

BIBLIOGRAFIA

- 1.- B. D. Nautiyal, R. P. Lobtia, O. P. Jain. Compressive Strength and Modulus of Elasticity of Fly Ash Concrete Irrigation and Power, Vol. 34, April 1977, p. 223-233.
- 2.- "Pozzolan" a classified pulverised-fuel ash for use in concrete (second Interim Report), Building Research Advisory Service, Report of Special Investigation, No. 3083.
- 3.- PFA Data Book Concrete (C.E.G.B.).
- 4.- Raymond E. Davis, Roy W. Carlson, J. W. Kelly and Harmer E. Davis. Properties of Cements and Concretes containing Fly Ash Journal of the A.C.I., Vol. 33, May-June 1937.
- 5.- E. C. Higginson Mineral Admixtures. ASTM STP 169A, 1966.
- 6.- E.A. Abdun-Nur. "Fly Ash in Concrete, an Evaluation". Bulletin 284, Highway Research Board, 1961.
- 7.- B. S. 1881: Part 5:1970. 6 Test for determining the initial surface absorption of concrete. p. 27.
- 8.- M. Levitt. Non-destructive testing of concrete by the initial surface absorption method.
- 9.- L. Guillaume. Pozzolanic activity of fly ash in Portland cement and slag cement. Silicate Inds., Vol. 28, No. 6, 297-300, 1963 (in French)
- 10.- M. Venuat. Fly ash cement, influence of the proportion of fly ash on properties of cement. Rev. Mater. Constr. Trav. Publics, 565, 271-279, 566, 315-324, 567, 349-356, Oct., Nov. and Dec. 1962 (in French).

CARACTERISTICAS Y USOS EN LA CONSTRUCCION DE LAS CENIZAS VOLANTES DE LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE RIO ESCONDIDO.

ING. CARLOS J. MENDOZA

RESUMEN

Se presentan las propiedades físicas y químicas de las cenizas utilizadas en el estudio y se analiza la posibilidad de su empleo como material puzolánico.

Se hace una evaluación del comportamiento de los cementos puzolánicos, formados, por la combinación de cemento Portland y diferentes porcentajes de ceniza volante, con base en los resultados de las pruebas físicas y químicas efectuadas a dichos cementos.

Se analiza la posibilidad del empleo de las cenizas en la fabricación de productos silico-calcáreos y en la elaboración de concretos puzolánicos dando recomendaciones para la obtención de diferentes resistencias mecánicas.

Finalmente se plantea la posibilidad de utilizar las cenizas en otras aplicaciones no tradicionales como son la fabricación de agregados ligeros, la elaboración de productos cerámicos, la estabilización de suelos, etc.

INTRODUCCION

La Comisión Federal de Electricidad está construyendo actualmente una planta termoeléctrica en Río Escondido, Coahuila, que tendrá una capacidad instalada de 1,200 Megawatts. Dicha planta aprovechará como combustible el carbón mineral disponible en esa zona. Debido a que las impurezas del carbón son altas, se espera que la cantidad de ceniza volante y de fondo, subproducto de la combustión, se eleve a 5,000 ton, por día, aproximadamente.

Previamente la CFE instaló y operó una planta piloto por un lapso de aproximadamente 10 años. Esta planta situada en Nava, población cercana a Río Escondido, empleó carbón proveniente de una mina de la misma zona, pero diferente a la que se explotará para las nuevas instalaciones.

La Comisión Federal de Electricidad tiene interés en encontrar posible campos de aplicación que permitan aprovechar las cenizas y al mismo tiempo evitar la contaminación de la zona. Para tal fin solicitó al Instituto de Ingeniería el estudio de las características físicas y químicas de las cenizas que se obtuvieron de la operación de la planta de Nava, considerando que estas serían semejantes a las que se tendrán al operar la planta de Río Escondido. En el presente trabajo se consignan los resultados obtenidos de los muestreos y su evaluación en cuanto a la posibilidad de emplear las cenizas en diversas aplicaciones en la construcción.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LAS CENIZAS

2.1 Muestreo

Las cenizas producidas en la planta piloto de Nava, Coahuila, están almacenadas en pilas distribuidas en áreas correspondientes a diferentes épocas de operación de la mencionada planta. Dado que no hay información sobre la procedencia de las cenizas, las muestras se relacionaron únicamente con la etapa de producción; así la muestra 1 correspondió a los años 1969-1970, la muestra 2 a 1973-1974 y la muestra 3 a 1975-1978. Dentro de cada área se tomaron 12 muestras individuales, las cuales se mezclaron para formar una muestra compuesta ya que el propósito del estudio fue establecer el campo de las posibles aplicaciones de las cenizas y no determinar las variaciones de las mismas. Cada muestra fue de 14 kg de material.

2.2 Propiedades físicas

2.2.1 Finura

La finura es una de las principales variables que hay que considerar para determinar la conveniencia de emplear una ceniza volante en el concreto.

La ceniza proveniente de la planta piloto de Nava, tabla 1, con 41 por ciento en promedio de material retenido en la malla de 45 μ m, resulta una ceniza gruesa debido principalmente a que se encuentran mezcladas la ceniza volante y la de fondo. Si se compara este resultado con el límite que establece el ASTM, 34 por ciento de material retenido en la malla de 45 μ m, se concluiría que esta ceniza no resulta adecuada para mezclarla con cemento Portland y formar un cemento Portland puzolánico. Sin embargo, considerando la norma Australiana que establece dos límites que se deben cumplir simultáneamente, aún la muestra 3 de la ceniza de Nava que tiene 44 por ciento de retenido en la malla de 45 μ m y 12 por ciento en la de 150 μ m, podría ser adecuada en cuanto a finura para molerla conjuntamente con clinker de cemento Portland y obtener un cemento Portland puzolánico.

2.2.2. Resistencia a compresión

Los ensayos de resistencia a compresión se hacen en especímenes de mortero y el contenido de agua en la mezcla con ceniza se ajusta para alcanzar una consistencia similar a la de la mezcla de control hecha con cemento Portland. Estos ensayos sirven para demostrar que la ceniza volante no afecta adversamente las propiedades del cemento Portland.

En la tabla 1 se consignan los resultados de los ensayos de compresión realizados de acuerdo con esas normas en las tres muestras de las cenizas de Nava. Se aprecia que en promedio la resistencia en compresión de morteros con ceniza es 52 por ciento superior a la de las mezclas de control que fue de 303 kg/cm². Este incremento importante pone en evidencia las posibilidades que ofrecen las cenizas para ser empleadas como aditivos.

2.2.3 Actividad puzolánica

El índice de actividad puzolánica sirve para evaluar el efecto a largo plazo de la puzolana en el concreto, más que para determinar las propiedades a corto plazo.

Las pruebas efectuadas a las cenizas de Nava se hicieron siguiendo las recomendaciones de las normas ASTM y los resultados mostrados en la Tabla 1 indican que se obtuvieron porcentajes de resistencias respecto a la mezcla de control de 70, 77 y 80 por ciento, para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente. Estos resultados con un valor medio de 75.6 por ciento, prácticamente igual al valor mínimo, son indicativos de una baja actividad puzolánica, probablemente debido a su baja finura y al alto contenido de humedad que durante mucho tiempo han tenido estas cenizas.

Las normas ASTM establecen además una resistencia a la compresión mínima en ensayos hechos en morteros con cal. Las pruebas efectuadas a las cenizas de la planta de Nava siguieron la norma ASTM y se alcanzaron resistencias a compresión de 33, 22 y 24 kg/cm² para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, después de someter los especímenes a un curado a 55°C durante 7 días. La re-

sistencia mínima especificada por la mencionada norma es de 56 kg/cm², por lo que una vez más se hace evidente la poca actividad puzolánica que tienen estas cenizas.

Para ver si la baja actividad puzolánica se podría relacionar con la baja finura de la ceniza, se hizo otra serie de pruebas con las mismas cenizas molidas a mayor finura, 24 por ciento de material retenido en malla de 45 μ m, alcanzándose una resistencia a compresión promedio de 36 kg/cm², inferior también al valor mínimo especificado, aunque superior a la resistencia alcanzada con la ceniza sin moler.

2.2.4 Agua requerida

La cantidad de agua requerida en las mezclas fabricadas con las cenizas de la planta de Nava fue en promedio 112 por ciento de la utilizada en la mezcla de control, siendo el máximo especificado 105 por ciento. El haber requerido mayor cantidad de agua que la especificada puede ser otra de las razones por lo que se obtuvo un índice de actividad puzolánica con cemento Portland muy cercano al límite inferior aceptado.

2.2.5 Otros requisitos

Las normas ASTM establecen límites sobre el incremento en la contracción por secado y en la sanidad por prueba de expansión en autoclave. Es dudoso si estos últimos ensayos son aplicables a los cementos que contienen ceniza volante.

En cuanto a la contracción por secado, las pruebas realizadas en las muestras de ceniza indicaron contracciones muy pequeñas. La diferencia entre la contracción de las muestras ensayadas y la de la muestra testigo fueron 0.011 y 0.009 por ciento para las muestras 1 y 2 respectivamente, mientras que en la muestra 3 se observó una contracción de 0.006 por ciento menor que la de la muestra testigo. La norma ASTM presenta como valor máximo de la diferencia de contracción o expansión 0.03 por ciento.

En la prueba de sanidad en autoclave las muestras de ceniza no presentaron expansiones y las contracciones máxima alcanzadas, cercanadas a 0.1 por ciento, fueron muy inferiores al 0.8 por ciento que señala la norma ASTM como expansión o contracción máxima.

2.3 Propiedades químicas

2.3.1 Pérdida por calcinación

Todas las normas limitan la pérdida por calcinación como una estimación del contenido de carbón, el cual ha mostrado ser un índice de la conveniencia de usar la ceniza en la fabricación del concreto, aunque las razones de su influencia no sean conocidas completamente.

Las muestras de cenizas ensayadas, tabla 2, tuvieron pérdidas por calcinación comprendidas entre 4.10 y 5.01 por ciento, valores considerados como adecuados por las diferentes normas para usar las cenizas en la fabricación de cemento Portland puzolánico.

2.3.2 Sulfatos

Todas las normas, a excepción de las Japonesas, incluyen un límite máximo en el contenido de sulfatos en la ceniza volante, en la misma forma como lo hacen las normas para los cementos Portland y por la misma razón; demasiado sulfato puede conducir a inestabilidad de volumen del concreto debido a la formación de etringita.

En el caso de la ceniza de Nava, las muestras ensayadas indicaron valores relativamente bajos de SO₃. La muestra con mayor contenido de SO₃ fue la correspondiente a los años 1973-1974 y con un total de 1.08 por ciento. Por tanto las cenizas en estudio cumplen con los requisitos establecidos para este concepto.

2.3.3 Contenido de los óxidos más abundantes

En los ensayos realizados al respecto, se obtuvieron contenidos de óxido de sílice del orden de 55 por ciento y contenidos de óxidos de sílice más óxido de aluminio más óxido de fierro, superiores a 90 por ciento, en tanto que el contenido de óxido de calcio resultó ser inferior a 2 por ciento, tabla 2. Si se comparan los valores antes señalados con los límites que recomiendan las diferentes normas, se ve que el contenido de óxidos de aluminio, sílice y fierro resulta ser superior al valor mínimo especificado, mientras que el contenido de óxido de calcio fue mucho menor que el 6 por ciento que especifica como mínimo la norma Turca. Por tanto las cenizas cumplen los requisitos establecidos al respecto, excepto por el contenido de óxido de calcio.

2.3.4 Magnesita

Las muestras ensayadas tuvieron contenidos de óxido de magnesio de 0.32 por ciento o menores, por lo que no deben esperarse problemas de estabilidad volumétrica por presencia de MgO libre.

2.3.5 Alcalis disponibles como óxido de sodio

Los ensayos realizados en las muestras de ceniza de la planta de Nava, presentaron contenido de álcalis como óxido de sodio de 0.51, 0.56 y 0.66 por ciento para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente, inferiores al 1.5 que especifican las diferentes normas que hacen mención de este concepto. No obstante que el contenido de álcalis de las cenizas ensayadas resultó muy cercano al límite superior que se acepta para los cementos puzolánicos (0.6% máximo), la posibilidad de emplearlos como inhibidos de la reacción álcalis-agregados sigue en pie, con base en lo que se comenta en 3.2.6.