

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA REALIZACIÓN DE VIVIENDAS ADOSADAS DE BAJA ALTURA, A BASE DE FÁBRICA DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON ALTO CONTENIDO EN CENIZAS VOLANTES

(BASIC CRITERIONS TO BACK UP TO SMALL ALTITUDE HOUSES CONSTRUCTION WITH CONCRETE BLOCKS MASONRY WITH HIGH CONTENT OF FLY-ASH)

Marina A. Álvarez Alonso,
Dra. en Arquitectura ICCTE/CSIC/ESPAÑA

Director de tesis:
Alfonso del Águila García,
Catedrático de la E.T.S.A.M./U.P.M.

Fecha de recepción: 18-VII-90
127-32

RESUMEN

La presente tesis aborda diversos aspectos relativos al comportamiento resistente y de durabilidad de albañilerías a base de bloques de hormigón con alto contenido en cenizas volantes. Tales aspectos indican diversos niveles de análisis, desde el comportamiento de los materiales constitutivos pasando por el análisis de la unidad de albañilería, bloque, hasta el estudio de elementos completos.

Los principales problemas estudiados y sobre los que se centran las aportaciones de esta tesis, son los siguientes:

- Estudio del comportamiento de los materiales constitutivos de un bloque de hormigón con adición de cenizas volantes. En especial se ha abordado la posible modificación de las propiedades del hormigón base de los bloques, como consecuencia de la incorporación de cenizas volantes.
- Análisis del comportamiento mecánico y de durabilidad del bloque, evaluando la influencia de factores relativos a: Edad, curados, incorporación de cenizas volantes, etc.
- Estudio de los mecanismos de adherencia entre bloques con cenizas volantes, morteros con cenizas volantes en dosificaciones usuales en albañilería. Este tipo de mecanismos se han analizado para unidades de albañilería básicamente sometidas a esfuerzos de cortante por compresión.

SUMMARY

This thesis treat several aspects about the strength performance and durability behaviour of concrete blocks masonry with high content of flyash. Thats aspects indicate differents analysis levels: since constitutives materials behaviour, passing for the masonry unit analysis, the block, till complets elements masonry study:

The principal problems who have been studied and treated by this thesis are:

- The study of constitutive materials of fly-ahs concrete block, princpaly the posible modification of properties blocks concrete like consequence of fly-ash incorporation.
- The behaviour and durability analysis evolution of a block, it is evaluating the record influence who refers to: Age, curing, fly-ash incorporation, etc.
- The study of adherence mechanism, across fly-ash blocks, fly-ash mortars, in usually proportioning to masonry. That kind mechanisms has been analized for masonry units who have been subdued to shear strength by compression in the plane.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo consiste en la realización de un estudio profundo y detallado sobre la modificación que se obtiene con la adición de cenizas volantes en el comportamiento de fábricas de bloques de hormigón. De esta manera, al mismo tiempo que se contribuye al

aprovechamiento de un residuo industrial del que se producen al año más de 200 Mm de toneladas, se profundiza el estudio de un sistema constructivo que debido a sus reconocidas ventajas: resistencia, facilidad de fabricación, versatilidad, etc, se muestra apropiado para la construcción de viviendas de baja altura, que constituyen un porcentaje importante del actual volumen edificatorio.

En este sentido se han estudiado 2 tipos diferentes de aplicaciones de este subproducto industrial, utilizándolas conjunta o separadamente:

- Añadidas directamente al hormigón como sustituto del cemento cuando, directamente o por tamizado, poseen las características que para tal uso especifica la norma UNE 83-415, y/o
- Añadidas como sustituto de la fracción más fina del árido, intentando una aplicación directa al hormigón de las cenizas volantes que, debido a sus especiales características físicas (granulometría no apropiada), la mencionada Norma 83-415 no le contempla como sustituto del cemento. Estas cenizas se han podido sustituir como finos en el hormigón en porcentajes más elevados que los hasta ahora permitidos por la normativa, al modificar la EH-88 los límites permitidos por la EH-82, consintiendo hasta un 15% de finos menores de 80μ en el hormigón, cuando están avalados por estudios efectuados en laboratorio.

Existen numerosos trabajos en los que se estudian las modificaciones que experimentan las propiedades del hormigón con la incorporación de cenizas volantes, especialmente los que analizan la influencia de sus propiedades puzolánicas en la resistencia de los hormigones. Esta propiedad, al retrasar la aparición de resistencias a edades inferiores a 28 días facilitando un desarrollo posterior de éstas más elevado que en los hormigones tradicionales, tiene como principal consecuencia el empleo de bajos índices de utilización de cenizas volantes.

Son prácticamente inexistentes los referentes a la adición de cenizas volantes en hormigones para prefabricación de bloques. En este proceso es práctica usual el sometimiento de las piezas a curados con incorporación de calor, al objeto de conseguir, a edades tempranas, las resistencias necesarias para la manipulación de las piezas. Es, especialmente, en este aspecto, sobre el que se ha incidido en esta tesis, intentando alcanzar índices más altos de sustitución de cenizas volantes en el hormigón, mediante la utilización de curados con incorporación de calor, y/o con la adición de las cenizas de granulometría no apropiada para su uso como sustituto del cemento, sustituidas como la parte más fina del árido.

En trabajos previos se intentó cuantificar la influencia de diversos curados en hormigones con adición de cenizas volantes, comprobándose que el desarrollo temprano de las resistencias sufría fuertes variaciones, sin llegar a determinar claramente los motivos. Un estudio más detallado de estos hechos se realiza en el presente trabajo, a la vez que se profundiza en el análisis de la posible

incidencia que las cenizas volantes pueden ejercer en otras propiedades de los bloques de hormigón (absorción, succión, contenido de humedad) y en morteros. Los resultados de ambos se han aplicado al estudio de elementos completos de albañilería, cuyo comportamiento ha resultado ser susceptible a otros diversos factores, tanto de índole interna como externa.

MÉTODO DE TRABAJO

La metodología de trabajo empleada para el desarrollo fue la siguiente:

- Estudio previo, a fin de centrar el tema, de la normativa internacional sobre bloques de hormigón, debido a la inexistencia de una normativa de carácter nacional sobre el tema al inicio del trabajo y que, sin embargo, fue aprobada de forma provisional al final de esta tesis, julio de 1989.
- Selección de los materiales con que confeccionar los bloques: Cemento. Cenizas volantes, en base a datos obtenidos sobre sus características químicas, físicas, en especial su retenido en el tamiz de 45 M, estudio mineralógico por DRX. Y áridos, en base al estudio de las granulometrías más apropiadas, para hormigones de prefabricación.
- Determinación experimental de las dosificaciones idóneas para la confección de los bloques, en base a probetas normalizadas, de $7,5 \times 15 \text{ cm}^3$ (Tabla 1), sobre las cuales se estudiaron parámetros relativos a trabajabilidad, respuesta a diferentes tipos de curados (normalizados,

TABLA 1.— ESTUDIO DE LOS HORMIGONES.

SERIE	N	DOSIFICACIONES			OBJETIVO
		CEMENTO	C. VOLANTE	ÁRIDO	
A (en peso)	0	1	0	9	SERIE DE COMPARACIÓN
	0	1	0	10,5	
	0	1	0	12	
	1/4	80	20	9	INVESTIGAR LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS FINAS, ESTUDIADAS COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO.
	1/2	66	33	9	
	1	50	50	10,5	
2	33	66	10,5		
B (en volumen)	0	1	0	28-72	SERIE DE COMPARACIÓN
	1/4		5	28-67	INVESTIGAR LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS GRUESAS ESTUDIADAS COMO SUSTITUCIÓN DE LA PARTE MÁS FINA DEL ÁRIDO.
	1/2		10	28-62	
	3/4	1	15	28-57	
	1		20	28-52	
	5/4		25	28-47	
C (en peso y volumen)	1/4		5	28-67	
	1/4	80	20	28-62	
	3/4		15	28-57	
	1/2	66	33	28-52	
	5/4		25	28-47	

acelerados, etc.) resistencias mecánicas y durabilidad; algunos de los resultados obtenidos se muestran en las figuras 1, 2.

— A continuación se realiza un estudio profundo y detallado trabajando directamente con bloques fabricados con las cenizas volantes seleccionadas (tabla 2) confeccionados mediante el empleo de una máquina ponedora manual, y sometidos a un proceso de curado al aire a 30° C durante 24 horas. El comportamiento de estos bloques se estudia mediante la realización de ensayos de resistencias mecánicas y físicos (succión, absorción, humedad) algunos resultados se muestran en la figura 3.

— Con cada una de las series de bloques se realizaron probetas para determinar la adherencia con morteros fabricados al efecto, con dos de las cenizas ensayadas y sin adición de cenizas, al objeto de cuantificar por medio de ensayos el más favorable para el estudio.

— Se realizaron ensayos a cortante por compresión de las probetas sometidas a tres diferentes tipos de curado (cámara húmeda, cubiertas por un paño húmedo y en ambiente de laboratorio), determinando su carga máxima y la forma de producirse la rotura, cuantificando su comportamiento bajo diversos factores, tipos de bloques, de morteros, curados, características de

RESULTADOS DE C.V. DE SOTO DE RIBERA (SERIE III) SUSTITUIDAS EN UN 20 % COMO CEMENTO

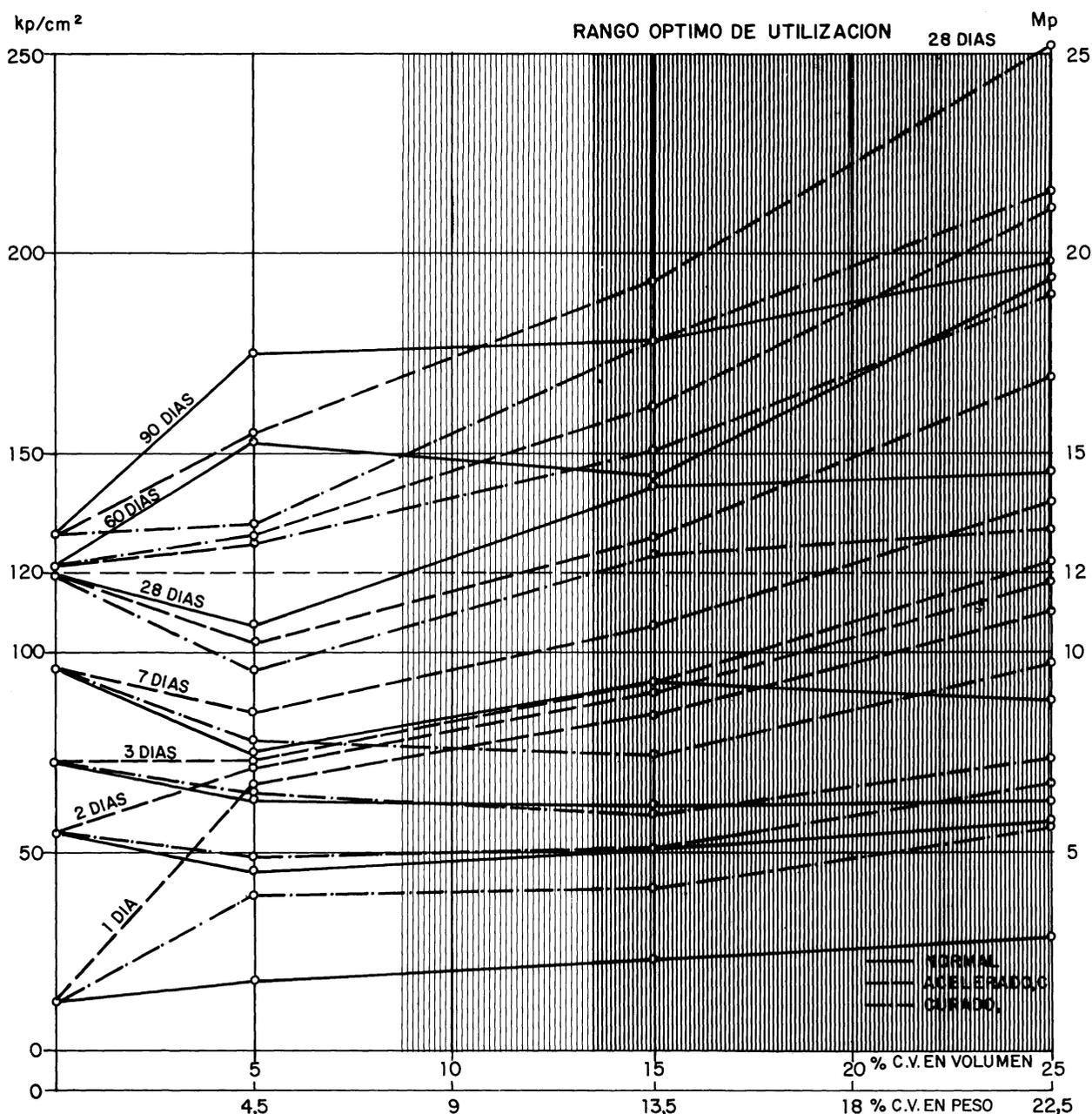


Fig. 1.

RESULTADOS DE C.V. DE SOTO DE RIBERA (SERIE III) SUSTITUIDAS EN UN 33 % COMO CEMENTO

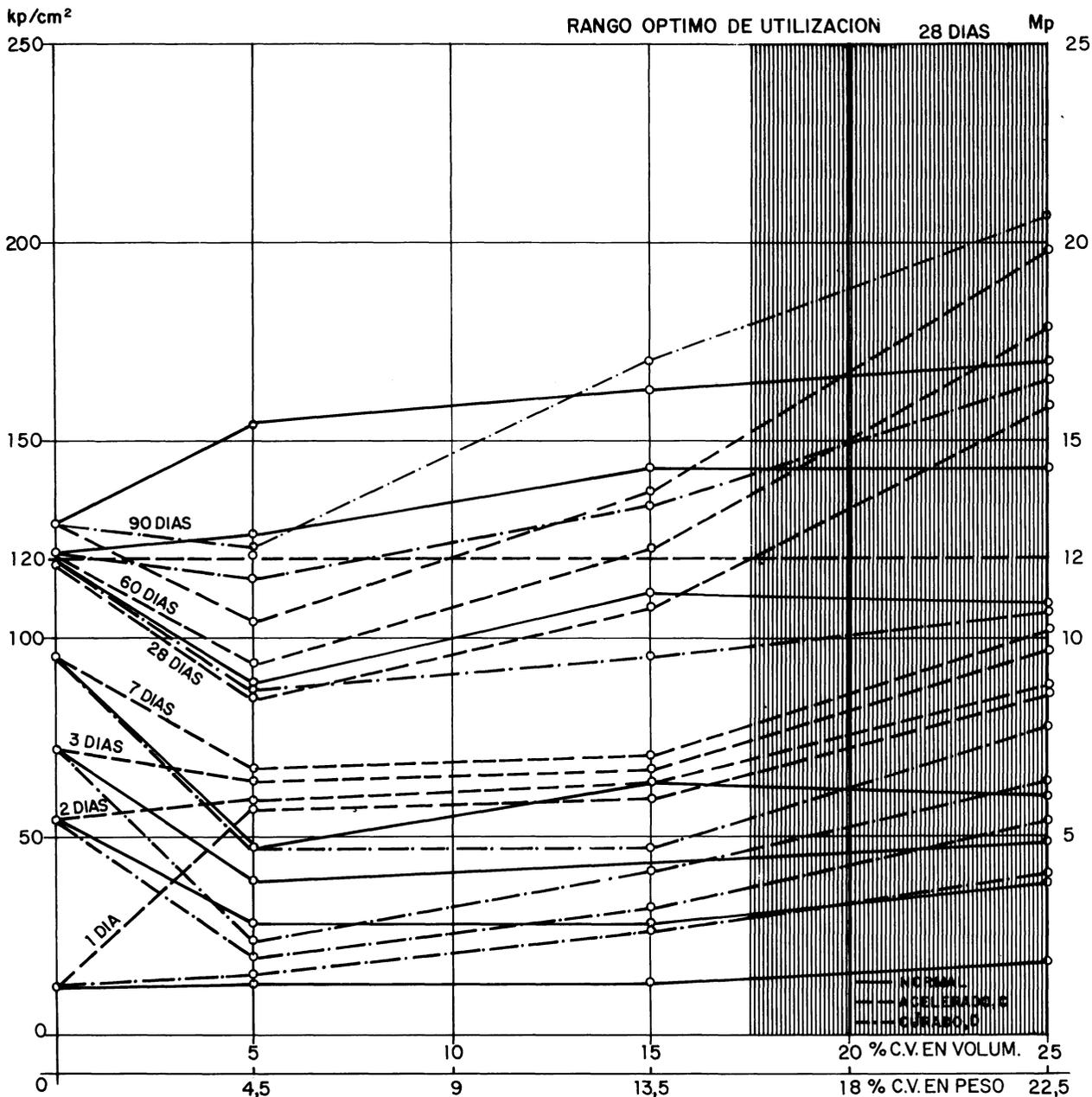


Fig. 2

TABLA 2.— CANTIDAD PARA 3 BLOQUES (2 AMASADAS POR PUESTA DE MAQUINA)

DOSIFICACIÓN	PATRÓN	CENIZA VOLANTE			A > 150	G	CEMENTO	CV.	C.A.	A > 150	G	a	a/c
		PROCEDENCIA	% CA	% CV									
C (1:9)	PATRÓN	—	—	—	72	28	6.10	—	—	34.10	15.36	4.88	0.8
S3	C	SOTO RIBERA	15	—	57	28	6.10	—	5.27	33.25	15.36	4.88	0.8
SA3	C	SOTO RIBERA	15	20	57	28	4.88	1.22	5.27	33.25	15.36	4.88	0.8
S4	C	SOTO RIBERA	20	—	52	28	6.10	—	7.03	31.25	15.36	4.88	0.8
SA4	C	SOTO RIBERA	20	20	52	28	4.88	1.22	7.03	31.25	15.36	4.88	0.8
SB4	C	SOTO RIBERA	20	33	52	28	4.06	2.03	7.03	31.25	15.36	4.88	0.8
S5	C	SOTO RIBERA	25	—	47	28	6.10	—	8.78	29.99	15.36	4.88	0.8
SA5	C	SOTO RIBERA	25	20	47	28	4.88	1.22	8.78	29.99	15.36	4.88	0.8
SB5	C	SOTO RIBERA	25	33	47	28	4.06	2.03	8.78	29.99	15.36	4.88	0.8

los bloques, etc, algunos de cuyos resultados pueden verse en las figuras 4 y 5.

DESARROLLO DE RESISTENCIAS EN FUNCION DEL % DE CENIZA VOLANTE DE SOTO DE RIBERA AÑADIDO A LA MEZCLA

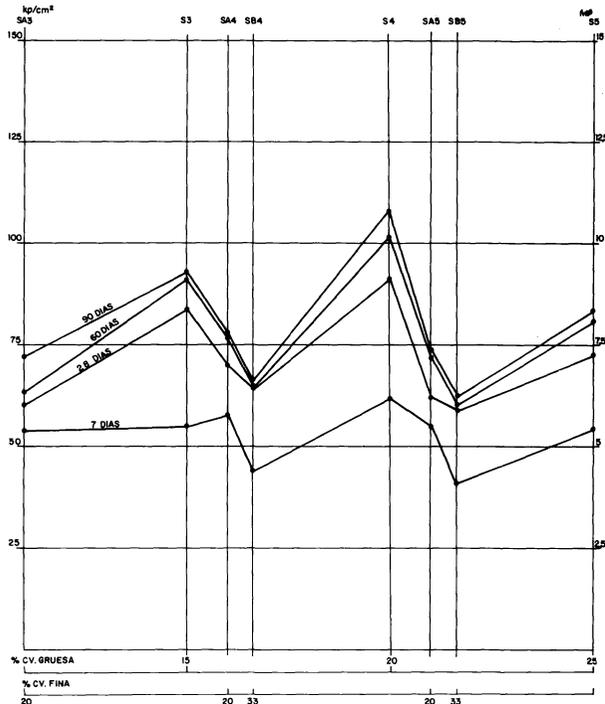


Fig. 3

INFLUENCIA DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA ADHERENCIA DE LAS PROBETAS REALIZADAS CON MORTERO 1:3:12 DE FLUIDEZ 110 %

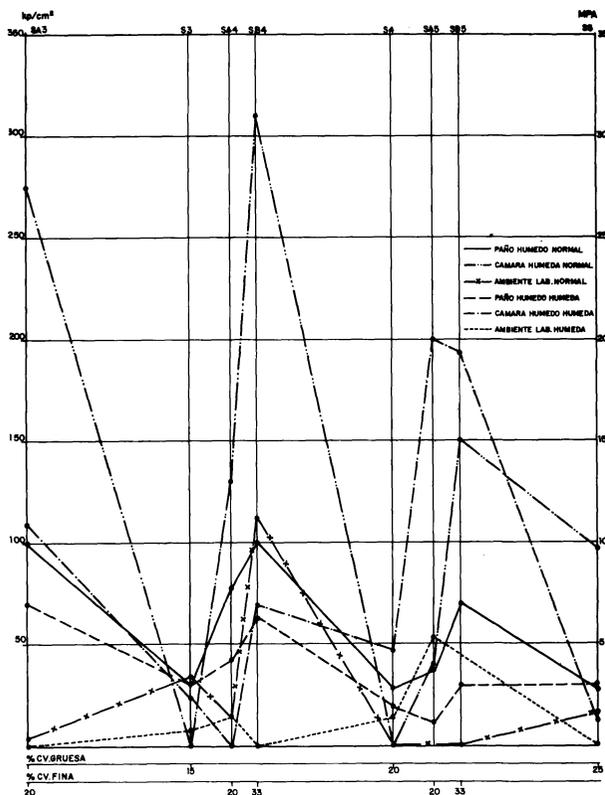


Fig. 4

INFLUENCIA DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA ADHERENCIA DE LAS PROBETAS REALIZADAS CON MORTERO 1:3:12 DE FLUIDEZ 130 %

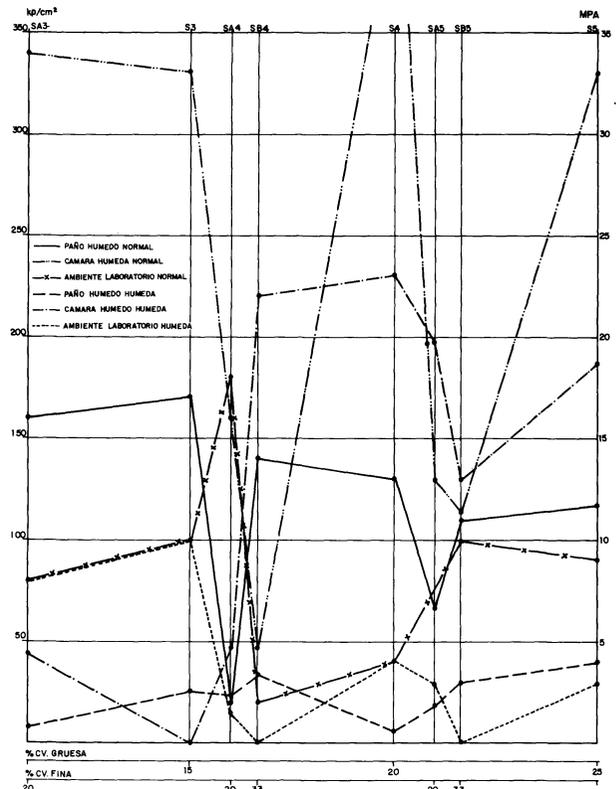


Fig. 5

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos emergen como conclusiones fundamentales que:

- Existen en España cenizas volantes aptas para ser usadas en procesos de prefabricación, bloques de hormigón, las cuales se pueden usar en dos posibles vías:
 como sustituto del cemento: cuando presentan directamente o bien por tamizado una granulometría apropiada, un retenido en el tamiz de 45 superior al 40%, y/o como sustituto de la fracción más fina del árido: cuando el retenido en el tamiz de 45 es superior al 40%, utilizándose en porcentajes de sustitución de hasta un 15%.
- La incorporación de cenizas volantes en la fabricación de bloques de hormigón, como sustituto de cemento y árido, permite obtener aumentos de resistencia de hasta un 100% respecto a los bloques sin cenizas volantes, con una sensible mejora de sus propiedades físicas, durabilidad y textura.
- La adición de las cenizas volantes que la normativa no contempla para su utilización como

sustituto del árido se muestra beneficiosa para estos hormigones, al modificar el efecto que sobre las resistencias a edades tempranas ocasiona la adición de las cenizas como sustituto del cemento. Esto permite añadir altos contenidos de ceniza volante sin necesidad de la utilización de curados con incorporación de calor.

— La edad de 28 días fijada por la normativa como el límite inferior para la utilización de bloques normales de hormigón y grava, se muestra perjudicial para estos bloques; o impide la posibilidad de índices de sustitución de cenizas volantes elevados en condiciones normales, o conduce a la utilización de curados con incorporación de calor. La normativa debería fijar la edad de 60 días como límite inferior para la utilización de este tipo de bloques.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.— PFEIFFEMBERGER R.L., "Aggregate gradations used for various products formed on the block machine", Besser Technical Data for Blockmaker, Vol. 10 n 2, 1985 pp 3-5, Chicago, U.S.A.
- 2.— LUXAN M.P., SÁNCHEZ ROJAS I., "Las cenizas volantes, como adición a cementos y hormigones. Las normas UNE y su relación con la normativa internacional", U.N.E. n 28, Mayo 1989, pp 15-20, Madrid, ESPAÑA.
- 3.— ÁLVAREZ M., SALAS J., VERAS J., "Propirties of concrete made with flyashes". The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, vol 10, n 2, Mayo 1988, pp 109-120, INGLATERRA
- 4.— KOHNO M., HORI K., FUKUSHIMA H., "Use of fly-ash, blast furnace slag and condensed silica fume for concrete block stripped immediately after molding", Congreso C.I.B. 1983, pp 1165-1177, SUECIA
- 5.— U.N.E. 41-166, "Bloques de hormigón: Definiciones, clasificación y características generales" 1989. Experimental.
- 6.— Los resultados de esta tesis serán publicados en una próxima monografía editada por el ICCET.

* * *

publicación del ICCET/CSIC

PLACAS

K. Stiglat y H. Wippel

Drs. Ingenieros

Traducción de **Juan Batanero**

Dr. Ingeniero de Caminos

con la colaboración de

Francisco Morán

Ingeniero de Caminos

Este libro, cuidadosa y magníficamente editado, reúne, quizás, la más completa colección conocida de tablas para placas, por los numerosos casos de vinculación y de carga estudiados y por la abundancia de relaciones de dimensión y de datos ofrecidos, que cubren prácticamente todo el campo de las losas en edificación. Permite desarrollar, con comodidad, rapidez y una aproximación suficiente, los cálculos de dimensionamiento y comprobación, obviando las dificultades que como es sabido, presenta el desarrollo numérico de los métodos de cálculo de estos elementos, evitando enojosas operaciones.

Trata la obra sobre «Zonas de Placas», «Placas sobre apoyos puntuales», «Placas apoyadas en dos, tres y cuatro bordes» y «Placas apoyadas elásticamente», tipos que en la actualidad disponían de una documentación, incompleta o nula, para la determinación de esfuerzos. Los corrimientos de la placa, como valores previos para la determinación de los momentos, han sido obtenidos por medio del Cálculo de Diferencias, método que se ha comprobado como suficientemente satisfactorio, aún en su forma simple, aplicado con un cierto control.

Un volumen encuadernado en tela, de 30,5 × 23,5 cm, compuesto de 92 págs. Madrid, 1968.

Precios: España, 2.500 ptas.; extranjero, \$ 36.00.