



#### **sinopsis**

Se describe en el artículo el origen creacional de este sistema de prefabricación con piezas de hormigón armado, basado en la adecuada combinación de proporciones matemáticas; con definición de todas y cada una de las piezas que intervienen en la construcción de un bloque en altura de viviendas; montaje del edificio, fabricación de las diferentes piezas y número de ellas que interviene en cada vivienda. La idea de este tipo de viviendas, su forma constructiva y conjunto de piezas para la prefabricación es del Doctor Ingeniero Industrial Emilio González Espinosa de los Monteros, y en la actualidad se está aplicando a la construcción de un bloque de 88 viviendas en 11 plantas, cuyo proyecto es de los arquitectos Eduardo Ramos Guerbós y Antonio García Garrido.

La idea inicial se basa en proporciones matemáticas.

Una persona se sentirá más cómoda si aprecia en su alrededor proporciones de medidas que le sean familiares.

Hay una relación de medidas, que los antiguos matemáticos griegos llamaban razón de oro o «razón áurea», que se repite en el cuerpo humano bien constituido.

Si disponemos de dos cuadros con el mismo motivo pictórico y pintados por el mismo artista, el 90 % del público adquirirá el que tenga por marco un rectángulo cuyos lados estén en la relación áurea, es decir,  $1/1,62$  aproximadamente.

Si una persona frecuenta un recinto que denomina «acogedor», es probable que existan relaciones áureas en su interior.

El prisma hexagonal adaptado a la construcción de viviendas surgió con la intención de construir un ortoedro que tuviera doble razón áurea en sus tres medidas principales: largo, ancho y alto.

La anchura del prisma dividido por la altura daba un salón-comedor con demasiada superficie de suelo, y la forma de disminuir esta superficie, manteniendo la cota debida, era suprimir los ángulos diedros rectos inferiores.

Para poder acoplar a este prisma otro igual era necesario eliminar también los ángulos diedros rectos superiores, y así surgió la sección hexagonal.

En la vivienda inicial de módulos EXA, la diagonal del hexágono dividido por la altura era igual que la longitud del prisma dividido por la diagonal del hexágono e igual a su vez a la razón áurea.

Los muebles adosados a la pared formada por el panel inclinado inferior permitían apreciar esta doble relación.



### DESCRIPCION DE LAS PIEZAS

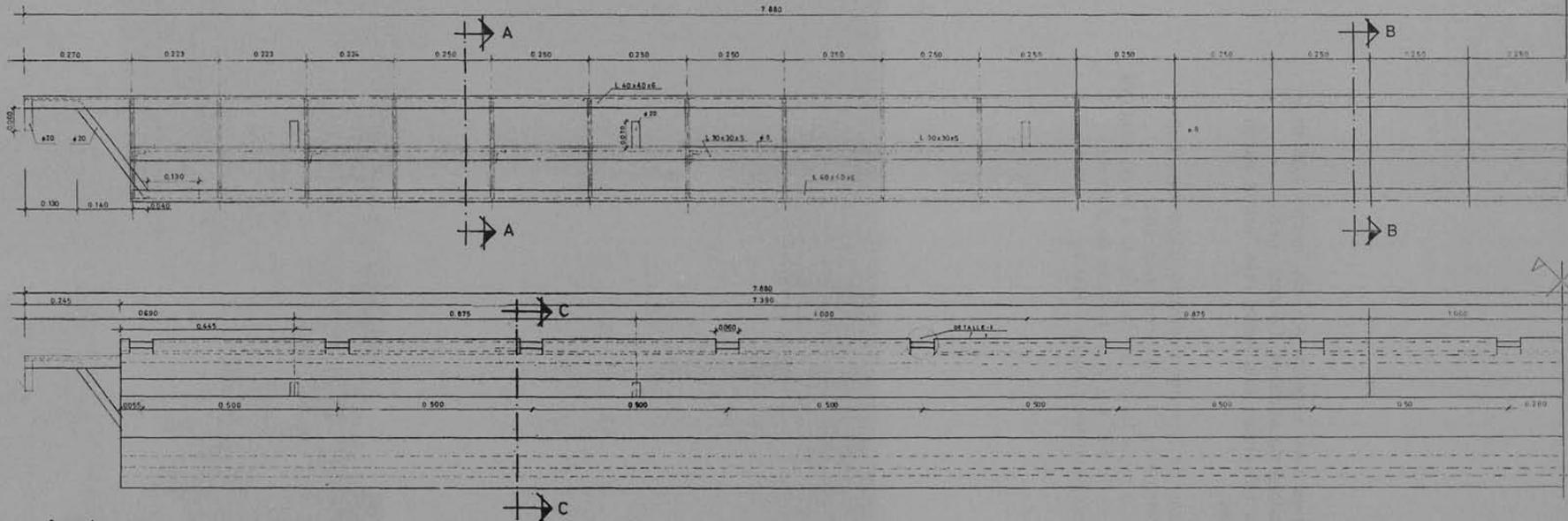
Las Viviendas Hexagonales se componen de prismas de sección hexagonal. Estos módulos van formados por vigas en los vértices del prisma, paneles inclinados, en número de cuatro para cada prisma, y piezas de forjados. Los paneles de fachada y balcones completan las piezas que se prefabrican en la primera fase.

La segunda fase se ve aumentada en el número de piezas prefabricadas por los tabiques de separación de habitaciones, pilares y piezas para la denominada zona de escaleras y ascensores.

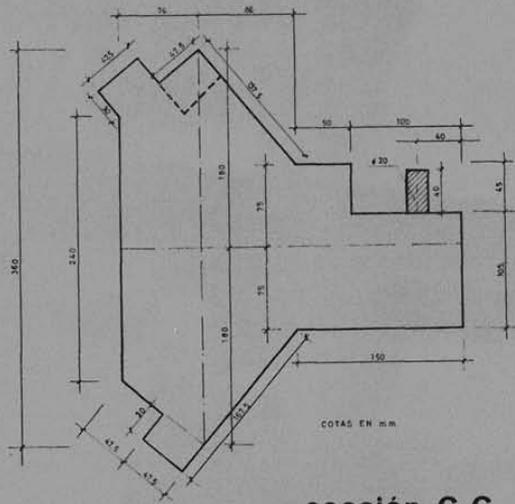
Las vigas son piezas de hormigón armado, constituyendo la armadura un conjunto de hierros y perfiles montados y soldados en el taller. Esta armadura metálica dispone de unos salientes respecto de las piezas de hormigón en ambos extremos, y su sección es tal que, una vez apoyada la viga por estos extremos, es capaz de sujetar al forjado y los dos paneles inclinados que concurren en ella. Tiene una longitud de 7,50 m, un peso de 1.250 kg, y su volumen es de 0,50 m<sup>3</sup> de hormigón.

El molde que se utiliza para fabricar esta pieza es de chapa de 3 mm de espesor.

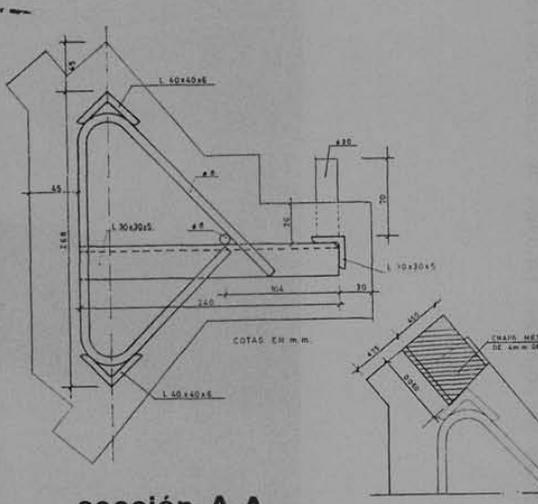
**armadura**



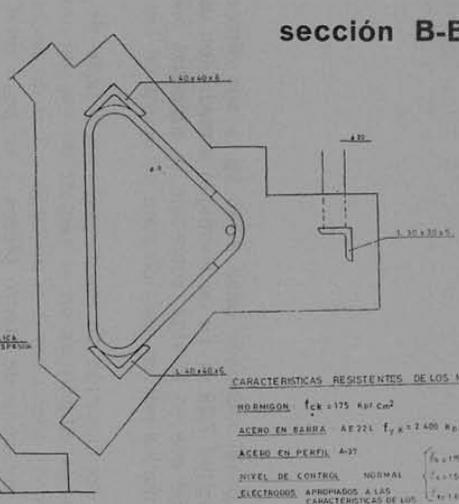
**conjunto**



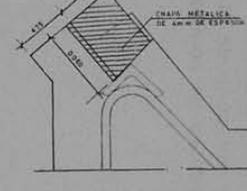
**sección C-C**



**sección A-A**



**sección B-B**



**detalle X**

**CARACTERÍSTICAS RESISTENTES DE LOS MATERIALES**  
 HORMIGÓN  $f_{ck} = 175 \text{ N/mm}^2$   
 ACERO EN BARRA AE 22L  $f_y = 2400 \text{ N/mm}^2$   
 ACERO EN PERFIL A-37  
 NIVEL DE CONTROL NORMAL  
 ELECTRODOS APROXIMADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS A SOLDAR

**viga**

El panel inclinado pesa 2.150 kg, y sus dimensiones son: espesor 9,5 cm, ancho 1,36 m y longitud 7,39 m. Es de hormigón armado con un mallazo de alambre. En esta pieza, igual que en la viga, sobresale la armadura por los extremos. Los lados más largos están formados por un escalón para su apoyo en las vigas.

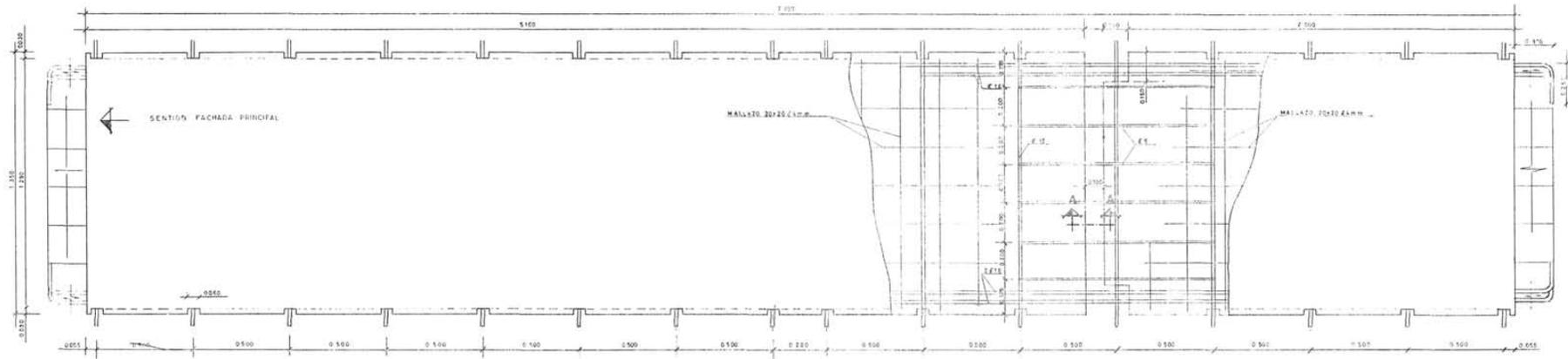
La composición de los forjados es a base de piezas de hormigón armado aligeradas con huecos cilíndricos en el sentido de los nervios principales. Sus dimensiones son: 4 m de ancho por 2 m de largo y 3 m de ancho por 2 m de largo. Un forjado de 4 m de anchura se compone de cuatro piezas y su peso total es de 10.400 kg; y un forjado de 3 m de anchura se compone también de cuatro piezas y su peso total es de 7.800 kg.



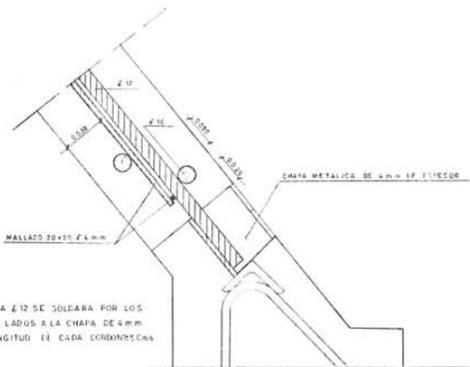
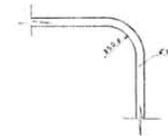
## alzado



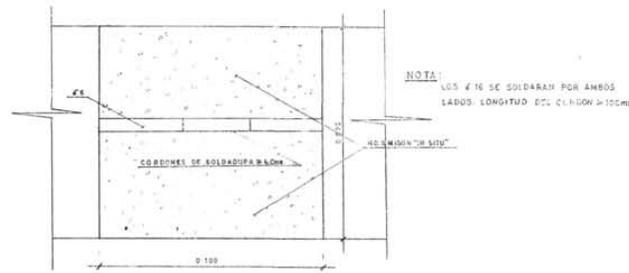
## planta



### DETALLE DE ANCLAJE



### unión panel viga



### sección A-A

### CARACTERÍSTICAS RESISTENTES DE LOS MATERIALES

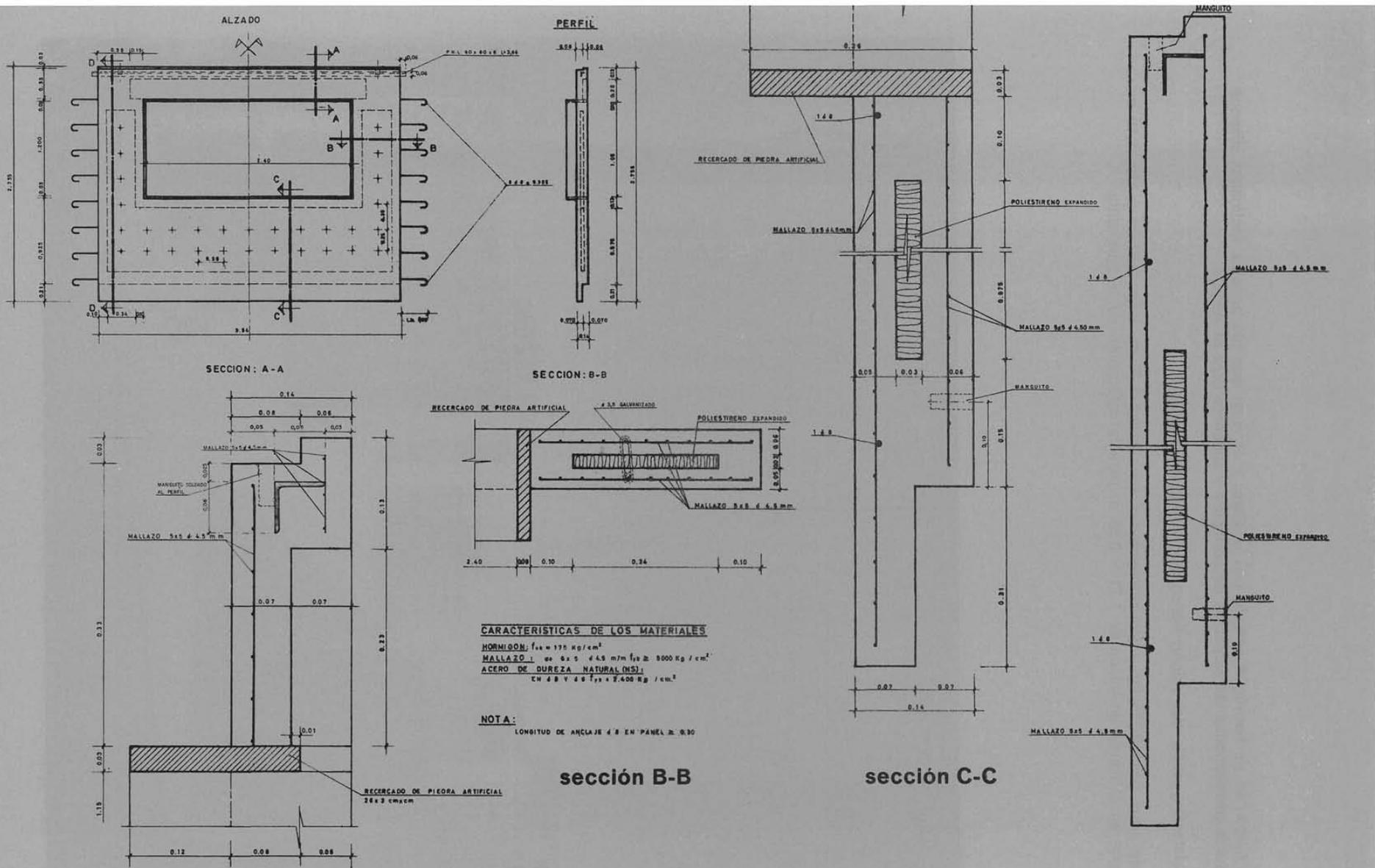
CEMENTO  $f_{ct}$  175 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO EN BARRA A E 42 NO  $f_y$  4200 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO EN MALLA A E 50 T  $f_y$  5 000 kg/cm<sup>2</sup>  
 NIVEL DE CONTROL NORMAL  $f_{ct}$  115  
 $f_{ct}$  150  
 $f_{ct}$  160  
 ELECTRODOS APROPIADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS A SOLDAR



El panel de fachada tiene un espesor total de 14 cm y se compone de dos capas de hormigón armado con mallazo electrosoldado, separadas por 3 cm de aislamiento térmico a base de poliestireno expandido.

Esta pieza pesa 2.000 kg y lleva incorporada la carpintería de ventanas y recercado de piedra. En la parte superior lleva también una armadura complementaria que sirve para el apoyo de esta pieza en el montaje.

Sus dimensiones exteriores son de  $3,54 \times 2,76$  m.

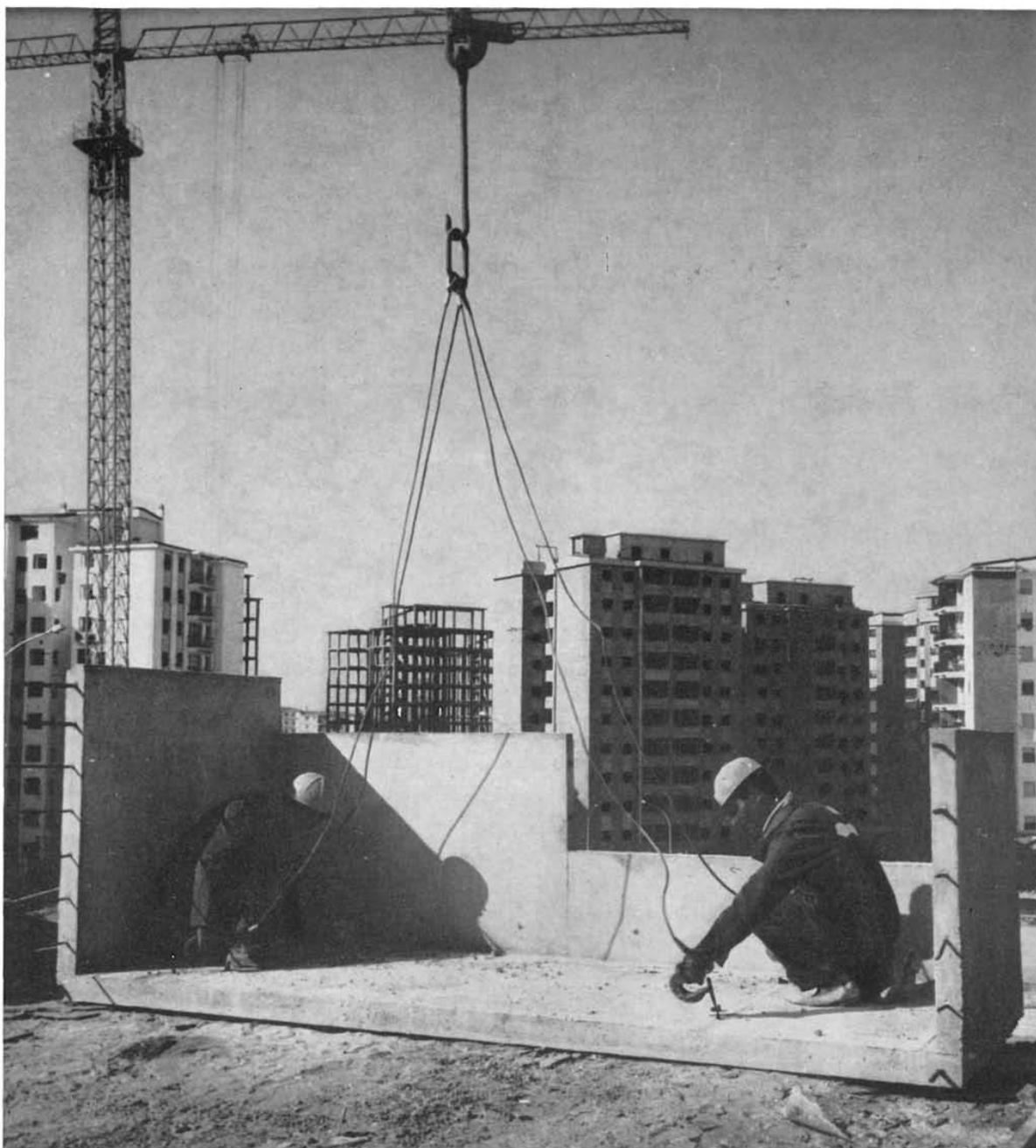


panel de fachada

El balcón es de hormigón armado con mallazo, y al igual que los paneles inclinados dispone de sus correspondientes refuerzos de armadura y salientes para el anclaje.

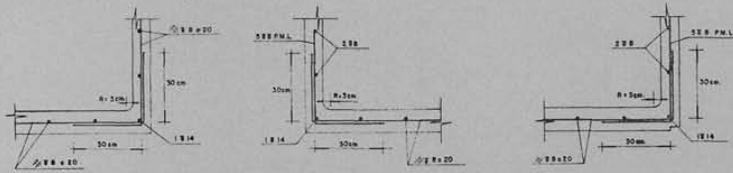
El lateral y suelo del balcón tienen 8 y 10 cm de espesor.

Esta pieza pesa 2.275 kg, y sus dimensiones son: ancho 1,40 m, largo 3,61 m y alto 1,10 m. Tiene en el frente un hueco de  $1,71 \times 0,55$  m para la colocación de la barandilla.



secciones

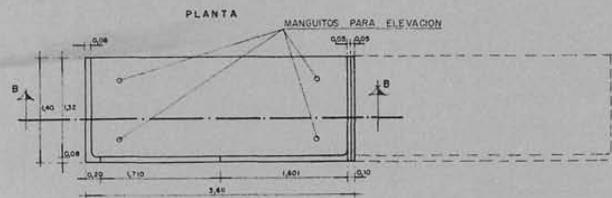
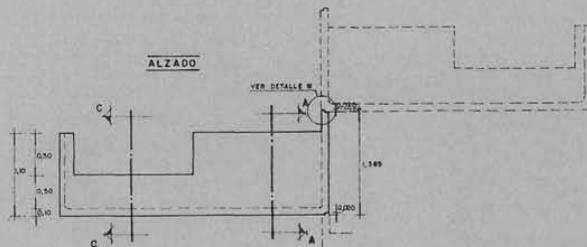
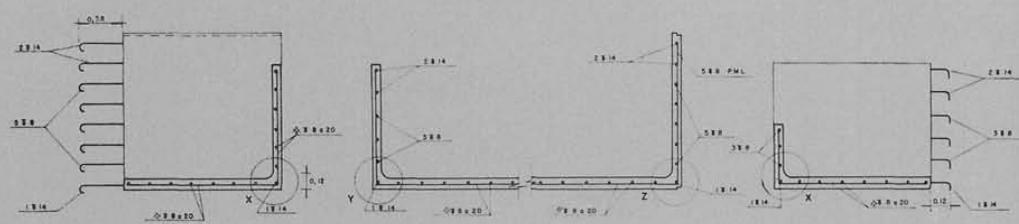
detalles x - y - z



A - A

B - B

C - C

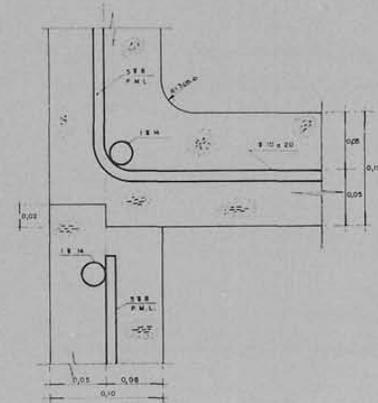


BALCON  
CARACTERÍSTICAS RESISTENTES DE LOS MATERIALES

HORMIGÓN:  $f_{ck} = 175 \text{ kg/cm}^2$   
ACERO EN BARRA: AE 42 NS  $f_{yk} = 4200 \text{ kg/cm}^2$

NIVEL DE CONTROL: NORMAL  
 $f_s = 115$   
 $f_c = 150$   
 $f_t = 160$

DETALLE W



ESQUEMA DE ANCLAJES



1/3 balcón





### **MONTAJE DE LAS PIEZAS**

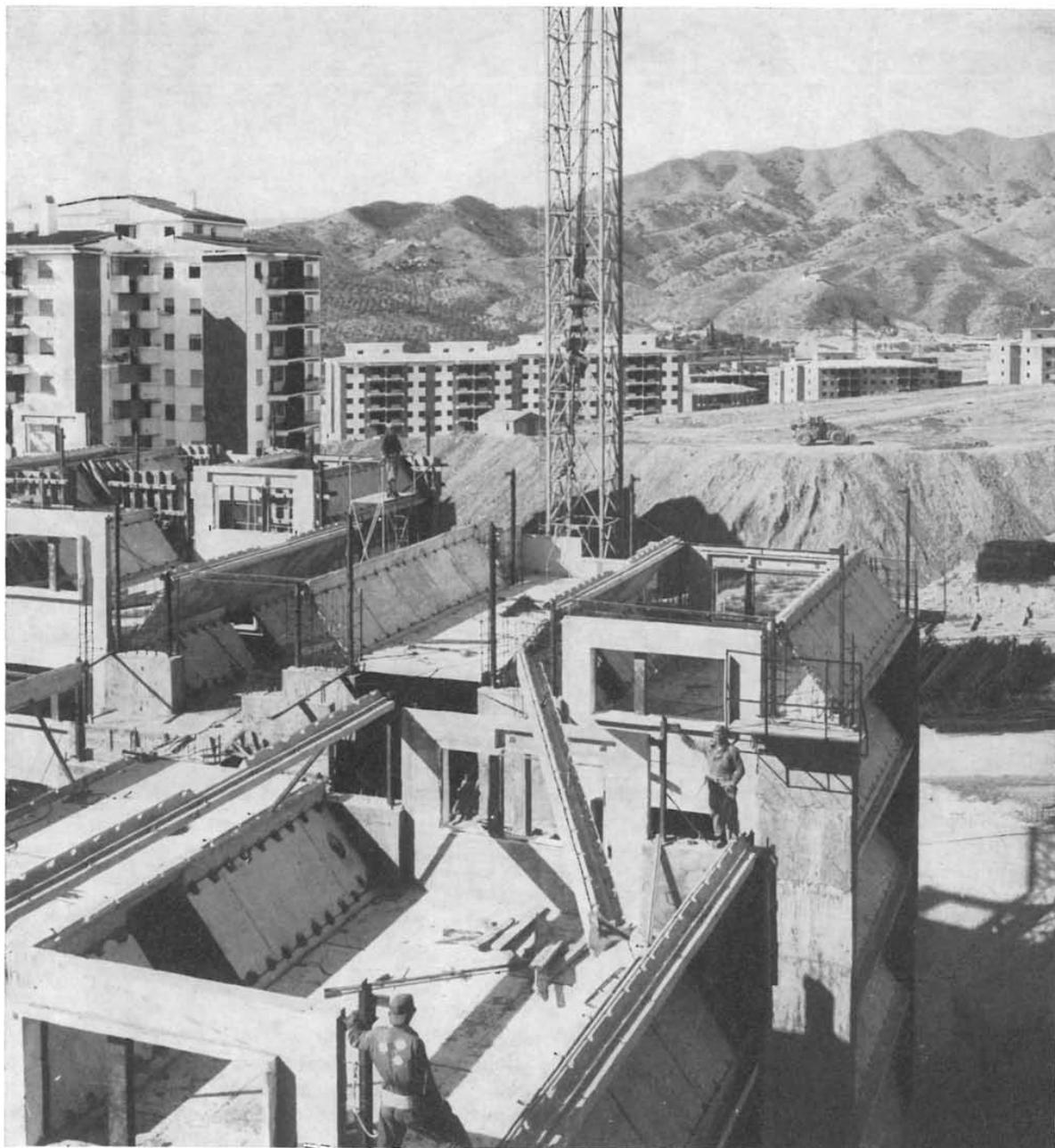
Una vez hecha la cimentación del edificio y efectuado el replanteo correspondiente se colocan perfiles metálicos formados por doble T de 120 mm. Sobre estos soportes metálicos se colocan las vigas, apoyando las armaduras salientes de éstas en ménsulas metálicas que contiene el soporte metálico. Se fijan con unos puntos de soldadura.

Una vez colocadas dos vigas de un mismo nivel, se procede a colocar sobre ellas las piezas de forjado; la primera y la última de estas piezas llevan armadura saliente en sus extremos.

Cuando hayan sido colocadas dos vigas próximas y de niveles consecutivos, se colocan los paneles inclinados.

A continuación se coloca el panel de fachada apoyándose mediante la armadura superior de este panel, que sale por sus bordes, sobre unas ménsulas del soporte metálico. Puntos de soldadura afianzan la colocación de la fachada durante el montaje.

Los pilares de hormigón armado van construyéndose a medida que están las piezas prefabricadas montadas formando un nudo rígido los extremos de estas piezas, con sus armaduras empotradas en el pilar.

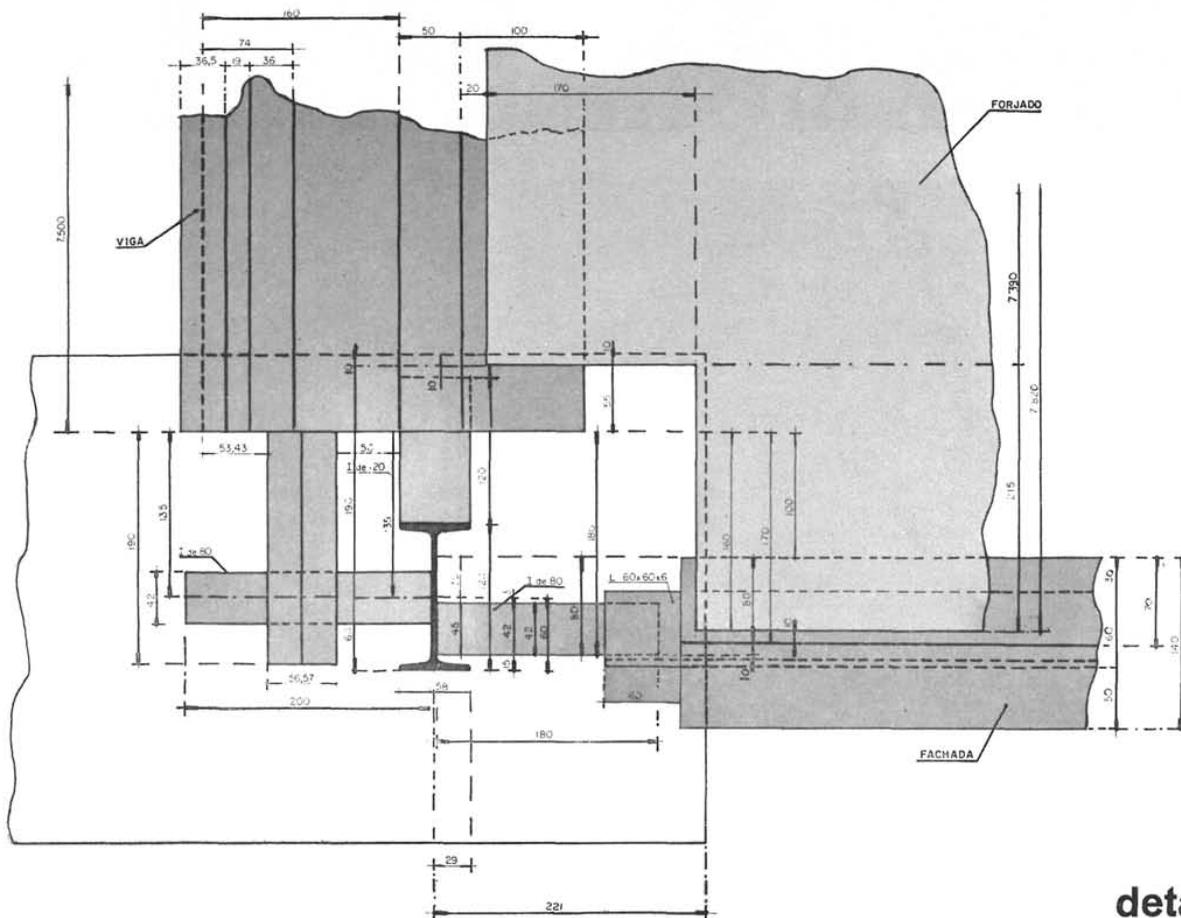
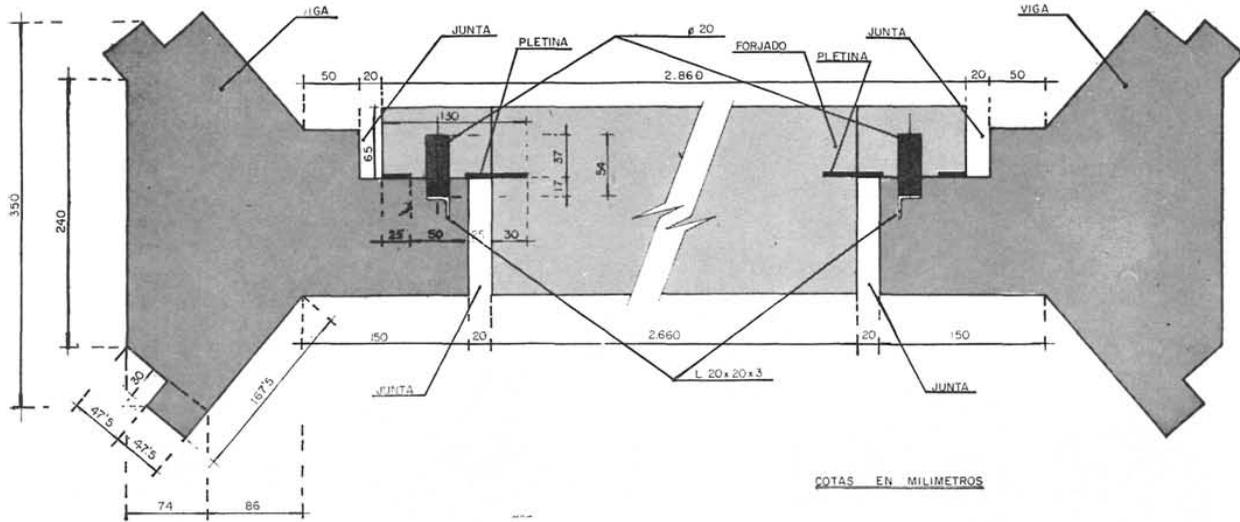


En la actualidad se está construyendo un bloque de 88 viviendas, más dos de portería, con 11 plantas de viviendas y una de locales comerciales.

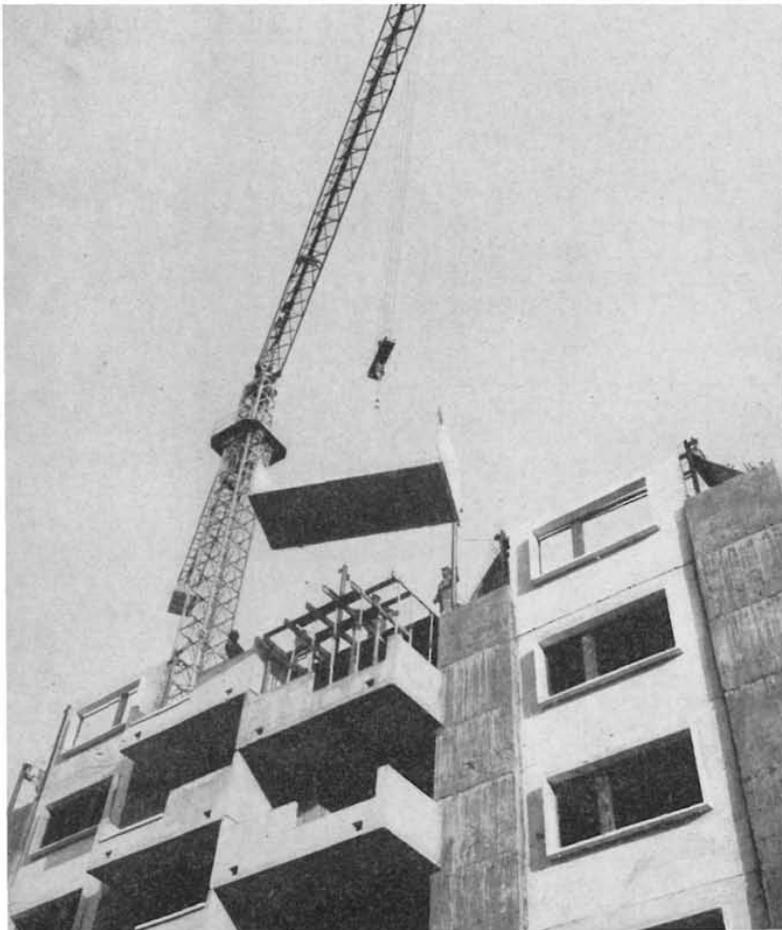
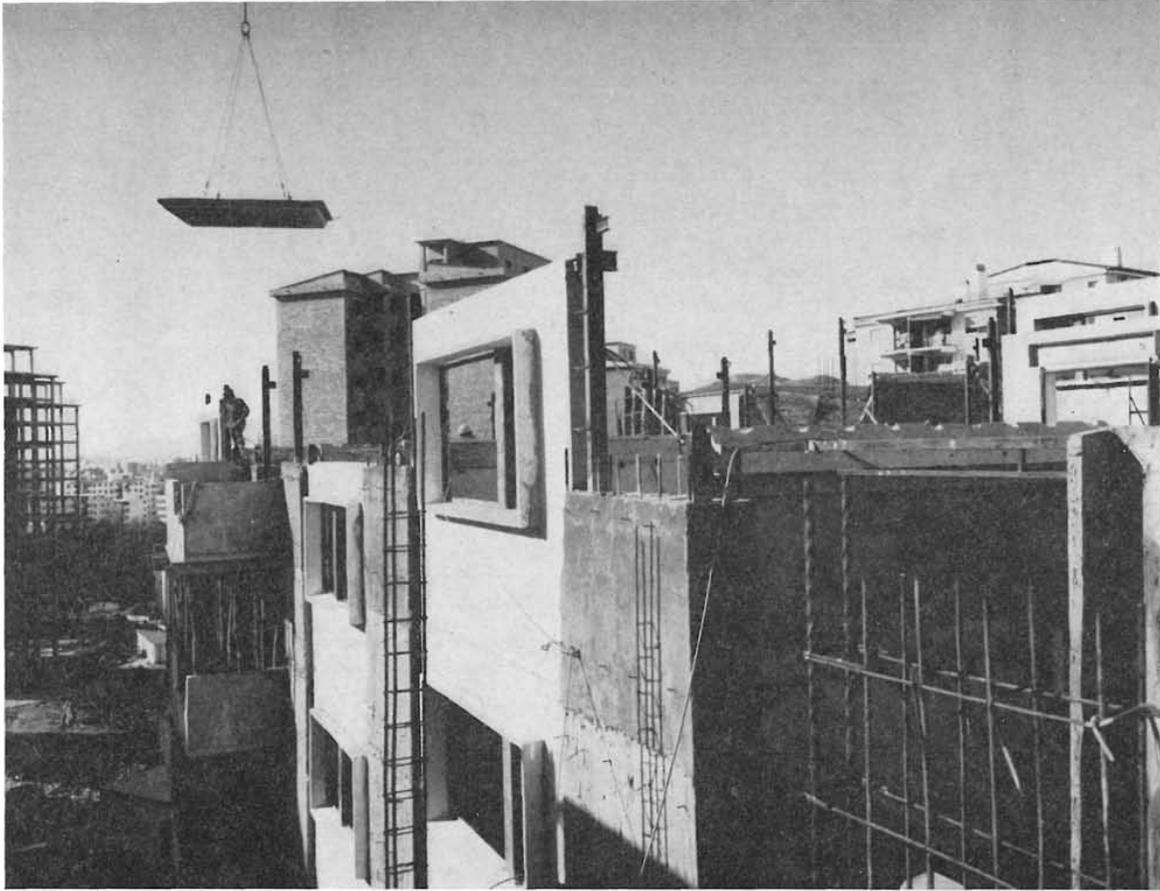
El montaje de las piezas prefabricadas se lleva a cabo con un oficial soldador y un peón, el gruista y el encargado.

Estos cuatro hombres realizan el trabajo de un nivel cada 4 días. La obra se compone de veinticuatro niveles y medio.

## detalle unión viga forjado



## detalle unión de elementos prefabricados



Cuatro encofradores preparan el encofrado de pilares y zona tradicional de escaleras y ascensores.

Durante 2 horas diarias cinco peones elaboran y vierten el hormigón de pilares y zonas tradicionales



## FABRICACION DE PIEZAS

Las piezas se pueden fabricar a pie de obra o en fábricas fijas.

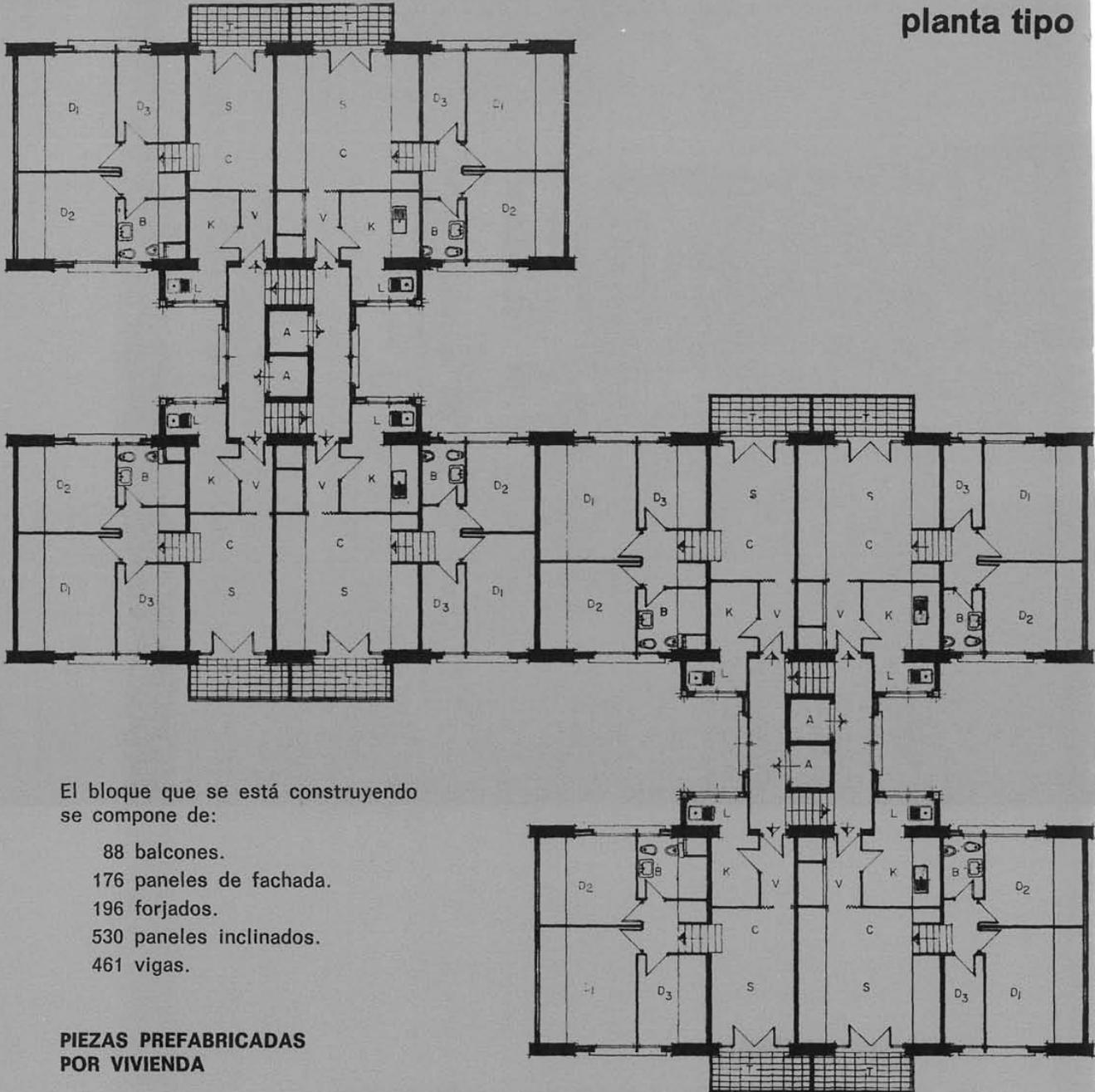
Las piezas para el bloque que se está construyendo se fabrican en un terreno de 480 m<sup>2</sup>. En este terreno está instalada una grúa de 17 m de altura, con 34 m de longitud de pluma y 3.000 kg de carga en punta; una hormigonera eléctrica de 300 litros de capacidad; un silo para 30.000 kg de cemento; dos vibradores de aguja, y los moldes correspondientes para las piezas.

El personal que se dedica a la fabricación de piezas se compone de cinco peones, un gruista y un capataz, y hacen 14 piezas diarias: 2 fachadas, 1 balcón, 8 piezas de forjado y 3 paneles inclinados.

La ferralla viene elaborada desde el taller.

El equipo de cinco peones que elaboran y vierten el hormigón de pilares y zonas tradicionales fabrican 12 vigas en 6 horas.

## planta tipo



El bloque que se está construyendo se compone de:

- 88 balcones.
- 176 paneles de fachada.
- 196 forjados.
- 530 paneles inclinados.
- 461 vigas.

### PIEZAS PREFABRICADAS POR VIVIENDA

Paneles de fachada .....	2	unidades
Balcones .....	1	unidad
Forjados $\frac{196 \times 4}{90}$ .....	8,71	unidades
Paneles inclinados $\frac{530}{90}$ .....	5,88	"
Vigas $\frac{461}{90}$ .....	5,12	"
<hr/>		
Total piezas prefabricadas por vivienda .....	22,71	unidades

Las piezas que lleva una vivienda, excepto vigas, son: 17,59 unidades.

Cinco peones, con los medios auxiliares necesarios y ya expuestos, fabrican:

$$\frac{14}{17,59} = 0,795 \text{ viviendas/día.}$$

Como cada vivienda tiene 75,43 m<sup>2</sup>, en lo que respecta a piezas prefabricadas, es decir, sin contar servicios comunes ni lavadero, resulta que:

cinco peones fabrican  
 $0,795 \times 75,43 = 59,966 \text{ m}^2$  en 9 horas,  
 o, lo que es igual:

en una hora un peón fabrica 1,332 m<sup>2</sup>.

## résumé

### Construction de logements à modules hexagonaux

Dans cet article, les auteurs décrivent l'origine de ce système de préfabrication à l'aide d'éléments en béton armé, basé sur la combinaison appropriée de proportions mathématiques, et définissent chacun des éléments qui interviennent dans la construction d'un bloc de logements, ainsi que le montage, la fabrication et le nombre des différents éléments intervenant dans chaque unité d'habitation.

L'idée de ce type de logements, leur forme constructive et l'ensemble de pièces pour la préfabrication est du Docteur Ingénieur Industriel Emilio González Espinosa de los Monteros. Actuellement, cette idée est appliquée à la construction d'un bloc de 88 logements distribués sur 11 niveaux, dont le projet est des architectes Eduardo Ramos Guerbós et Antonio García Garrido.

## summary

### Housing construction by means of hexagonal modules

This article describes the origin of this system of prefabrication with elements of reinforced concrete, based on the appropriate combination of numerical proportions; with a definition of each single piece that forms part of the construction of a housing block; mounting of the building, fabrication of the different pieces and the total number of pieces that each housing consists of.

The idea of this type of housings, its construction form and assembly of pieces for prefabrication is an accomplishment of Dr. Emilio González Espinosa de los Monteros, Industrial Engineer. At present the system is being applied to the construction of a block of 88 housings, in 11 storeys which is a project by the architects Eduardo Ramos Guerbós and Antonio García Garrido.

## zusammenfassung

### Wohnhausbau mit hexagonalen modulen

Dieser Artikel beschreibt den Ursprung dieses Systems vorgefertigter Stahlbetonstücke, welches sich auf eine angemessene Kombination von mathematischen proportionen gründet; genaue Beschreibung jeden Stückes, das in der Konstruktion eines Wohnhausblocks vorkommt. Aufführung des Gebäudes, Herstellung der verschiedenen Stücke und deren Anzahl in jedem Wohnhaus.

Die Idee dieses Wohnungssystems, seine Bauform und Teilsatz für Vorfertigung ist das Werk des Dr. Emilio González Espinosa de los Monteros, Industrieingenieur. Es wird gegenwärtig in der Konstruktion eines Blocks von 88 Wohnungen in 11 Etagen, verwendet, ein Projekt der Architekten Eduardo Ramos Guerbós und Antonio García Garrido.

Fotos: INTERFOT

