

# LA CENIZA VOLANTE Y LA SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN

Alejandra Benítez<sup>1</sup>, Adrián Ruiz<sup>1</sup>, Erica Köber<sup>2</sup>, Marina Leiberman<sup>3</sup>, Andrés Scarano<sup>3</sup>  
INTI Construcciones (<sup>1</sup>Tecnología del hormigón, <sup>2</sup>Química aplicada a la construcción), <sup>3</sup>Maternix SRL  
aruiz@inti.gob.ar

## Introducción

La sostenibilidad en la industria de la construcción es un concepto que se está imponiendo en forma lenta pero sostenida a partir del uso de adiciones minerales preferentemente artificiales que otorguen al producto final propiedades distintivas y un impacto ambiental positivo.

Un ejemplo de esto es la comercialización en forma independiente de la ceniza volante que tiene origen en la combustión de carbón mineral en una planta de generación de energía eléctrica operada por AES Argentina. Esto posibilita la apertura del mercado ya que anteriormente la única opción de uso era en la fabricación de cemento. Actualmente existe acceso a este material por parte de empresas productoras de hormigón y premoldeados que introduce una mejora concreta a la industria.

## Objetivo

Evaluar el desempeño de la ceniza volante proveniente de la Central Térmica San Nicolás que se comercializa en el mercado.

Contribuir a la incorporación responsable en el mercado de la construcción un producto que además de disminuir costos de producción, mejora la calidad del hormigón, haciéndolo más resistente, durable y ecológico.

Confirmar los efectos beneficiosos debido a su comportamiento puzolánico

## Descripción

La ceniza volante (CV), también conocida como “*fly ash*” (FA) proviene de la quema del carbón que debido a su tamaño y bajo peso específico, se recoge mediante filtros electrostáticos. Su composición depende de las impurezas del carbón y en este caso son silícicas. Debido a la naturaleza vítrea de su componente mayoritario, el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) se produce una reacción denominada puzolánica con el cemento.

El uso de las mismas mejora el desempeño de la mayoría de los productos elaborados con cemento tales como hormigón elaborado, y premoldeados y tiene una larga historia en el mundo entero. Una de las cualidades más importantes es su efecto en la disminución del

tamaño de poros en el hormigón que optimiza el comportamiento frente al ingreso de agentes agresivos como sulfatos, cloruros, etc, protegiendo a la armadura.

El segundo punto a su favor es la forma esférica que se puede apreciar en la figura 1 y que contribuye al aumento de la trabajabilidad de las mezclas en estado fresco, propiedad de particular interés en el hormigón.

En tercer lugar debido a la naturaleza de la reacción química que existe entre la ceniza y el cemento, la evolución a largo plazo de la resistencia a la compresión es mayor que para el mismo cemento sin la adición de ceniza.

El aspecto ecológico del uso de CV radica en que permite reemplazar un porcentaje de clinker que puede ser del 15 al 35 %. Esto propende a la disminución de la emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera proveniente de la industria del cemento. Adicionalmente se favorece la disposición final de un pasivo ambiental que de otra manera no tendría aplicación, con el componente de lograr una mayor economía ya que su costo es hasta un 70 % menor que el del cemento.

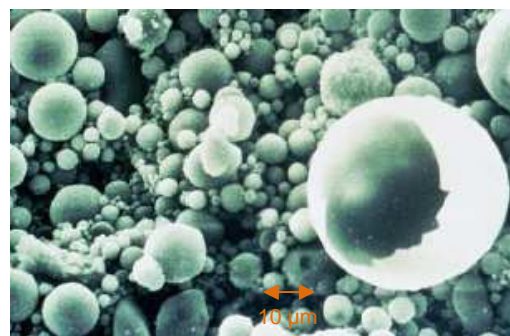


Figura 1: Micrografía de la ceniza volante.

## Génesis del trabajo y plan de trabajo.

La empresa Maternix SRL comercializa y distribuye este material suplementario al cemento y su objetivo es promover el uso responsable para lo cual solicitó a la UT Tecnología del Hormigón la caracterización completa según las normas vigentes.

La norma aplicable corresponde a la IRAM 1654-1 y -2:2015. Los requisitos se encuentran

en la norma IRAM 1668:2015. El material requiere de un secado previo mientras que no requiere de una molienda para proceder a realizar las evaluaciones mencionadas.

Determinaciones	CV	FA	Requisitos Norma IRAM 1668
Humedad [%]	0,78	---	< 3
Pérdida por calcinación [%]	6,26	3-12	< 12
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ) [%]	0,35	< 4	< 3
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) [%]	55,9	40-60	---
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) [%]	21,1	21-22	---
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) [%]	8,06	6-9	---

(\*) CV: Ceniza Volante; FA: Fly ash según bibliografía

**Tabla 1: Análisis químicos según norma IRAM 1654-2.**

Una de las características físicas crítica para que la reacción química con el cemento progrese consiste en la finura, tanto la granulometría como la superficie específica. Por lo tanto se determinó el retenido en el tamiz de 45 µm y la superficie específica por permeametría Blaine. La densidad es necesaria para determinar la superficie específica e interviene en los cálculos de la dosificación de un hormigón.

Determinaciones	CR	25 % CV + CR	FA	Requisitos Norma IRAM 1668
Retenido tamiz 45 µm [%]	---	11,2	11 / 38	< 12
Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	3,09	2,30	2,3 / 2,9	---
Superficie Específica [m <sup>2</sup> /kg]	263	396	250 / 600	>300
Requerimiento de agua [%]	---	100	110	< 115
Expansión por RAS a 14/56 días [%]	0,227 / 0,297	0,050 / 0,060	0,05 / 0,06	< 0,020 / < 0,060
Reducción expansión por RAS a 14 días [%]	---	78,0	60 / 90	>75
Resistencia a compresión a 28 días (RC <sub>28</sub> ) [MPa]	41,7	37,4	---	---
IAP [%]	---	89,7	75 - 130	>75

(\*) CR: Cemento de Referencia

**Tabla 2: Determinaciones físicas, de durabilidad e Índice de Actividad Puzolánica según norma IRAM 1654-1**

Asimismo se determinó el requerimiento de agua debido a que el aumento de la finura puede generar una mayor demanda de agua que perjudicaría la trabajabilidad. Esto se evalúa comparando una mezcla de referencia (CR) con cemento portland normal (CPN) y una que contiene 25 % de CV.

Como medida de la mejora de la durabilidad, se establece la determinación de la reducción de la expansión por la reacción álcali sílice (RAS). Esta reacción es especialmente considerada cuando los agregados a utilizar contienen minerales potencialmente reactivos y la CV es capaz de reducir su efecto nocivo sobre todo a largo plazo.

Con respecto a la evaluación de la reactividad con el cemento, se determina el Índice de Actividad Puzolánico (IAP) a partir de la resistencia a la compresión a 28 días de dos morteros tal como el requerimiento de agua. El IAP se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IAP = (RC_{28 CV} / RC_{28 Ref.}) \cdot 100 \%$$

## Resultados

En las Tablas 1 y 2 se observan los resultados obtenidos. Todos los parámetros se compararon con datos de la bibliografía internacional y con los requisitos de la norma IRAM aplicable.

## Conclusiones

La ceniza volante proveniente de la Central Térmica de San Nicolás cumple con los requisitos especificados por la norma respectiva.

Como aspecto saliente se puede mencionar la gran capacidad de disminuir las expansiones por Reacción Alcali-Sílice especialmente a largo, la baja demanda de agua y un índice de actividad puzolánico que garantiza una evolución de la resistencia a la compresión muy satisfactoria.

Cabe destacar que la empresa a partir de este trabajo cuenta con una herramienta imprescindible para el asesoramiento en la comercialización responsable del producto y que el desempeño en el hormigón puede potenciarse en función de las dosificaciones seleccionadas.

**Colaboraciones:** Lionel Anfossi, Mauricio Barraza, Gustavo Graneros, Matías Rodríguez, Santiago Soto

## Bibliografía

- Helmuth, R (1987). Fly ash in Cement and Concrete. Portland Cement Association. Illinois, U.S.A. ISBN 0-89312-085-5
- Aİtçin, P (2006). Binders for durable and sustainable concrete. Taylor & Francis, U.K. ISBN 0-415-38588-6
- Norma IRAM 1668:2015. Puzolanas y cenizas volantes síliceas. Características y muestreo.
- Norma IRAM- 1654-2:2015. Puzolanas y cenizas volantes síliceas. Parte 1 - Métodos de ensayo físicos. Parte 2 - Métodos de análisis químico.