La cantidad óptima de puzolana que puede añadirse para rebajar un cemento depende de las propiedades que queramos dar al hormigón, del carácter y finura de la puzolana, la riqueza de la mezcla y otros diversos factores. Dicha proporción puede oscilar entre 4-6% para la diatomita muy pulverizada y 35-50% para las cenizas volantes.

En términos generales, puede decirse que los hormigones con puzolana son más plásticos, exhuden menos y tienen menos segregación de los ordinarios. Para obtener un asentamiento determinado se necesita, en general, más agua con las mezclas cemento-puzolana que con el portland sólo. Pero esto no debe tomarse muy al pie de la letra pues es bien sabido que los hormigones puzolá-

nicos son más "grasos" y con 25 ó 50 mm. de asentamiento pueden ponerse en obra con mayor facilidad que las pastas ordinarias con asentamientos mucho mayores. El aparato "Powers" dá una medida muy razonable de la docilidad de un hormigón puzolánico con mayor garantía que el ensayo de asiento. Con algunos tipos de puzolana, el empleo de un agente de aireado, proporciona relaciones agua:cemento mucho más bajas que cuando se emplean portland puros.

En cuanto a las resistencias, los hormigones de puzolana dan en las primeras edades resistencias a la compresión apreciablemente más bajas que los comunes. Al pasar el tiempo, las resistencias tienden a hacerse iguales. El empleo de la puzolana para rebajar el cemento es más beneficioso con mezclas pobres para hormigón que con dosificaciones altas.

Una de las características más importantes del hormigón con puzolana es su impermeabilidad, sobre todo en las últimas edades. El calor de hidratación es menor que en los hormigones de cemento. La resistencia a los agresivos químicos y en especial a los sulfatos, también es otra cualidad de los hormigones puzolánicos. La resistencia a la intemperie depende de la dosificación, tipo de puzolana y preparación de las mezclas. Cuando se emplean agentes de aireado, la durabilidad de estos hormigones es tan buena o mejor que la de los ordinarios, así como sus características de heladicidad.

Una desventaja de consideración para los hormigones que

contienen puzolana, es su mayor retracción con respecto a los ordinarios. Sin embargo, cuando se emplean cenizas volantes y ciertos tipos de diatomitas, la retracción puede rebajarse a límites que caen, incluso, por debajo de los correspondientes a hormigones comunes.

### Empleos en construcción

Por lo que acabamos de decir, es evidente que, si se utiliza la cantidad óptima de puzolana juntamente con un agente de aireado apropiado, los hormigones de puzolanas se prestan bien para la construcción de toda clase de obras, incluso edificios. En todo caso, el factor que más ha de pesar en la elección del material es el precio de coste. Si la suma del importe de la puzolana más el agente de aireado es inferior a la correspondiente a la cantidad de cemento sustituida, la decisión es inmediata. En caso de empate, habrá que tener en cuenta las condiciones especiales de la obra. Así, cuando se trata de presas y obras masivas realizadas con mezclas pobres, donde interese la impermeabilidad y el bajo calor de fraguado, deberán emplearse, sin duda, los cementos de puzolana. Para obras marítimas y subterráneas, en suelos húmedos, puede aplicarse lo dicho anteriormente. En el caso de construcción de pavimentos, no debe perderse de vista el hecho de que los hormigones con puzolana dan poca segregación, proporcionan masas muy homogéneas y resistentes a la intemperie y a los hielos y, si están bien dosificadas y aireadas, poseen una retracción perfectamente admisible.

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO ..

En lo que se refiere al empleo concreto de las cenizas de humos como material puzolánico, sustituyendo en un 30% al portland puede afirmarse que el carbón que puedan contener las cenizas no influye apreciablemente en la calidad del hormigón, sobre todo dentro de límites razonables. El autor hace un resumen de diversas experiencias realizadas con cenizas volantes que contenían distintas proporciones de carbón. La retracción resulta también afectada tanto por la finura de las cenizas como por su riqueza en material carbonoso. En el caso de un cemento rebajado en un 20% con cenizas pobres en carbón, se comprobó que la retracción era un 7% menor que para el cemento portland puro. Con unas cenizas muy carbonosas, en cambio, y durante el mismo periodo, la retracción fué un 25% mayor. No cabe duda que las cenizas volantes pobres en carbón y de elevado grado de finura, constituyen un excelente material puzolánico de empleo general en construcción.

En cuanto al empleo de diatomitas, tal como la celita, puede afirmarse que, cuando este material superpulverizado se emplea juntamente con un agente de aireado, pueden hacerse ahorros de un saco de cemento por cada 0,76 m<sup>3</sup> de hormigón sin sacrificar resistencias, aumentar la retracción ni, en general, perjudicar a la obra en lo más mínimo.

N O T A  
=====

En el número de enero (pág. 85) de la revista Rock Products se anuncia por vez primera la producción y venta de "cenizas volantes" por la empresa Commonwealth Edison Co., de Chicago, que será capaz de abastecer unas 150.000 Tm. de este material en 1950. Esta producción será absorbida, en su mayor parte, por las obras de una presa en Montana, en la que se utilizarán más de 50.000 Tm. por año como agente adicionante del hormigón: Se calcula obtener, con esta adición, un ahorro de un millón de dólares, al mismo tiempo que se mejora la calidad del hormigón y se disminuye la cantidad de calor desprendido en el fraguado y endurecimiento.

---

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -