

# Influencia del filler calizo en morteros de cemento portland

## *The effect of calcareous filler on portland cement mortars*

M.<sup>a</sup> JOSE ESCORIHUELA, IGNACIO MENÉNDEZ y FERNANDO TRIVIÑO  
ICCET/CSIC  
FRANCISCO HERNÁNDEZ, NORBERTO HURTADO y M.<sup>a</sup> ANTONIA MARTÍN  
ICCP  
ESPAÑA

Fecha de recepción: 12-II-93.

### RESUMEN

*Se estudia la influencia que la adición de "filler" calizo a un cemento portland ejerce sobre las resistencias mecánicas de sus morteros.*

*A partir de un cemento portland al que se le añade "filler" calizo, desde 0 al 50 %, se prepararon probetas de mortero normalizado. Las probetas una vez curadas a las edades de 7, 28 y 90 días, se sometieron a roturas por flexotracción y compresión, se determinaron las resistencias mecánicas y se estableció la correlación entre éstas y el contenido en "filler" calizo. Asimismo, sobre los morteros obtenidos se realizó un estudio por difracción de rayos X.*

### SUMMARY

*The present paper deals with the influence that the addition of calcareous "fillers" to a Portland cement has on the mechanical resistances of its mortars.*

*Taking as a basis a Portland cement to which calcareous "fillers", from 0 up to 50 percent, are added, test tubes of standardized mortars were prepared. After 7, 28 and 90 days of curing, the test tubes were submitted to breaking following flexotraction and compression; their mechanical resistances were then determined and a correlation between these and the contents of calcareous "fillers" was established. An X-ray diffracting study was also carried out on the mortars obtained.*

### INTRODUCCIÓN

Se tienen numerosas referencias de los efectos originados por la adición de "filler" calizo al cemento portland, aunque la mayoría son para proporciones inferiores al 15 %. Para mayores proporciones sólo se tienen datos aislados respecto de las resistencias mecánicas a flexotracción y compresión de morteros. (1, 9)

La industria cementera española (2) realizó una serie de ensayos previos con adiciones del 5 %. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron, se observó una tendencia a caídas de la resistencia mecánica para valores elevados de adiciones de "filler" calizo al cemento portland.

### INTRODUCTION

*There exist many references about the effects brought about by the addition of calcareous "filler" to the Portland cement, although most of them deal with proportions lower than 15 percent. The data available of mechanical resistances to flexotraction and mortar compression are scarce when the proportions considered are higher (1, 9).*

*The Spanish cement industry (2) performed a series of previous tests with 5 percent additions. According to the results obtained the mechanical resistance tended to fall for high values of calcareous "filler" additions to the Portland cement.*

La industria cementera francesa (3) tiene una experiencia mayor en cementos con adiciones de hasta el 20 % de "filler" calizo, ya que en Francia, Alemania y Hungría admiten proporciones de "filler" en cementos portland superiores a las indicadas en el pliego RC-88 (15 %).

Por todo lo indicado, consideramos que es necesario tener conocimientos más amplios sobre el comportamiento de los cementos portland con dichas adiciones, no sólo desde el punto de vista de resistencias mecánicas, sino también en los aspectos de fisuración, plasticidad (escorrimiento), fraguado, etc, ya que todos ellos influirán en el comportamiento estructural del hormigón (4).

Como es sabido, al sustituir parcial o totalmente el yeso por la caliza, hace que se formen carboaluminatos, con la consiguiente disminución de la resistencia mecánica de los morteros a relación agua/cemento constante, así como su permeabilidad (4,5).

Según I. Soroka (6, 7), las resistencias de los morteros son independientes de la naturaleza del "filler" utilizado. De acuerdo con T. Gacesa (7), para contenidos del 10 % de caliza las resistencias mecánicas se reducen del 5 % al 10 %.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Preparación de las materias primas

Se ha utilizado un cemento portland sin adiciones, obtenido a partir de un clínker molido y un yeso (sulfato cálcico dihidratado RA. Merck) mezclados en proporciones tales que la relación final de clínker/yeso fuera 9,34 (9,67 % en yeso), cantidad máxima tolerada según el pliego de cemento RC-88. Teniendo en cuenta que el contenido en  $\text{SO}_3$  del cemento portland era del 0,93 % (2 % en yeso), la adición de yeso fue del 7,67 %.

Después de la molienda, por análisis granulométrico del clínker, se observó que el 100 % del tamaño de sus gránulos eran inferiores a 106  $\mu\text{m}$ , y que el 93 % lo era a 38  $\mu\text{m}$ . La caliza se molvió separadamente, con el inconveniente de que se aglutinaba, aumentando su granulometría. Para evitarlo, se tamizaron los finos repetidamente después de cada molienda por el tamiz de 38  $\mu\text{m}$ , hasta que pasó la totalidad de la muestra.

The French cement industry (3) has a larger experience in cements with additions of up to 20 percent of calcareous "filler" because not only Germany and Hungary but also France admits "filler" proportions in Portland cements higher than those indicated in the set of specifications RC-88 (15 percent).

In the light of the above we feel it necessary to gain a deeper knowledge of the Portland cement reactions as a result of those additions, not only as regards mechanical resistances but also with respect to cracking, plasticity (creepage), setting, ... etc., because all these factors will affect the structural behaviour of concrete (4).

As it is well known, the partial or total substitution of limestone of gypsum brings about the formation of carboaluminates, with the consequent lowering of mechanical resistance of the mortar at a steady water/cement ratio, and of its permeability (4, 5).

According to I. Soroka (6, 7), mortar resistances are independent of the kind of "filler" used. Y. Gacesa (7) holds the view that for limestone contents of a 10 percent, the mechanical resistances go down from 5 to 10 percent.

## EXPERIMENTAL PART

### Preparation of the raw ingredients

A portland cement with no additions has been used taking as a basis a ground clinker and a gypsum (dihydrated calcium sulphate RA. Merck), mixed in such proportions that the final clinker/gypsum ratio should be 9,34 (9,67 percent of gypsum), which is the highest quantity admitted by the set of specifications for the RC-88 cement. Taking into account that the  $\text{SO}_3$  contents of Portland cement was 0.93 percent (24 percent in gypsum), the amount of gypsum added was 7.67 %.

After grinding, it was observed through a granulometric analysis of the clinker, that 100 percent of the size of its granules was smaller than 106  $\mu\text{m}$ , and that 93 percent equalled 38  $\mu\text{m}$ . The limestone was ground separately which gave rise to an agglutination problem and a subsequent increase of its granulometric values. To prevent this, the finer granules were repeatedly sifted through a 38  $\mu\text{m}$  mesh after each grinding process, until the whole of the specimen passed through.

Por análisis químico del clínker se obtuvieron los siguientes resultados:

Perdida al fuego = 0,39 %;

$Fe_2O_3$  = 3,45 %;

$SO_3$  = 0,93 %;

$SiO_2$  = 21,28 %;

$CaO$  = 65,86 %;

CaO libre = 1,21 %;

$Al_2O_3$  = 5,59 %;

$MgO$  = 1,30 %

El cemento así obtenido se mezcló a continuación con el "filler" calizo en las proporciones de: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, y 50 % de este último, formándose los respectivos cementos con adiciones.

Se efectuaron D.R.X del clínker, de la caliza, y de cada una de las ocho probetas de mortero de cemento a edades de curado de: 7, 28, y 90 días, eliminando previamente la mayor parte posible de la arena mediante paso por el tamiz de 80  $\mu\text{m}$ .

## PREPARACIÓN DE LOS MORTEROS

Se fabricaron morteros normalizados con los ocho tipos de mezclas de cemento portland-"filler" calizo, indicados anteriormente, y arena UNE con una relación agua/cemento constante igual a 0,5.

El mortero de cemento está constituido por 450 g de cemento, 1.350 g de arena normalizada (UNE) y 225 g de agua.

Los 450 g de cemento están constituidos por un núcleo de clínker + yeso (en relación constante = 9,34) y "filler" calizo en las proporciones anteriormente indicadas.

Las probetas posteriormente utilizadas en los ensayos mecánicos son las normalizadas de dimensiones 4 x 4 x 16 cm, que se curaron a las edades indicadas en cámara húmeda a  $21 \pm 2^\circ\text{C}$  y 98 % de hr.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

Las probetas, una vez curadas a las edades de 7, 28, y 90 días, se sometieron a los ensayos

*A chemical analysis of the clinker gave the following results:*

*Loss by the action of fire = 0,39 %;*

$Fe_2O_3$  = 3,45 %;

$SO_3$  = 0,93 %;

$SiO_2$  = 21,28 %;

$CaO$  = 65,86 %;

*Free CaO* = 1,21 %;

$Al_2O_3$  = 5,59 %;

$MgO$  = 1,30 %

*The cement thus obtained was mixed then with the calcareous "filler" which was given at the rates of 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 percent, whereby the respective cements with additions were formed.*

*DRXs of the clinker, the limestone and of each of the test tubes of cement mortars cured for 7, 28 and 90 days were performed, following the previous elimination of most the sand through a 80  $\mu\text{m}$  sieve.*

## PREPARATION OF THE MORTARS

*Standardized mortars were made with the eight types of portland cement-calcareous "filler" previously indicated and UNE sand with a steady water/cement ratio of 0,5.*

*The cement mortar is made of 450 g of cement, 1.350 g of standardized sand (UNE) and 225 g of water.*

*The 450 g of cement are made of a core of clinker + gypsum (in a steady ratio = 9,34) and a calcareous "filler" in the above mentioned proportions.*

*The test tubes used later in the mechanical tests have standardized dimensions of 4 x 4 x 16 cm and were cured to the above said ages in a wet chamber at  $21 \pm 2^\circ\text{C}$  and 98 % of hr.*

## RESULTS OF THE MECHANICAL TESTS

*Once cured at the ages of 7, 28 and 90 days the test tubes were submitted to flexotraction and*

mecánicos de flexotracción y compresión y sus resultados se encuentran reflejados en la tabla I.

Los valores de flexotracción son las medias de los obtenidos de las roturas en tres probetas, y los de compresión son las medias de los valores obtenidos a partir de los seis trozos resultantes de las roturas a flexotracción.

En la tabla II, se dan los valores medios teóricos de las resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.

#### D.R.X.

De los trozos de probetas resultantes de las roturas a compresión, una vez triturados éstos por tamizado se separa la mayor parte de la arena del material cementante, realizándose sobre los mismos los correspondientes análisis por Difracción de Rayos X. Los resultados de los correspondientes difractogramas, expresados en cuentas/sg, se encuentran en la tabla III.

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### A) Resistencias mecánicas

Para comparar los resultados experimentales obtenidos con los teóricos, se toman valores del 0 % de adición de  $\text{CaCO}_3$  para el máximo y se dividen éstos por dos para el 50 %. Se observa que las resistencias experimentales a flexotracción son mayores que las teóricas (Tablas I y II). En el pliego RC-88 no se contemplan estos valores.

Hay una caída de las resistencias a compresión al aumentar las cantidades añadidas de carbonato cálcico.

A edades de 7 días se experimenta ligeras mejoras de las resistencias a compresión sobre las teóricas. A 28 días prácticamente son iguales las resistencias prácticas y teóricas. A 90 días hay una caída superior de las resistencias prácticas sobre las teóricas.

#### B) D.R.X.

No teniendo en cuenta la variable sílice que presentan las muestras, y utilizando los resultados de la tabla III —los correspondientes al  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , ettringita,  $\text{C}_3\text{S}$  ( $3\text{CaO}\text{SiO}_2$ ) y yeso— se observa que al aumentar la relación  $\text{CaCO}_3/\text{clínker} + \text{yeso}$ , los resultados indican que hay una correlación entre los valores obtenidos por D.R.X y las cantidades añadidas de  $\text{CaCO}_3$ .

*compression mechanical tests, the results of which are indicated in table I.*

*The flexotraction values are the average values resulting from the breakage of three test tubes and the compression values are the average values from the six pieces resulting from the flexotraction breakages.*

*Table II show the nominal mean values of the mechanical resistance to flexotraction and compression.*

#### D.R.X.

*Once they have been crushed, most of the sand of the cementating material is sifted from the bits of the test tubes resulting from a breaking by compression. The material is submitted then to the corresponding X ray diffraction analysis. The results of the relevant diffractograms are indicated in bead/s in Table III.*

### DISCUSSION OF THE RESULTS

#### A) Mechanical resistances

*In order to compare the experimental results obtained with the nominal values, one takes values of the 0 % addition percentage for  $\text{CaCO}_3$  for the maximum and divides these by two for the 50 percent. It is noted that the resistances to experimental flexotraction are bigger than the nominal ones (Tables I and II). These values are not considered in the set of specifications RC-88.*

*There is a fall of the resistances to compression when the quantities of calcium carbonate added increase.*

*At a 7 days age some slight improvement of the resistances to compression over the nominal values become noticeable. At 28 days the practical and theoretical resistances are virtually the same. At 90 days, there is a higher reduction of the practical resistances compared to the theoretical values.*

#### B) D.R.X.

*If we disregard the silica variable presented by the samples and consider, out of the results shown on table III, those referring to  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , ettringita,  $\text{C}_3\text{S}$  ( $3\text{CaO}\text{SiO}_2$ ) and gypsum ratios, we may see that when the  $\text{CaCO}_3/\text{clínker} + \text{gypsum}$  increases, the results indicate a correlation between the values obtained by DRX and the quantities of  $\text{CaCO}_3$  added.*

**TABLA I TABLE I**  
**Valores experimentales medios de las resistencias mecánicas**  
*(Mean experimental values of the mechanical resistances)*

Cemento (Cement)		R. Flexotrazción (Flexotraction) N/mm <sup>2</sup>			R. Compresión (Compression) N/mm <sup>2</sup>		
Cemento + yeso (Cement + gypsum)	"Filler" calizo (Calcareous "filler" %	Edad días (Age days)			Edad días (Age days)		
		7	28	90	7	28	90
100	0	6,6	7,5	8,1	42,3	58,6	68,4
95	5	6,0	6,9	7,6	37,0	53,7	62,0
90	10	5,4	6,6	7,4	34,5	49,4	57,4
85	15	5,1	6,4	7,2	33,0	46,9	54,7
80	20	4,9	6,0	7,0	29,0	43,3	50,0
70	30	4,6	5,6	6,2	25,1	37,5	41,5
60	40	3,9	4,5	5,5	20,7	31,5	34,0
50	50	3,0	3,1	4,8	16,0	23,8	26,0

**TABLA II TABLE II**  
**Valores medios teóricos de las resistencias mecánicas**  
*(Nominal mean values of the mechanical resistances)*

Cemento (Cement)		R. Flexotrazción (Flexotraction) N/mm <sup>2</sup>			R. Compresión (Compression) N/mm <sup>2</sup>		
Cemento + yeso (Cement + gypsum)	"Filler" calizo (Calcareous "filler" %	Edad días (Age days)			Edad días (Age days)		
		7	28	90	7	28	90
100	0	6,6	7,5	8,1	42,3	58,6	68,4
95	5	6,3	7,1	7,7	40,2	55,7	65,0
90	10	5,9	6,8	7,3	38,1	52,7	61,6
85	15	5,6	6,4	6,9	36,0	49,8	58,1
80	20	5,3	6,0	6,5	33,8	46,9	54,7
70	30	4,6	5,3	5,7	29,6	41,0	47,9
60	40	4,0	4,5	4,9	25,3	35,2	41,0
50	50	3,3	3,8	4,1	21,2	29,3	34,2

TABLA III TABLE III

Cuentas 20 (Beads 20)		26,6	29,4	18,04	9,11	32,6	11,63
"Filler" calizo (Calcareous "filler")	Edad días (Age days)	SiO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Ettringita (Ettringite)	C <sub>3</sub> S	Yeso (Gypsum)
0	7	2.500	210	2.209	77	256	—
	28	3.612	420	2.256	58	166	41
	90	4.330	266	2.581	64	69	—
5	7	3.136	346	1.806	79	166	—
	28	2.663	635	1.823	69	114	—
	90	6.642	346	1.884	61	—	36
10	7	4.651	400	1.714	83	169	21
	28	5.256	635	2.125	76	104	31
	90	4.369	404	2.125	66	—	50
15	7	1.840	543	1.927	49	159	32
	28	2.372	595	2.181	66	—	67
	90	3.672	586	2.470	74	—	59
20	7	2.798	646	1.747	71	125	32
	28	1.560	992	2.237	71	—	53
	90	5.580	640	1.989	66	—	53
30	7	6.432	906	1.849	44	110	23
	28	1.406	1.018	1.789	71	—	52
	90	3.493	767	1.884	50	—	62
40	7	2.116	1.096	1.756	40	74	27
	28	1.971	1.225	1.142	46	—	44
	90	4.558	1.129	2.007	49	—	86
50	7	1.792	1.347	1.954	28	71	20
	28	1.592	1.576	1.764	35	—	40
	90	2.852	1.421	1.936	59	—	71

## CONCLUSIONES

- A) De lo observado en la fabricación y de los valores de resistencias mecánicas se infiere:
- 1º) Para contenidos de "filler" calizo, superiores al 20 % y a relación w/c = 0,5, los morteros obtenidos no cumplen lo indicado en el pliego RC-88 en lo que se refiere a su compactación.
  - 2º) La resistencia a flexotracción no varía para contenidos de "filler" inferiores al 20 %. La resistencia a compresión disminuye en proporción al "filler" añadido hasta un 20 % del mismo, sufriendo una brusca caída a partir de dicho valor, fundamentalmente a mayores edades.
- B) Del estudio por D.R.X, se infiere:
- 1º) No ha tenido lugar la formación de carboaluminatos en ninguna de las muestras.
  - 2º) El contenido en hidróxido cálcico no cambia con el tiempo de curado.
  - 3º) Para proporciones de "filler" calizo, comprendidas entre el 30 y 50 %, el contenido de yeso aumenta para edades de 90 días.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Investigación Científica y Técnica el apoyo económico prestado para la elaboración de este proyecto PB 89-0189, sin el cual no se podría haber realizado.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) "Calcite as concrete and mixture". Eiving Hognestad. Journal of the American Concrete Institute. Vol 25 - nº 9 ; pp 801/803. 1954.
- (2) "Conclusiones sobre Cementos de adición" CDTI - OFICEMEN Nov - 1980.
- (3) "El punto sobre las nuevas normas de cemento". Ciments et Chaux n.º 697, 1980.
- (4) "Limestone substitutes for gypsum as a cement ingredient" 6.5 Bobroski. Rock Products, pp 64/67 . 1967
- (5) "Hydration of the Aluminous Minerals of Portland Cement in the presence of finely ground carbonates". P.P Budnikov V. M. Kolbasov. Cement and Lime Manufacture, pp 60/61. Julio de 1962.

## CONCLUSIONS

- A) *The following conclusions may be drawn from our findings during the manufacturing process and the mechanical resistance values obtained:*
- 1.º) For calcareous "filler" contents in excess of 20 percent with a w/c = 0,5 ratio, the mortars obtained do not fill the compactation requirements indicated in the set of specifications RC-88.*
  - 2.º) The resistance to flexotraction does not vary for "filler" contents lower than 20 %. The resistance to compression decreases in proportion to the "filler" added up to 20 % and is sharply reduced as from this value, basically at more advanced ages.*
- b) *The following may be deduced from the DRX study:*
- 1.º) None of the samples has shown the building of carboaluminates.*
  - 2.º) The calcium hydroxide contents do not change with the curing time.*
  - 3.º) For calcareous "filler" proportions between 30 and 50 % the gypsum contents go up for ages of 90 days.*

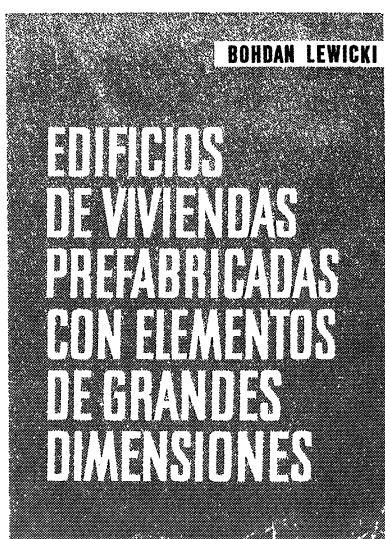
## ACKNOWLEDGMENT

*The authors of this paper want to express their gratitude to the GENERAL DIRECTION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH for its economical aid. Without this aid it would not be able to elaborate this project PB 89-0189.*

- (6) "Calcareous fillers and the compressive strength of Portland Cement". I.Soroka and N.Stern. Cement and Concrete Research, Vol 6 pp 367/376, 1976.
- (7) "The effect of fillers on strength of Cement Mortars". I. Soroka and N. Setter. Cement and Concrete Research Vol 7, pp 449/456, 1977.
- (8) "Calcaire comme addition and cement. T.Gacesa y otros. Cement 21 (3-4) 107, 113, 1979.
- (9) "Indagine sul differente comportamento degli inerti silicico e calcareo". Luissino Cassino, Giuseppe Pintor. Il cemento pp 255/262 4/1972.

\* \* \*

## publicaciones del ICCET/CSIC

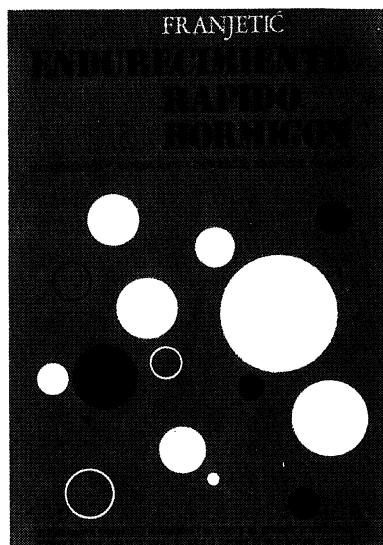


**Bohdan Lewicki**

Este libro trata de los problemas relativos a la construcción de los edificios de viviendas o públicos realizados con elementos prefabricados de grandes dimensiones. Se han estudiado los problemas de arrastamiento, así como los que plantea la resistencia de los elementos y de la estructura; se han examinado las cuestiones de orden hidrotérmico, acústico y de resistencia al fuego; también se ha profundizado en el estudio de la estanquidad de los muros exteriores y de las juntas.

La obra incluye numerosas ilustraciones que dan detalles de diversas soluciones, así como ejemplos de cálculo, tablas de valores numéricos, diagramas y ábacos.

Un volumen encuadrado en tela, de 24 x 17 cm, compuesto de 616 págs.

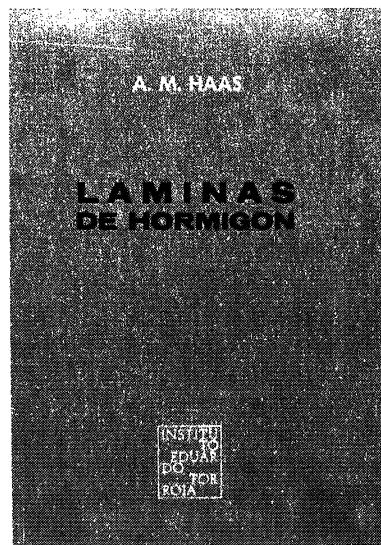


**Zorislav Franjetić**

En la obra de Franjetić se expone de una forma minuciosa, ordenada y sistemática, todo un cuerpo de doctrina que reúne el conocimiento actual sobre el endurecimiento rápido del hormigón. Parte el autor de los principios básicos y llega a las últimas consecuencias y realidades técnicas y económicas.

Es una obra de consulta, tanto para el investigador sobre la materia, como para el proyectista y el realizador y montador de plantas e instalaciones y equipos de curado y endurecimiento rápido.

Un volumen encuadrado en cartón, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 385 págs., 110 figuras y 10 tablas.



**A. M. Haas**

Al escribir este libro el autor intentó poner a disposición de los estudiantes y de los ingenieros unos conocimientos prácticos, adecuados para servir de guía en el diseño y construcción de láminas delgadas de hormigón.

El autor está convencido de que el éxito en el diseño de una lámina exige, por parte del proyectista, un examen de las tres fases por las que pasa la materialización de la lámina: el diseño, el análisis estructural y la construcción de la estructura.

Un volumen encuadrado en tela, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 420 págs., 141 figuras, 22 fotografías y 6 tablas.