

PROCEDIMIENTO DE PREFABRICACION Y MONTAJE DE EDIFICIOS "SETA"(*)

Por JOSE SERRANO CAMARASA
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El autor propugna la adopción, en las obras de edificación común, de procesos sistemáticos más evolucionados que los actuales, que permitan aprovechar de mejor manera las posibilidades que la tecnología ofrece, sin necesidad de incurrir en grandes inversiones de equipos muy sofisticados de alto costo y dudosa amortización.

A manera de ejemplo de sus ideas, expone en este artículo un método de prefabricación sistemática de edificios por él concebido, que considera prometedor por hallarse acorde con procesos constructivos y reproductivos a gran escala, muy evolucionados, de la propia naturaleza, tan sabia como vieja.

Son de destacar las afinidades del sistema descrito con los siguientes procesos naturales:

a) *En el orden de economía mecánica estructural, con la forma de resistir de un apretado bosque de secoyas gigantes. Sin duda, la familia homogénea viva más longeva y gigantesca existente sobre la tierra.*

b) *En lo que se refiere a sistemática geométrica, con la que ofrecen los cristales minerales homogéneos.*

c) *En lo concerniente a productividad, cabría establecer el parangón con el proceso reproductor especializado y rutinario de una colonia de termitas —tiránicamente regido por leyes del instinto— en el que no influye apenas el descarriado de cualquier obrera, con la diferencia, en nuestro caso, de que el tropel multitudinario se sustituiría por equipos personales bien conjuntados, formados por una docena de operarios, bajo el mando de un técnico de grado medio.*

1. Consideraciones previas.

Para poder alcanzar en la construcción de edificios un proceso industrializado es preciso que el proyectista se comprometa a utilizar sistemáticamente o al menos con marcada preferencia, elementos modulados. Este compromiso apriorístico es tácito y a nadie repugna en las construcciones más simples, realizadas con métodos tradicionales, a base de pequeños prefabricados.

Por lo que se refiere a construcciones formadas por grandes elementos prefabricados, podría desagradar a ciertos espíritus creadores el empleo forzado de aquellos elementos masivos que impongan limitaciones de concepción y un sello ajeno característico o monótono a su obra.

Para evitar este escollo —que no es baladí— y como primer paso en el proceso de construcción a base de grandes prefabricados, propugnamos utilizar estos grandes elementos en resolver la estructura resistente del edificio y preci-

samente en la forma en que resulte menos condicionante y limitativa al Arquitecto Creador.

Nuestro empeño se ha centrado en resolver la estructura resistente del tipo más común de edificación, esto es, la del edificio prismático, simple o complejo.

La forma más simple de una estructura en edificaciones de este tipo estaría formada por placas planas horizontales —en funciones de pisos— y pilares verticales; pudiendo inclinarse las primeras cuando cumplen misión de techumbres.

La libertad de concepción resultará, a nuestro entender, máxima cuando sea mínimo el número de pilares exigidos para la sustentación y las dimensiones de ellos. Condiciones estas últimas, referentes a la diafanidad, que llevan implícitas otras de regularidad en la distribución y de posibles alineaciones de pilares. Admitimos que este condicionante de regularidad por sí sólo, aparte de ordenar y sistematizar la estructura, restaría cierta libertad a la concepción.

Considerando estos factores, hemos llegado a la conclusión de que el tipo de estructura resistente de edificio más prometedor para la prefabricación pesada sería similar al representado

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de junio de 1974.

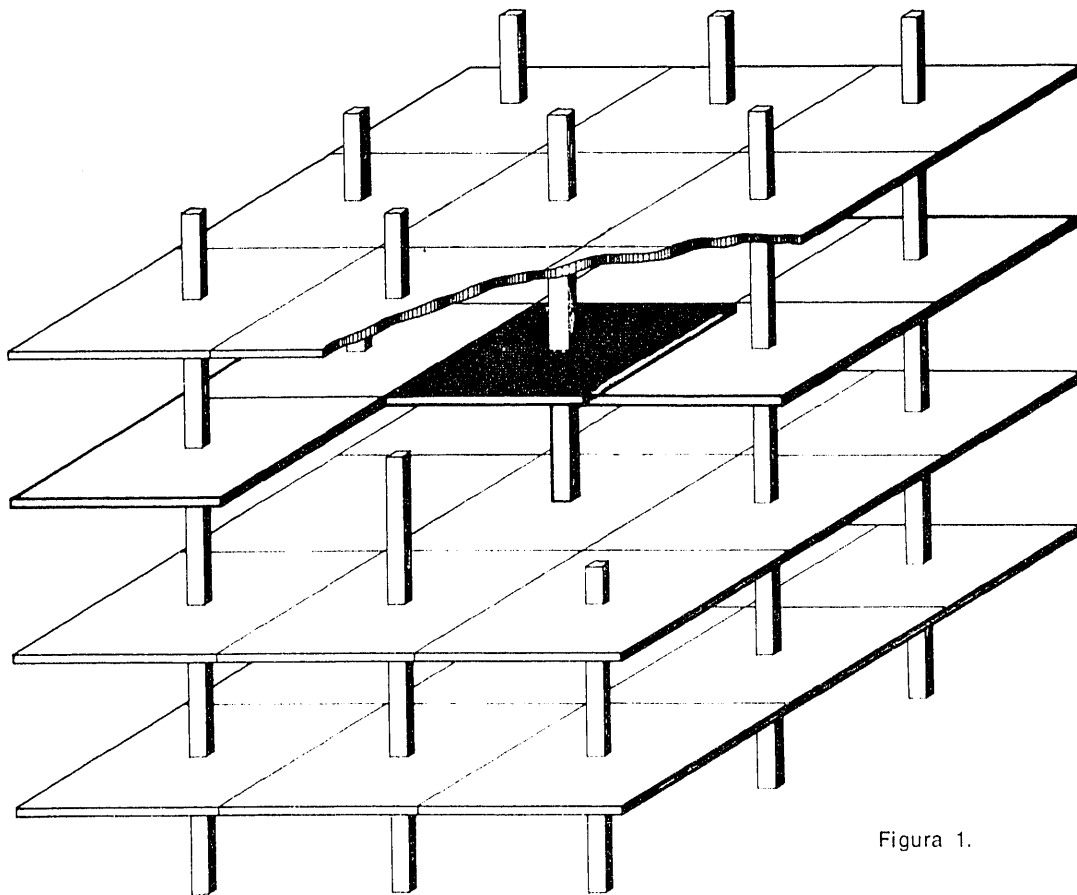


Figura 1.

en la figura 1, que podría considerarse formada por agrupación y soldadura de módulos elementales "en seta", iguales entre sí, y formados cada uno por una porción regular de losa plana,

como umbrela, y el tramo de pilar entre pisos inmediatamente inferior, calado bajo la umbrela, en función de pedúnculo (figura 2).

Como se verá más adelante, esta concepción

SETA

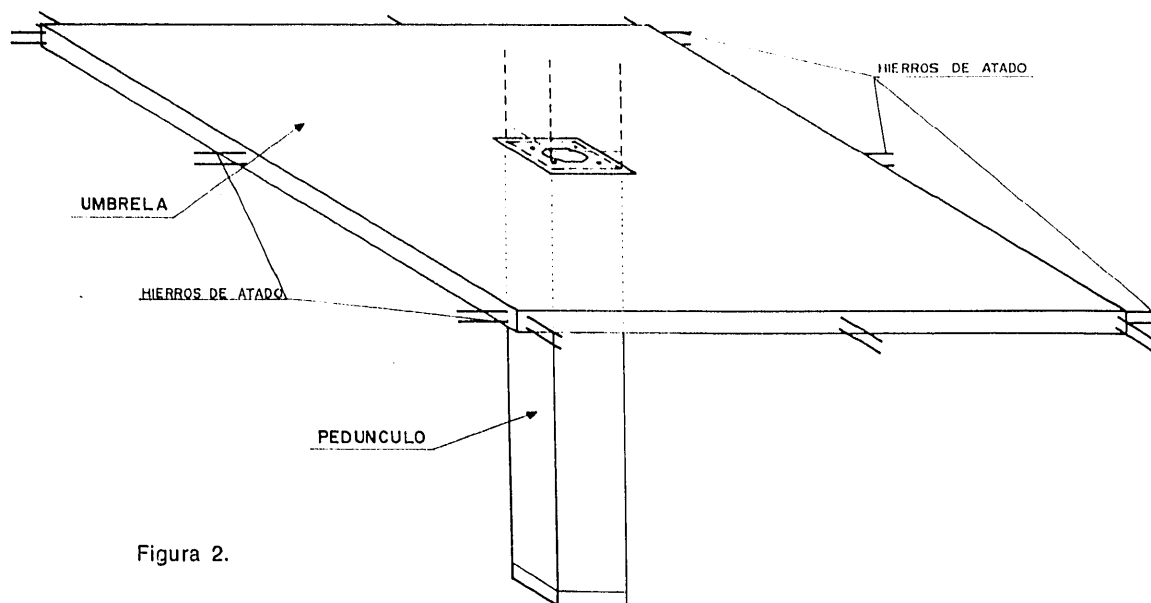


Figura 2.

de la estructura formada por "setas", característica del sistema desarrollado por el que suscribe, es también prometedora en aspectos de funcionalidad, rapidez de construcción y facilidad de montaje y va a permitir, en nuestra opinión, realizaciones extraordinariamente interesantes.

Una derivación inmediata de esta concepción que también ampara la patente registrada correspondiente, consiste en considerar cada losa formada por dos tipos de elementos, que son: Las "setas", similares en todo a las reseñadas anteriormente que se disponen alineadas en co-

lumnas verticales, y las "placas clave" que, a su vez se apoyarían, por su contorno, en las piezas "seta" montadas previamente (figura 3).

Las agrupaciones de piezas de los dos tipos de módulos que acabamos de señalar pueden concebirse constituyendo bandas alternadas, formadas cada una por piezas de la misma clase, o bien al tresbolillo o en tablero de ajedrez, empleando siempre el módulo seta en la orla que define el contorno del edificio (figura 4).

En el caso de formaciones al tresbolillo las umbrelas de las setas pueden presentar formas triangulares, rectangulares, exagonales u octogonales y las losas clave correspondientes serían, respectivamente, triangulares, rectangulares, exagonales y octogonales y, como caso particular de las últimas, cuadradas.

Es obvio que la aplicación de este sistema binario permitirá cubrir mayores luces empleando elementos de losa más pequeños y, por tanto, más fácilmente transportables, con ventajas adicionales, quizá puramente teóricas, de economía en los elementos resistentes utilizados, es decir, con menores peso muerto y consumo de acero por metro cuadrado edificado que el exigido con empleo exclusivo de "setas", pero presentarán el inconveniente de reducir la velocidad de montaje que es, a nuestro entender, el factor más trascendente del sistema "seta".

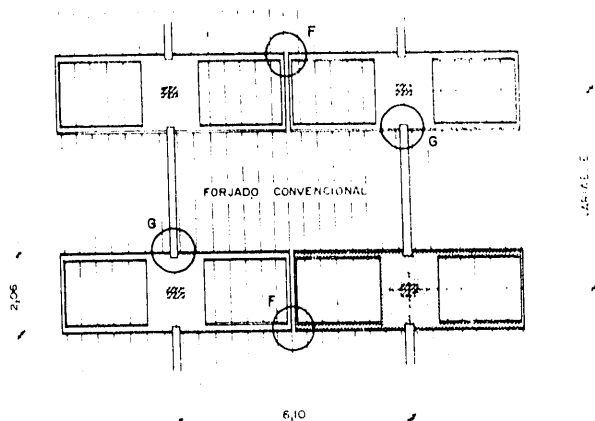


Fig. 3. — Detalle de montaje.

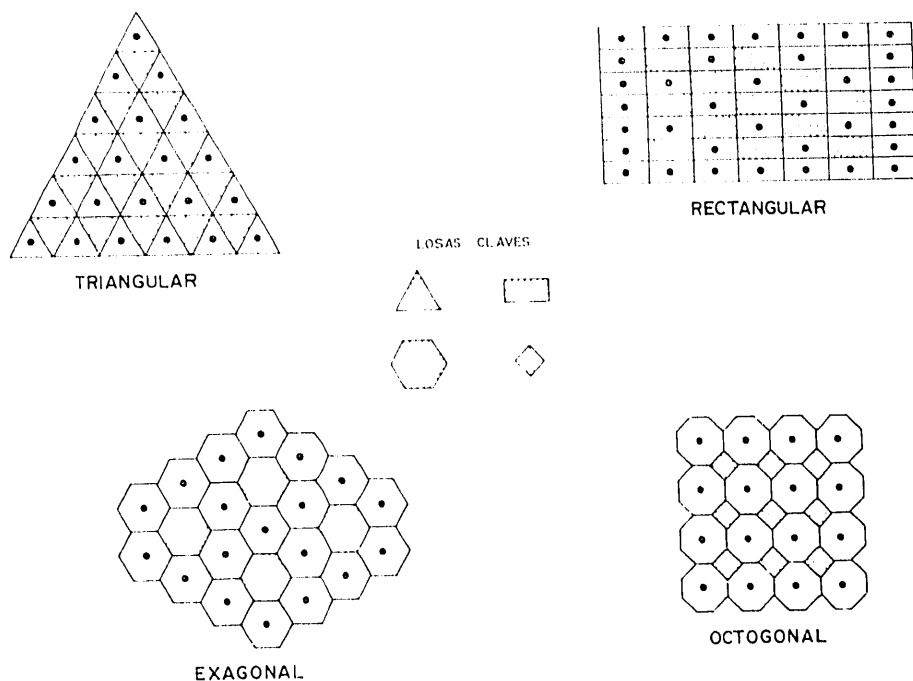


Fig. 4. — Disposición de "setas" y "claves".

2. Objetivos esenciales propuestos.

Los objetivos principales que nos propusimos al plantearnos este estudio, fueron los siguientes:

1.º Que tanto las losas como los pilares pudieran ser contruidos en grandes series en taller, con el grado de mecanización disponible o el más conveniente en cada coyuntura, y siempre con alta productividad a causa de su estricta modulación y acomodación a banda continua.

2.º Que las dimensiones de cada losa sean las máximas posibles, habida cuenta de las vías y de los medios de transporte, elevación y montaje disponibles.

3.º Que el montaje "in situ" sea extraordinariamente rápido y exija el empleo de elementos mecánicos auxiliares de costo discreto y equipos de personal muy reducidos y —salvo excepciones— poco calificados.

4.º Que las "setas" se ligen entre sí en obra mediante soldadura eléctrica, con alta resistencia inmediata, que permita la prosecución del montaje sin dilación alguna.

5.º Que el relleno "in situ" de juntas entre elementos exija empleo mínimo de materiales, y que las juntas mismas se dispongan de forma que las cargas de trabajo resulten en ellas durante la construcción antes del cerramiento de

muy pequeña cuantía, de manera que su fraguado, por ser de interés secundario durante el montaje, no retarde ni interfiera éste.

6.º Que las losas y pilares presenten incorporados en el momento de su montaje, la mayor parte de las conducciones y registros de servicios y la de los anclajes requeridos para soportar los equipos y aparellaje exigidos en su destino final.

7.º Que las superficies aparentes de tales losas presenten la textura requerida para que el acabado del edificio pueda realizarse con facilidad y rapidez, mediante colocación de cerramientos de fachada e interiores, parquet, moquetas, pinturas y papeles de revestimiento, todo ello prefabricado, de manera que el edificio pueda ser puesto en servicio a las pocas horas de terminado el montaje de su estructura.

El sistema en sí, por lo demás, permitiría la realización de edificios que aparentemente no presentarían singularidad alguna y, en cambio, ofrecerían amplia libertad en sus aspectos arquitectónicos.

3. Tipos de "seta".

En el caso más simple y constructivo, la "seta" estaría formada por una umbrela de planta rectangular. En la figura 1 se muestra

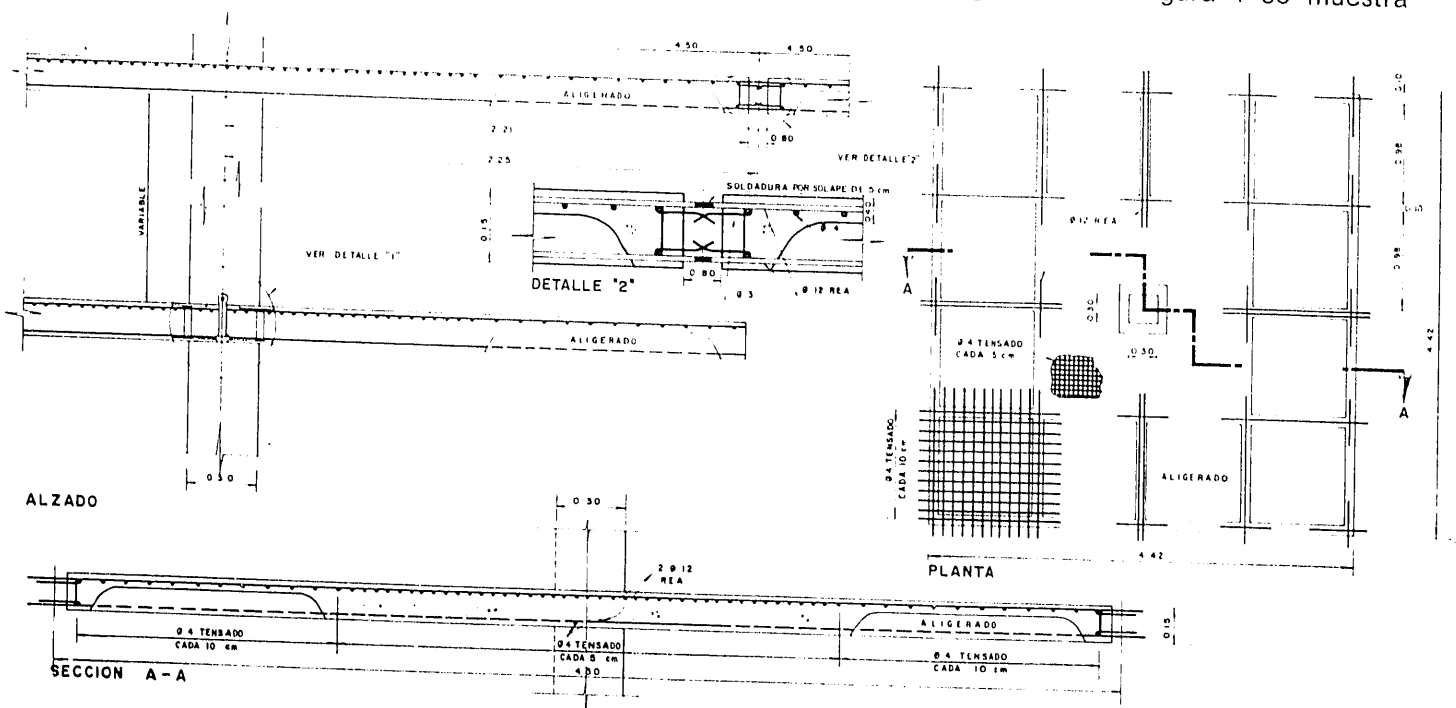


Figura 5.

tra el esquema de una estructura de edificio obtenida por yuxtaposición del mismo módulo "seta". En el caso representado se ha admitido que se mantienen las alineaciones de pilares y juntas en las dos direcciones principales, lo que correspondería a una solución de máxima sencillez en el montaje de los elementos resistentes. En cambio, obligaría a concebir una distribución en el edificio compatible con esta ordenación rigurosa. Para este tipo primero hemos concebido el módulo con umbrela cuadrada de 4,50 m de lado (20,25 m de superficie), figura 5, con el que se consiguen luces libres de 4,20 m, suficientes para permitir habitaciones consideradas amplias en viviendas de tipo medio. Posteriormente hemos concebido los módulos H y T, que siendo derivaciones prometedoras del anterior, sólo reseñaremos de pasada en este ar-

tículo. El objetivo principal que persiguen estas variantes es el de facilitar el transporte.

4. Uniones de umbrela y pedúnculo en cada "seta".

Los dos elementos que integran cada módulo "seta" se construirán por separado y se unirán entre sí mediante un sistema de cosido consistente en que los cuatro redondos —prolongación de los de esquina del pilar y salientes por la parte superior de éste— penetran en cuatro tubos calibrados de acero que forman parte de la armadura de zócalo de la placa, como puede apreciarse en la figura 6.

Los extremos superiores de dichos redondos pueden ser fijados al zócalo mediante tuercas, soldaduras o pinzado realizado por un operario situado sobre la losa, mientras ésta y el pie se apoya en un caballete de descanso, del tipo que más adelante citaremos. Cada redondo será ulteriormente encolado en su vaina mediante resinas, para suprimir holguras y dar ligazón complementaria a umbrela y pedúnculo.

5. Montajes de "setas".

A primera vista puede parecer dificultoso y arriesgado el montaje y fijación de una pieza como el módulo "seta", tan pesada (del orden de 3 a 8 Tm) y de forma tan singular. Para salir al paso de esta objeción indicaremos a continuación uno de los posibles sistemas de montaje.

Cada pieza sería izada por una grúa, tomando como punto de enganche un tubo roscado montado en el centro de la umbrela que viene a coincidir en el caso más corriente con el de gravedad del conjunto de la "seta".

La grúa llevará a descansar la "seta" sobre un "tres pies" ligero (figura 7), situado sensiblemente en la posición definitiva.

Este "tres pies" podrá estar formado por tres montantes tubulares —ligados entre sí por dos niveles de riostras con planta en V— que se pueden apoyar sobre un sistema de ruedas o bien, alternativamente a voluntad, sobre tres gatos o husillos, con los cuales se puede llevar a posición correcta y nivelar perfectamente la umbrela y enrasarla con las contiguas previamente colocadas.

Hallándose así descansada la "seta" se pro-

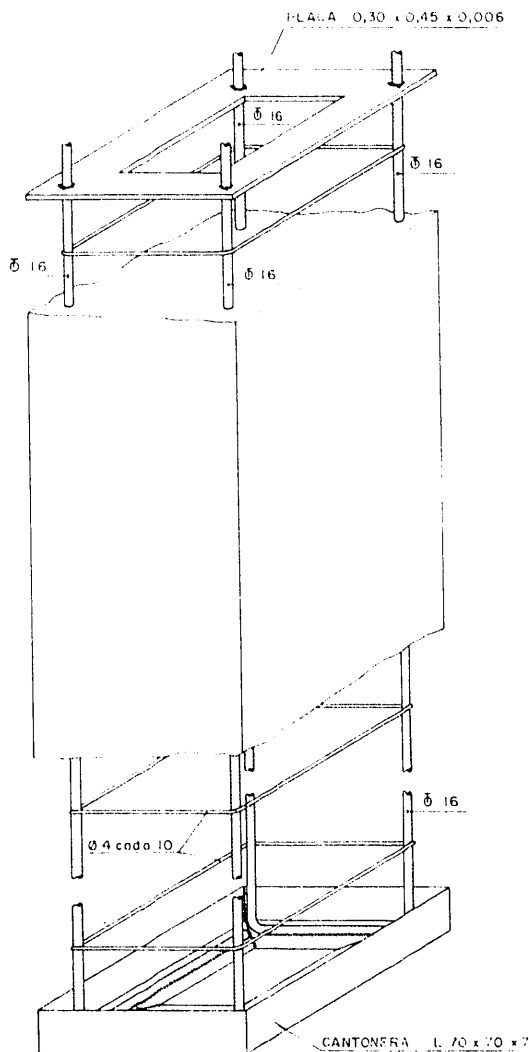


Fig. 6. — Detalle de pilar.

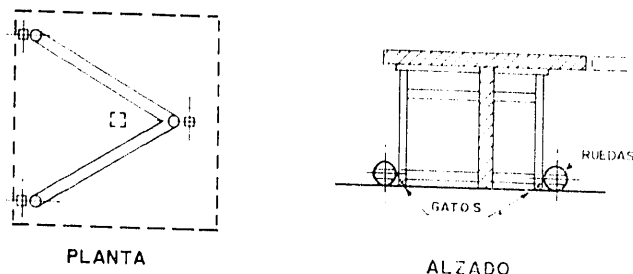


Figura 7.

cedería a soldar el pie a la corona superior del zócalo de la umbrela inmediata inferior, y los hierros salientes del contorno a sus similares de las "setas" contiguas ya colocadas, si las hubiera.

Una vez realizadas estas soldaduras la estructura presentaría una capacidad de resistencia que se acercaría bastante a la que alcanzaría en su situación final, sin que, por tanto, haya que contar con períodos de espera en el fraguado de juntas para la prosecución de la construcción y puesta en carga parcial de la estructura (con tal de que no se sobrecargue excesivamente ni en forma irregular o inconveniente).

Las juntas de borde entre umbrelas se ha pensado, en principio, que presenten holguras del orden de 8 cm para hacer más fácil el montaje y se cerrarían, después de soldados los hierros de continuidad, con morteros, hormigones o pastas adhesivas.

6. Resistencia de la estructura compuesta.

Dada la forma de resistir de esta estructura —en la que los máximos momentos y esfuerzos cortantes se dan en la zona de entronque con el pilar— el trabajo de las juntas es secundario y más bien accidental: por sobrecarga disimétrica, efectos de flexión de losa ya en continuidad, y acciones horizontales como las de viento y sísmicas.

Teniendo en cuenta, además, el gran área y desarrollo de las juntas, las cargas unitarias resultantes en ellas —tanto las de flexión como las de efecto cortante— son pequeñas, de manera que cabe concebirlas rellenas con materiales relativamente blandos como sería el yeso, o aglomerados asfálticos o resínicos, que, en cambio, tuvieran un proceso de fraguado y endurecimiento rápido, limitando acaso el hormi-

gón localmente a las envolventes de las armaduras de continuidad, para asegurar su buena conservación. No obstante, existe la posibilidad de utilizar a lo largo de toda la junta hormigones comunes, si se quiere contar con mayor rigidez y monolitismo del conjunto.

El hecho de que los esfuerzos máximos en la umbrela se localicen en la zona contigua al entronque del pilar no presenta, por otra parte, sino grandes ventajas, porque limita extraordinariamente la zona de losa que exige un fuerte armado y puede contarse a estos fines en ella con los hierros singulares del zócalo que sirve de asidero mediante soldadura a los pilares.

Los pilares pueden ser totalmente de acero, prolongados los fustes con hierros pasantes soldados, o de hormigón armado, pero en este último caso con cantoneras inferiores de acero para permitir su unión mediante soldadura al zócalo de la losa de apoyo.

En cuanto a la resistencia de este tipo de estructura queremos indicar que en la losa se da una ley de momentos flectores cuya área de esfuerzos a cubrir resulta ventajosa respecto de la solución de placa de igual área simplemente apoyada en los extremos, como se comenta a continuación:

Para simplificar, a sabiendas de que incurrimos en inexactitud, prescindamos de una de las dimensiones, o asimilemos la losa a una viga, reduciendo en esta abstracción la profundidad o anchura de placa a la de pilar. Entonces podremos enfrentar (figura 8) la ley de momentos flectores de la viga simplemente apoyada a la que presentarían dos voladizos, formando parte de una estructura, que cubrieran entrambos la misma luz.

Las áreas de momentos flectores provocados por una sobrecarga uniforme idéntica en ambos casos extendida a todo el vano son las rayadas, y dada la convexidad de la parábola, resulta que las superficies de las mismas son mitad en la solución en voladizo que en la de viga; pero, además, se da la circunstancia que los máximos momentos flectores coinciden en este último caso en el punto de apoyo, dando lugar en dicha zona por la parte inferior de la losa a un régimen de trabajo a compresión triple, que elevaría considerablemente la tensión de rotura a compresión del hormigón. Las sobrecargas de uso aplicadas a la losa una vez conseguido el monolitismo en la misma, provoca-

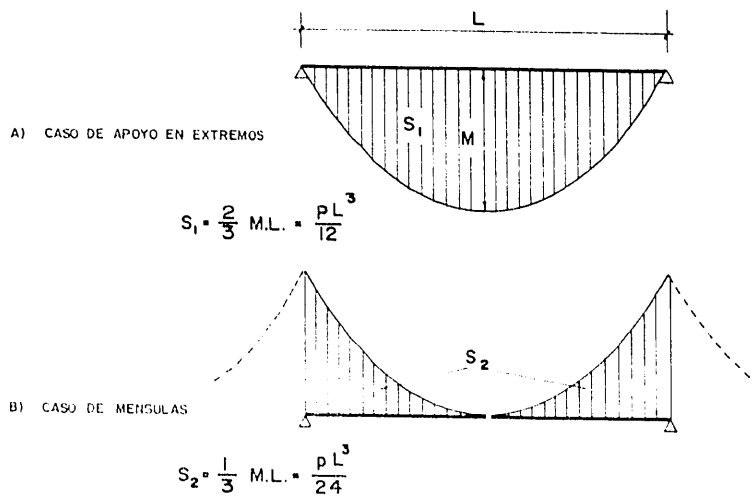


Figura 8.

rían momentos flectores adicionales similares a las de losa continua sobre apoyos.

Por otra parte, para un peso propio singular añadido en el refuerzo de la losa en sus secciones más críticas, los momentos flectores inducidos serían mucho menores en el caso del voladizo que en el de viga apoyada en los extremos. Pues un peso unidad añadido en el eje de capitel en el caso de trabajo en voladizo no provoca momento teórico adicional alguno en la estructura, mientras que en el caso de viga, aplicado en clave, que es la sección más desfavorable, engendraría una ley de momentos flectores cuya área valdría: $\frac{L^2}{8}$.

7. Ventajas del sistema.

Las ventajas principales que ofrece el sistema respecto de otros similares son de índole funcional, de rapidez de ejecución y de economía. Las de índole funcional han sido ya someramente esbozadas. Para valorar las otras dos, en nuestro primer estudio se incluyó un dimensionado aproximado de la "seta" con umbrela cuadrada de 4,50 m de lado supuesta ejecutada en hormigón pretensado y en otros trabajos posteriores la de la "seta" con umbrela de 3,25 × 6,50 metros (figura 9), resultando en ambos casos su costo teórico muy económico.

Queremos aclarar, sin embargo, que el sistema permite utilizar toda clase de hormigones y cualquier grado de mecanización, pero convendría, naturalmente, una gran homogeneidad

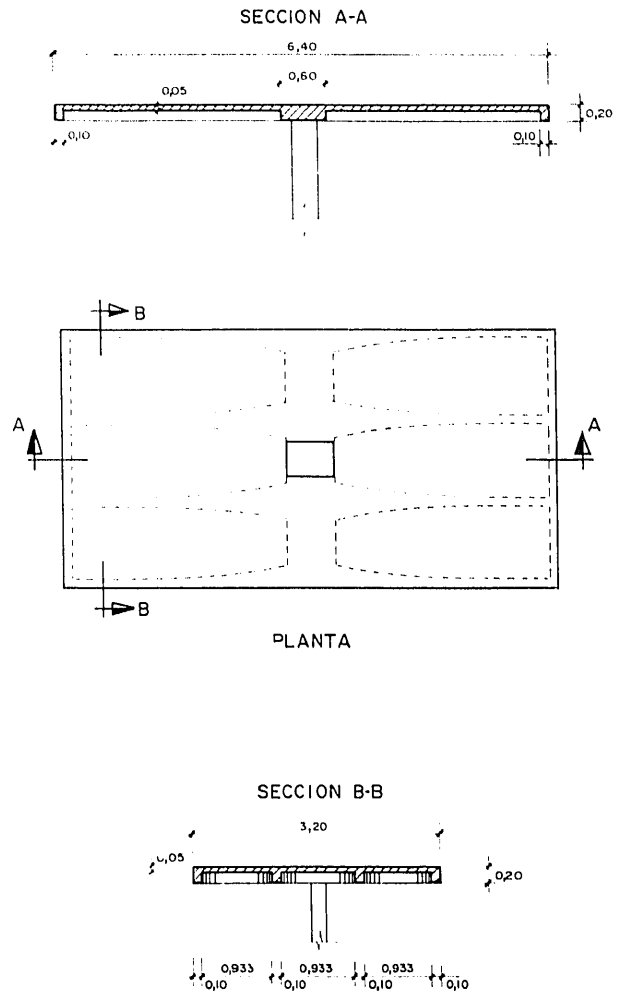


Figura 9.

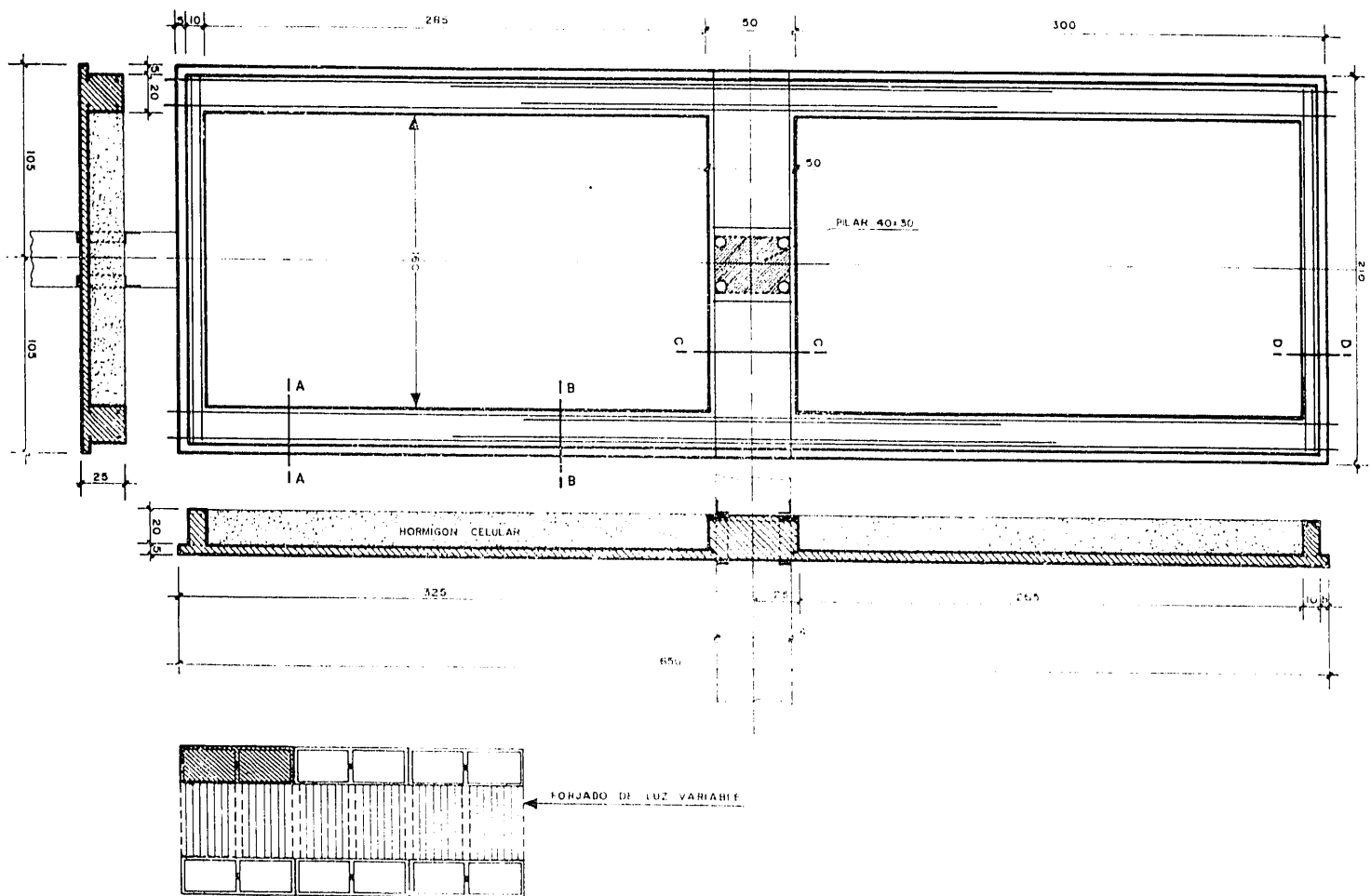


Figura 10.

y calidad de fabricación, por lo que resultará extraordinariamente indicada la fabricación rotativa continua vibrolaminada, que en este caso podría lanzar grandes producciones sin cambios de moldes.

Otro tipo interesante en aplicaciones binarias es la "seta" de $2 \times 6,50$ m de dimensiones de umbrela (figura 10) que permitiría el transporte de las losas apiladas horizontalmente sobre camión de dimensiones normales, así como los de las piezas clave de relleno con la luz más conveniente.

8. Estimación de costos.

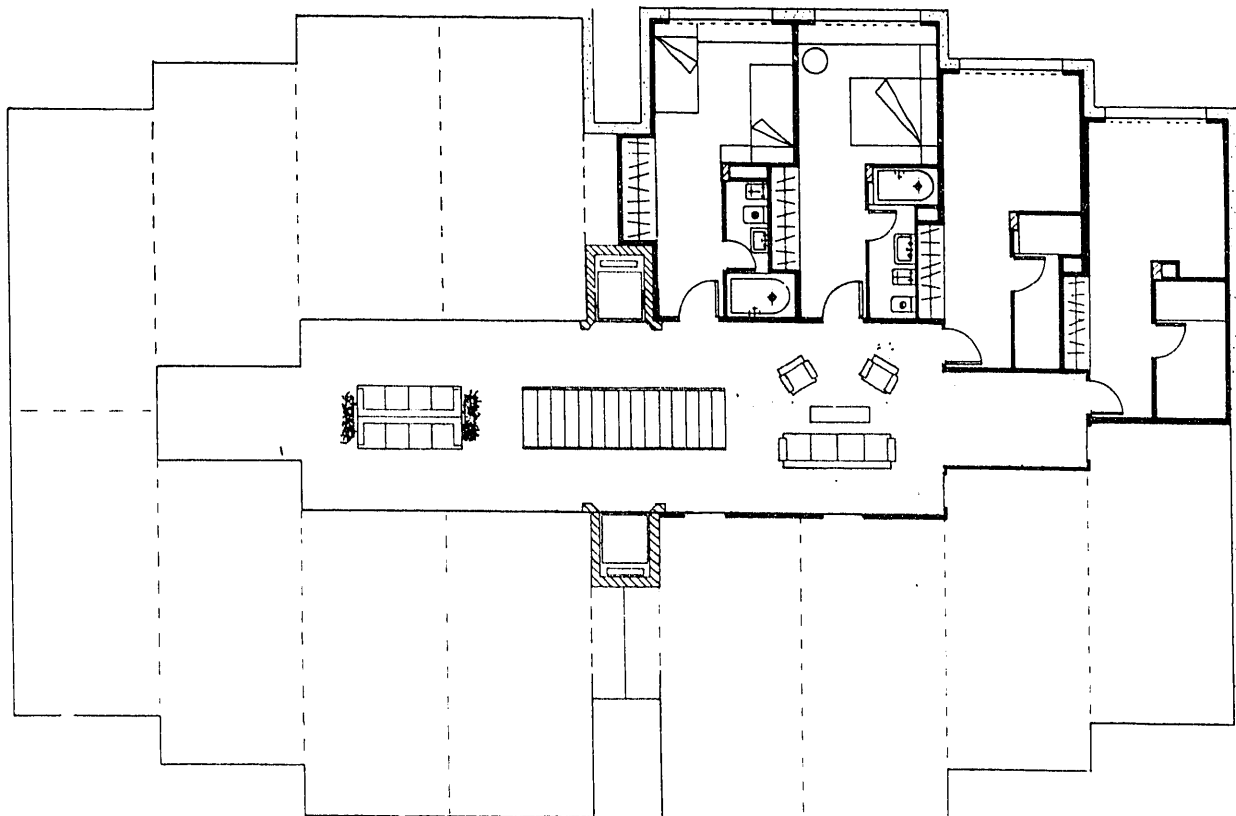
A título orientativo hemos realizado un estudio estimativo de costos de construcción con este sistema a base de contar con una fábrica

de prefabricados, medianamente mecanizada (coste de equipo mecánico, ≈ 12 millones de pesetas), capaz de elaborar en jornada laboral normal de ocho horas, unos 800 m^2 de forjado de piso, que exigiría una plantilla obrera del orden de 25 hombres.

Esta planta de prefabricación podría rendir una producción anual del orden de $800 \times 250 = 200.000 \text{ m}^2$, equivalente a dos mil viviendas de 100 m^2 de superficie media.

La factoría podría abastecer dos o tres tajos de montaje, dotados cada uno de una grúa con capacidad de elevación de 3 a 6 Tm, cuatro trespiés móviles y un par de equipos de soldadura. El equipo de personal de cada tajo podría estar compuesto, en principio, por unos 13 hombres.

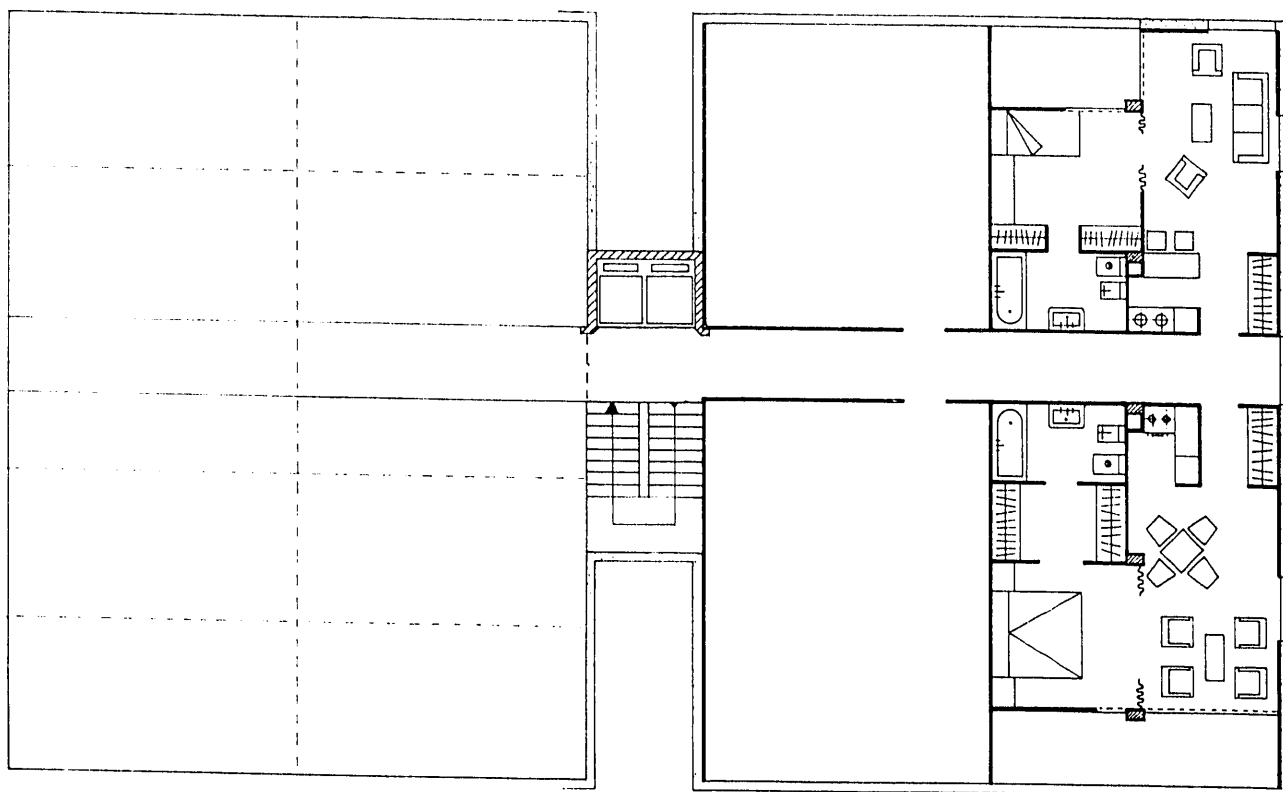
Por lo tanto, con un equipo formado por 25 empleados en factoría más 39 obreros en los tres tajos, lo que hace un total de 64 hombres,



16 APARTAMENTOS DE 20 m² (1 MODULO)

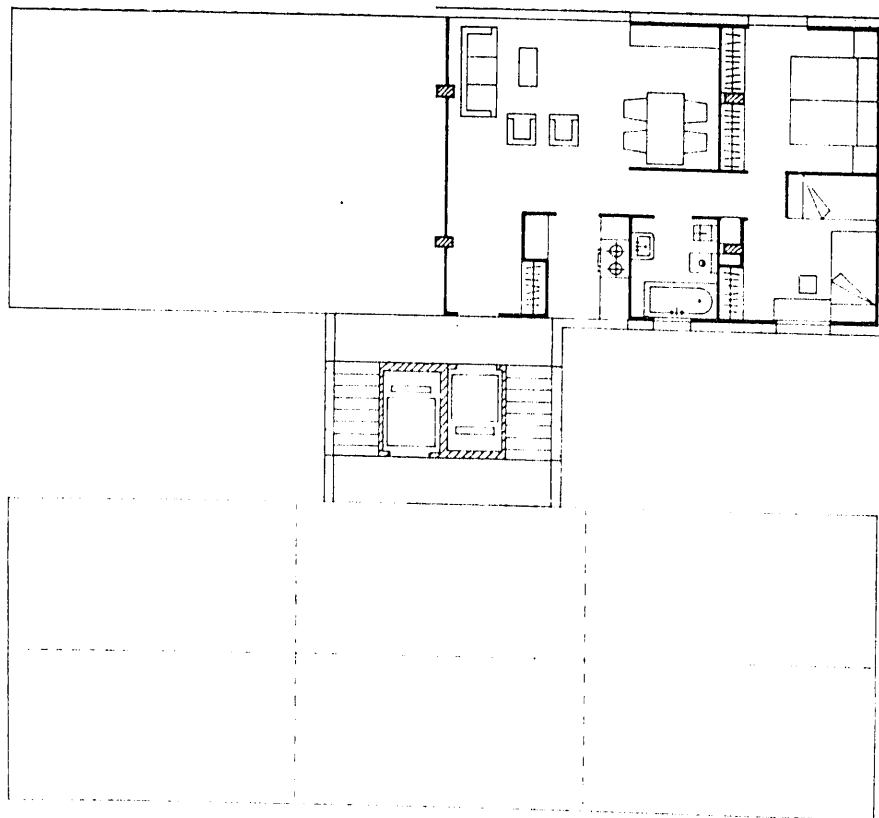
Croquis 1.

4 APARTAMENTOS A DE 40 m² (2 MODULOS)



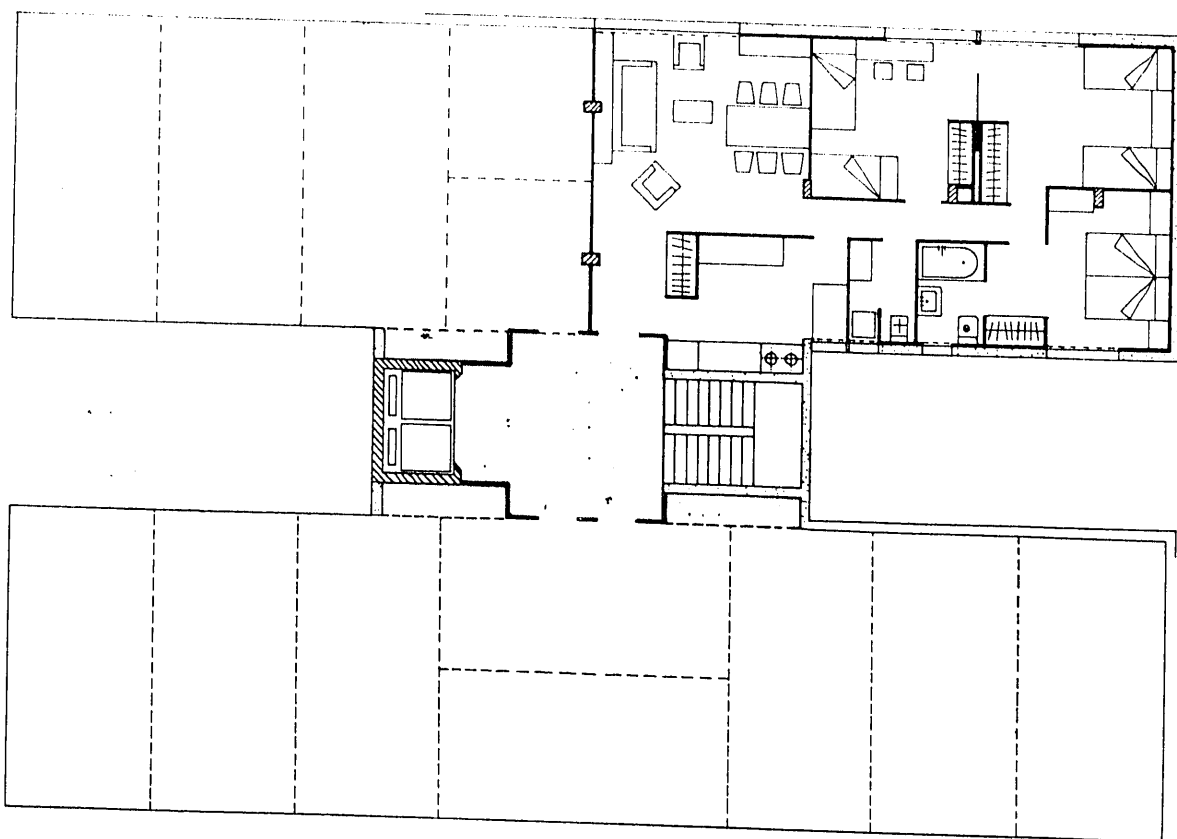
4 APARTAMENTOS B DE 50 m² (2,5 MODULOS)

Croquis 2.



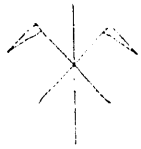
2 + 2 APARTAMENTOS DE 60 m² (3 MODULOS)

Croquis 3.

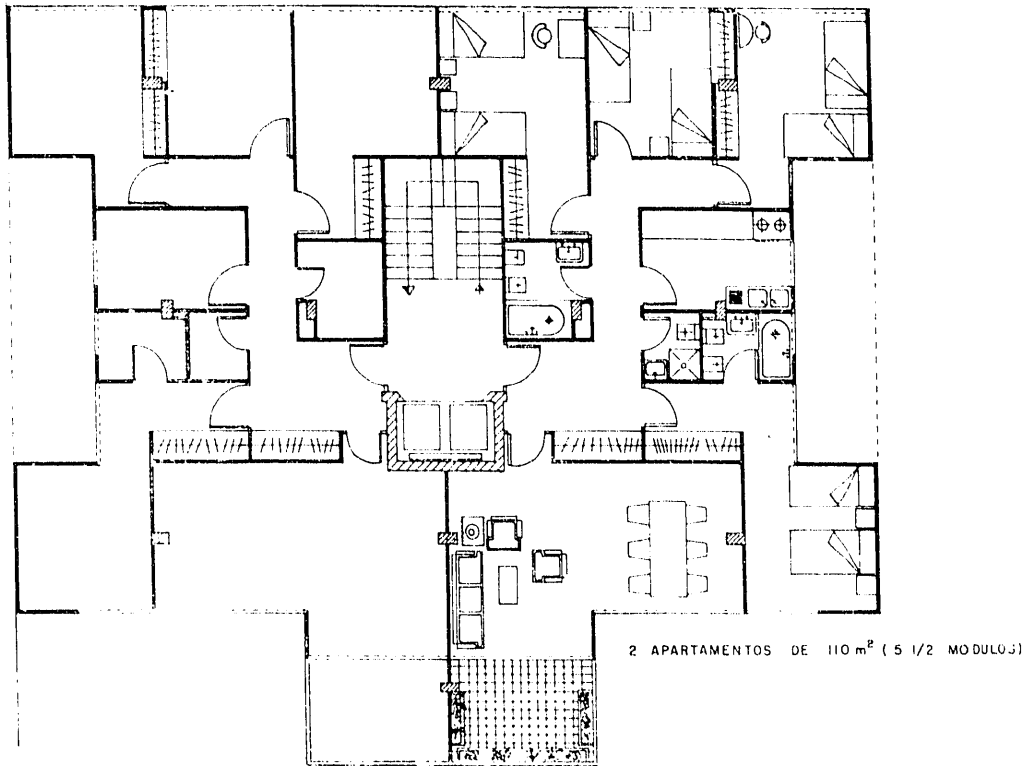


4 APARTAMENTOS DE 80 m² (4 MODULOS)

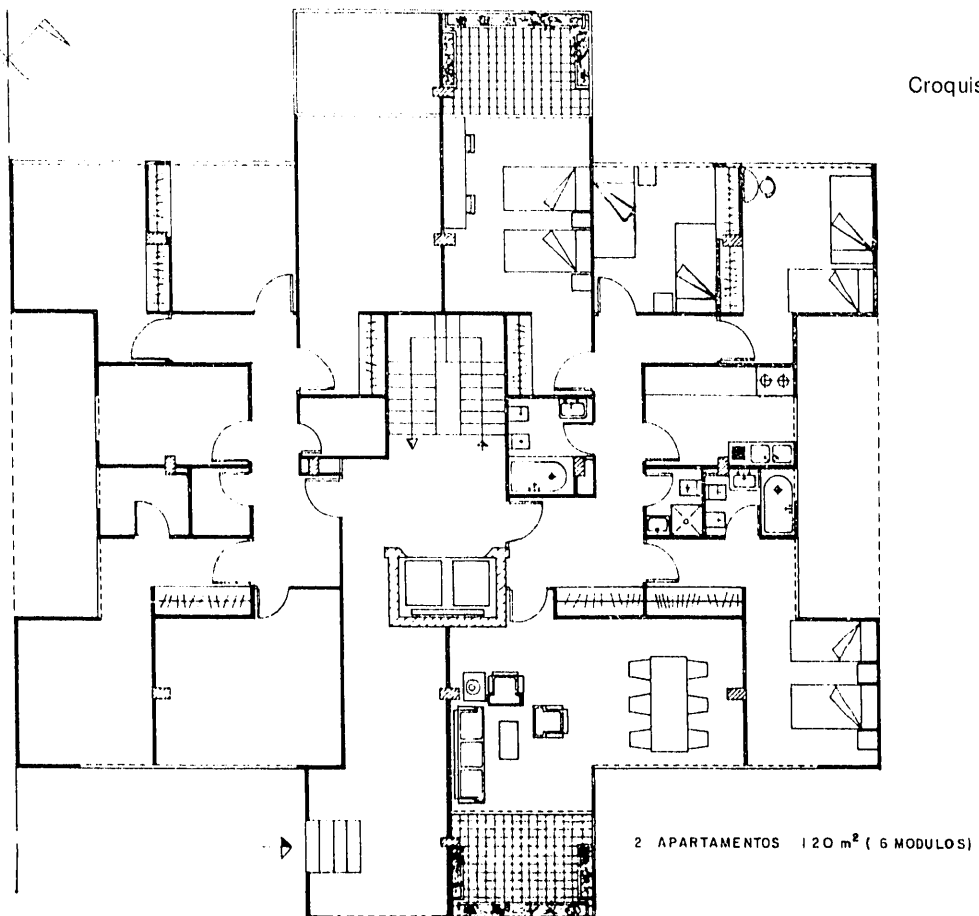
Croquis 4.



Croquis 5.



Croquis 6.



podrían construirse y montarse las estructuras básicas de 2.000 viviendas de 100 m² por año, lo que equivale a $\frac{64 \times 250}{2.000} = 8$ jornadas útiles de obrero por estructura de apartamento de 100 metros cuadrados.

En cuanto al empleo de materias primas podría contarse con consumos de hormigón, comprendidos entre 0,09 y 0,12 m³/m² de forjado construido, y el de acero sería entre 12 y 18 Kg/m² para edificios con sobrecargas de uso del orden de 300 Kg/m² y luces de 5 a 6 m.

9. Rapidez de ejecución.

Sobre la base de los tajos y jornadas laborales anteriormente supuestos se podría conseguir una velocidad media de construcción equivalente a 800 m² diarios (que podría duplicarse contando con dos turnos en fábrica y seis tajos de montaje). Esto equivale en el primer caso a ocho apartamentos de 100 m² por día, lo que haría posible la entrega de bloques de viviendas terminadas en plazos que acaso no excedieran de un mes, contados a partir de la terminación de la cimentación, en el supuesto de que se dispusiera de una adecuada organización de las labores de acabados, a tenor con la realización de estructura.

10. Ventajas del sistema.

Para podernos hacer cabal idea de las ventajas económicas del sistema aquí propugnado

convendrá considerar no sólo el coste unitario de la estructura deducible de las anteriores cifras, sino también la repercusión de la rapidez de erección y grado de terminación que con el prefabricado "seta" es posible conseguir en el forjado, pues prevemos que las losas lleven alojadas las canalizaciones de servicios requeridos y que se puedan aplicar directamente sobre la superficie hormigonada los entarimados, moquetas y empapelados o pinturas de acabado sin requerir enlucido adicional alguno ni los períodos de espera para endurecidos y secados normales en tales aplicaciones cuando se utilizan otros métodos.

11. Algunos ejemplos de aplicación.

Se presentan en los croquis 1 al 5 algunos ejemplos de aplicación del método realizados por Eduardo Serrano Muñoz, estudiante de 5.º curso de Arquitectura, que juntamente con el Ingeniero Industrial Antonio Moreno Pumarega y el Ingeniero Técnico de Obras Públicas Miguel Angel Lorente colaboraron conmigo en el desarrollo de estas ideas.

Deliberadamente se han representado en los croquis citados pisos y apartamentos de distribución muy común, sin encanto ni singularidad arquitectónica alguna para demostrar que con el módulo "seta" se pueden resolver los problemas de viviendas sociales de tipo económico que hoy se consideran como las más simples, aun cuando la "seta" permita a los Arquitectos realizaciones muy diversas, distintas en su aspecto de las representadas, sin que resulten a costes prohibitivos.