

# construcción arquitectónica mediante módulos tridimensionales

GO. DB., Arquitectos Asociados

124 - 24

## sinopsis

### 1. ARQUITECTURA MODULAR TRIDIMENSIONAL (Modul-Arch)

Es un sistema de construcción que permite producir íntegramente en factoría cualquier modelo de Habitat a partir del

#### Modulo Tridimensional MA 3

El MA 3 es la Unidad Básica Arquitectónica que admite múltiples modos de agrupación en una o varias plantas. La producción en factoría aplica a los espacios habitables todas las Técnicas Industriales: repetición mecánica de procesos, control máximo de calidad y montaje en cadena.

En términos de ocupación laboral puede estimarse un ahorro del 50 % en mano de obra. Esta precisa muy escasa especialización, por cuanto la factoría utiliza moldes (para producción de los esqueletos modulares de hormigón armado) y los montajes sobre dichos esqueletos («Containers») se refieren a componentes suministrados totalmente acabados por la Industria Auxiliar.

El esqueleto modular del MA 3 es un verdadero «Container» que permite expedir al terreno espacios habitables totalmente terminados.

Los módulos se envían al terreno sobre camión a razón de tres módulos por vehículo.

En el terreno unos pocos operarios realizan el montaje, con auxilio de una grúa, a razón de un MA 3 cada 15 minutos.

### 2. FACTORIA

La Factoría Tipo, con capacidad para 240 m<sup>2</sup> diarios (24 MA 3), precisa un terreno con dimensiones mínimas de 80 × 180 m (14.600 m<sup>2</sup>).

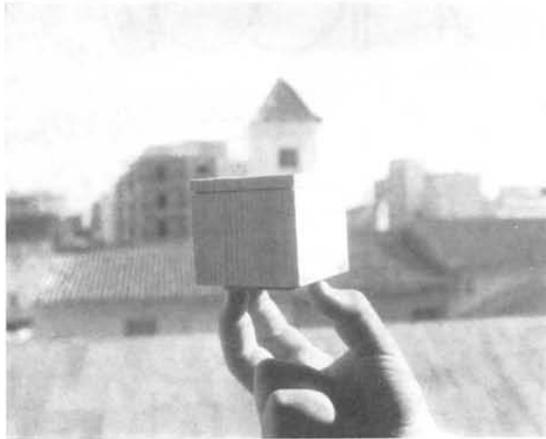
Su entrada en producción puede realizarse en dos etapas sucesivas, con objeto de adiestrar progresivamente al personal. Por la misma razón las instalaciones e inversiones también se pueden realizar escalonadamente.

<b>1.ª Etapa:</b>	Producción: 80 m <sup>2</sup> diarios jornada de 8 h.
	Inversión: 30 millones de pesetas.
<b>2.ª Etapa:</b>	Producción: 240 m <sup>2</sup> diarios en jornada de 8 h.
	Inversión: 50 millones de pesetas.

En estos costos se comprende el equipo mecánico y edificaciones, pero no el solar de los terrenos.

La producción del esqueleto modular de cada MA 3 precisa 31 horas de mano de obra directa, que equivale a 3,03 h/m<sup>2</sup> y 0,30 h/m<sup>2</sup> de personal indirecto (Dirección y Administración).

Los tiempos de montajes varían de acuerdo con el modelo de habitat en producción.



El equipamiento interior del prototipo U/GT estaba almacenado en un gran camión aparcado junto al solar. El montaje del prototipo se inició a las 9 de la mañana y se terminó dos horas y media más tarde. Inmediatamente se introdujo en el mismo todo el mobiliario. A la una de la tarde el prototipo U/GT quedó listo para habitar. Esta operación fue filmada por Televisión Española durante toda la secuencia de montaje y amueblamiento.

## **Fundamento tecnológico de la construcción arquitectónica mediante módulos tridimensionales**

### **a) La arquitectura como objeto de los procesos industriales**

La correcta evolución de la construcción tradicional hacia nuevas formas operativas de la industria permite que la arquitectura pueda acceder a todas las ventajas

inherentes al objeto típico de producción industrial: calidad, economía, costos fijos, plazos de entrega programables, etc.

Pero a este fin la arquitectura —sinónimo de espacio habitable— debe a su vez someterse a las precisas exigencias

## trabajos de taller

- 1 Armadura tridimensional del Módulo, prefabricada en el taller de ferralla.
- 2 El molde tridimensional (3,20 × 3,20 × 2,50).
- 3 Posición de montaje de la armadura dentro del molde



1



2 3



que permitan hacerla **objeto** de producción industrial.

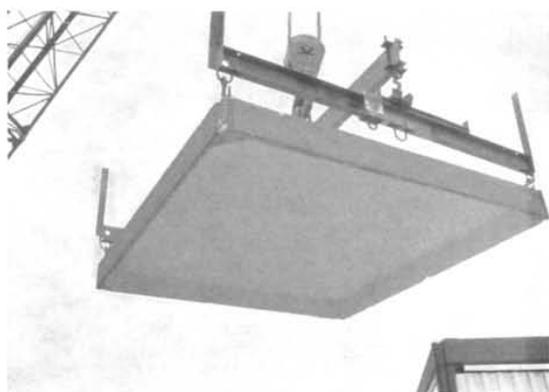
Desde siempre la arquitectura ha sido presentada materialmente como versión constructiva de las técnicas y materiales existentes en cada época. Por lo mismo,

la materialización de los espacios vivideros aparece también bajo modalidades plásticas muy condicionadas. Pero así como en épocas anteriores los constructores estuvieron principalmente limitados por condicionantes inherentes a la materia, hoy lo estamos por razones de economía.

## trabajos de taller

4 Posición de desmoldeo.

5 Placa complementaria para cobertura del Módulo en construcciones de una sola planta.



Podemos realizar las construcciones más ambiciosas porque disponemos de materiales que desafían a los tradicionales y objetivos condicionamientos gravitacionales; sin embargo, somos incapaces de imponernos a leyes subjetivas de economía y mercado.

Superar estos condicionamientos supone aceptar la solución industrial y más concretamente, como queda dicho, hacer que los espacios arquitectónicos se reduzcan a las leyes inherentes del **objeto industrial**:

1) Producción localizada en factoría.

## trabajos de taller

- 6 Momento de carga de un Módulo para su expedición.
- 7 Pieza complementaria para usos en cierres de fachada.



6

7



2) Aptitud para ser producido mecánicamente en serie.

3) Capacidad para ser transportado dentro del espacio geográfico preciso para su comercialización.

**b) Reducción del espacio general arquitectónico a dimensiones de objeto industrial**

En principio el espacio general arquitectónico, por sus exigencias funcionales y psicológicas, precisa dimensiones que

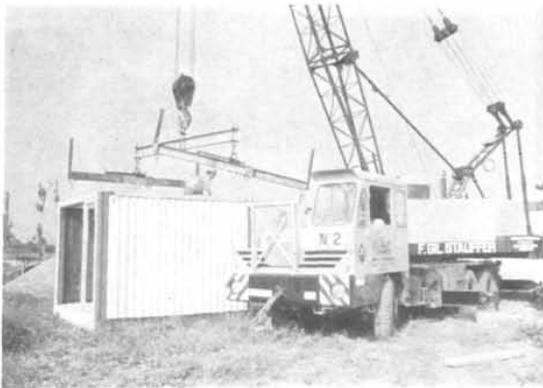


8



9

10



8 Movimientos para posicionado del Módulo de aseo del prototipo U.

9 Vista de la cubierta del anterior Módulo.

10 Un Módulo preparado para su montaje in situ. Aspecto de una fachada y del dispositivo de enganche anejo a la pluma de grúa.

## trabajos de campo - prototipo U

desbordan los límites típicos de peso y dimensión exigidas para un transporte ordinario y, por tanto, no es reductible como tal a la condición de **objeto transportable**.

Sin embargo este espacio general (vivienda, escuela, oficina), sí resulta reducible a subespacios funcionales menores. Estos volúmenes métricamente divisores del volumen total son precisamente los que

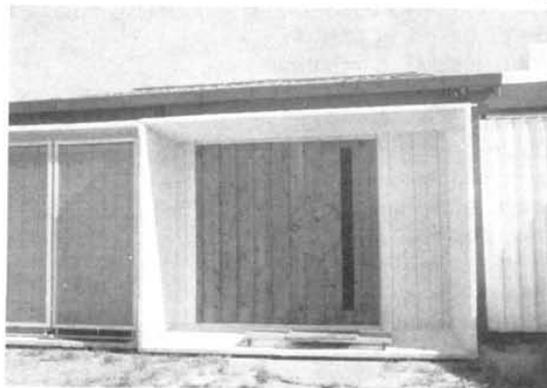
pueden ser reducidos a **volúmenes-objeto** capaces de recibir el tratamiento específico de **objeto industrial**.

### c) Producción industrial y creación arquitectónica

Desde este punto de vista el diseño de una arquitectura de factibilidad industrial



11



12



13

- 11** Colocación de una pieza complementaria (lleva incorporado todo el equipo de cocina).
- 12** Colocación de otra pieza complementaria; corresponde al porche de acceso.
- 13** Aspecto de la pieza anterior ya colocada.

está basado en la composición del espacio funcionalmente necesario mediante subespacios menores (volúmenes-objeto), que, funcional y estéticamente combinados, permiten la solventación de cualquier programa de necesidades. Se trata, en resumen, de una **arquitectura industrial** modulada tridimensionalmente, cuyo objeto base de proyecto y producción es el **Módulo espacial** adoptado.

Este planteamiento conceptual encarga a la fábrica lo que es propio de los procesos industriales: el objeto (Módulo tridimensional), y confiere a la mente creadora del arquitecto lo que no puede demandar de la máquina: la agrupación funcional y estética de tales unidades compositivas. Puede decirse con propiedad que en la fábrica se **producen** Módulos y en el terreno se **arma** la arquitectura.

## definición del módulo tridimensional

modulares, si bien creemos que la adoptada posee importantes ventajas.

Las características fundamentales del Módulo tridimensional han sido establecidas según los siguientes supuestos:

a) Susceptible de transporte por ferrocarril o carretera y con peso asequible a grúas de medio porte (entre 6 y 7 t).

b) El módulo volumétrico o Módulo Espacial (ME) debe ser un máximo común divisor espacial de los ambientes típicos de la vivienda (se adopta la superficie modular de 10 m<sup>2</sup> porque corresponde con la unidad de dormitorio en normas vigentes). Los ambientes mayores se producirán por agregaciones modulares; los menores serán, a su vez, subagregaciones en paquetes de 10 m<sup>2</sup>. Las superficies totales de vivienda serán siempre múltiplos de 10 m<sup>2</sup> y crecerán o disminuirán según sumandos o sustraendos de 10 m<sup>2</sup>. Es obvio que se pueden realizar otras alternativas

c) La familia de Módulos Espaciales adoptados en una fabricación, comprenderá, naturalmente, todas las funciones previsibles en los diversos modelos de vivienda componibles con dichos elementos base. Como queda dicho en el párrafo anterior, los ME contendrán funciones simples de 10 m<sup>2</sup> (tales como dormitorios, vestíbulos, cocinas, etc.), y en ocasiones agruparán a varias funciones menores (aseos, pasillos, etc.). A su vez, varios ME pueden dar lugar a ambientes de mayor extensión para comedores, estares, etc.

d) Todos los diversos ME que constituyen una misma familia de fabricación deben tener su origen en un mismo **elemento-base**, que evoluciona por montajes progresivos hacia tales diversificaciones funcionales. Ese elemento polivalente debe gozar, como se expuso en el capítulo anterior, de **factibilidad mecánica** (simplicidad de producción industrial) y de **adecuación arquitectónica** para diversidad de funciones. La primera circunstancia precisa de simplicidad formal y adecuación al moldeo; por otra parte, la polivalencia arquitectónica permite que el **objeto-base** puede evolucionar hacia la diversificada familia de Módulos Espaciales mediante montajes sucesivos.

e) Este **objeto-base polivalente** y de máxima **factibilidad mecánica** ha sido concebido como un esqueleto hexaédrico de 3,20 × 3,20 × 2,50. Esta última dimensión, la altura, permite transportar al ME en posición tumbada, utilizando su dimensión de 2,50 como ancho máximo de carga autorizada para transportes ordinarios. A partir de este esqueleto polivalente, por adición de paneles (fachada o de tabiques) se llega a conformar la familia diversificada de Módulos Espaciales. Como material constructivo se usa el hormigón armado (P-450 y tetraceros).



**14** Momento de descarga del Módulo tridimensional.

**15** Posicionado de un Módulo sobre la cimentación.

**16** Posicionado de un Módulo sobre la cimentación.



14

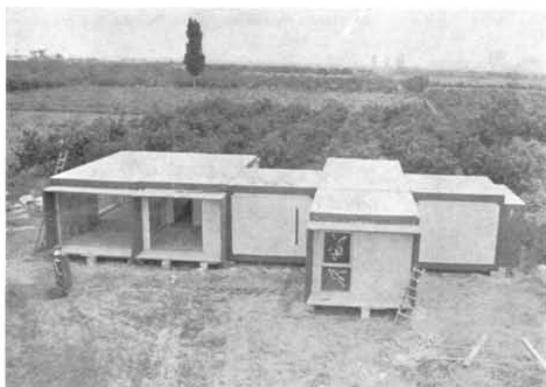
15



16

f) Los ámbitos modularmente conformados tienen por sí mismo un sentido espacial autónomo; es decir, que no constituyen «seccionamientos» del espacio mayor, con lo consiguiente dificultad de juntas. Este es el aspecto fundamental que diferencia a los Módulos «M» —de sección túnel—

del Módulo «U» últimamente empleados. Las viviendas conformadas con varios «U» aparecen con ámbitos lobulados o arracimados, e nlos que cada ambiente modular conserva su autonomía espacial, que es típica por derivarse de la peculiar conformación estructural del hexaedro base.



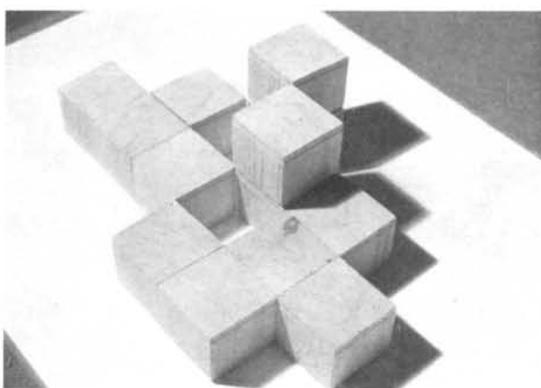
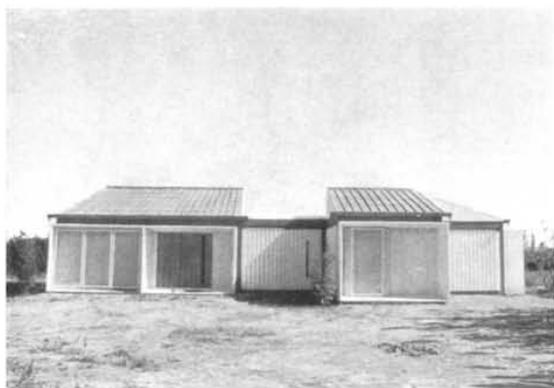
## diversas agrupaciones modulares

**17** Vista final del montaje del prototipo U.

**18** El mismo prototipo con la cubierta incorporada (la cubierta está formada de piezas prefabricadas totalmente en taller).

17

18



### Agrupaciones modulares

El espacio interior del Módulo-base polivalente se cierra en su parte superior mediante la superposición de otro Módulo. En el caso de que no se prevea dicha superposición, el espacio se cierra con una placa que reproduce exactamente el perfil inferior del Módulo.

El posicionado de cada Módulo, de acuerdo con la agrupación prevista, se realiza con unas platabandas metálicas que disponen de cuatro tetones cada una, correspondientes a otras tantas perforaciones situadas en las esquinas de cada uno de los cuatro Módulos agrupables. Dicho dispositivo permite que la grúa, una vez acercado el Módulo

a su posición, pueda dejar que éste se deslice suave y rigurosamente hasta su exacta posición. Es de tener en cuenta que el considerable peso de estos volúmenes origina unos movimientos de gran inercia que, sin el citado dispositivo de guía, haría muy difícil un exacto posicionado.

Dichas placas y tetones permiten a la vez el enlace intermodular mediante un sistema articulado de unión, de tal modo que el conjunto puede ser considerado como modelo isostático.

La cimentación adecuada para cualquier agrupación modular se reduce a una especie de «dados» de hormigón para apoyo de las cuatro esquinas de otros tantos



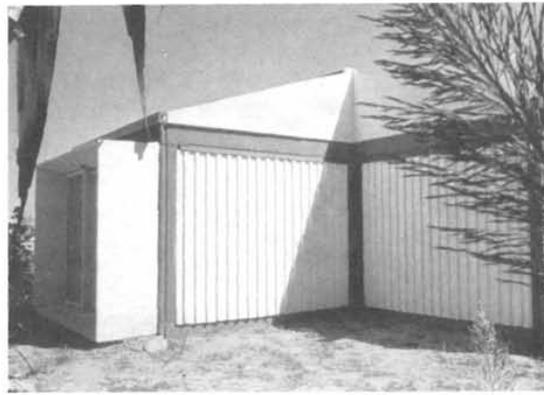
19

## aspectos exteriores de las agrupaciones

Aspectos exteriores del prototipo U.



20



21

Módulos, enlazándose el conjunto mediante el dispositivo antes citado.

En el caso de que se precisase disponer de una planta baja de gran diaphanidad, se puede realizar una estructura aporticada convencional sobre la que descansaría la agrupación modular.

Como es obvio, los esqueletos modulares deben ser adecuadamente calculados en función del número de superposiciones que se prevean. Ello no implica que dentro de un número no excesivo de alturas (ocho plantas) no precisen readaptarse los cofres de moldeo; manteniendo las mismas secciones de hormigón se pueden lograr resistencias distintas por la sola variación de su armadura.

## Complementos estructurales

### a) Juntas verticales

Todos los esqueletos modulares van provistos de unos semicanales verticales moldeados en los pilares, que al juntar dos Módulos contiguos producen un hueco tubular de unos 3 cm de diámetro. Dentro de estos canales verticales se introducen tubos de film de polietileno, que se rellenan de pasta de mortero, suficientemente comprimido para que se ajusten contra las paredes del citado canal, incluso se alarguen dentro de las juntas de ambos Módulos contiguos. Por el lado interior, se añaden posteriormente cintas de material esponjoso para crear cámaras verticales en previsión contra la humedad de condensación.



22



24



23



25

Interiores del prototipo U.

Este doble dispositivo asegura de modo fácil la estanquidad de las juntas verticales intermodulares.

en factoría y, por tanto, no precisa ningún trabajo adicional en el terreno.

#### b) Juntas horizontales

Las juntas horizontales son producidas únicamente en la línea de ajuste entre Módulos superpuestos, o entre un Módulo y su placa de cubierta. En estos casos la junta queda fácilmente resuelta mediante chapas metálicas con doblez adecuada para eliminar la entrada de agua y asegurar su vertido, de modo que éste no se deslice a lo largo de las superficies verticales de los Módulos. Este dispositivo se realiza íntegramente

#### Componentes de equipamiento

El Módulo polivalente se especifica en cada caso según espacios funcionales concretos al incorporar los «componentes» determinantes del mismo.

Estos componentes (piezas o conjuntos) no son específicos del Sistema o, en todo caso, poseen singularidades poco relevantes.

De aquí que el Sistema puede incorporar componentes comerciales de gran serie. Desde este importante punto de vista, se trata de un «sistema abierto».



26



27



28

Un amplio desarrollo comercial tal vez aconsejaría algunos retoques en los diseños de ciertos componentes comerciales para su mejor adaptación a nuestro Sistema.

#### a) Cerramientos exteriores

Hay varios tipos de panel adaptable. En todo caso, además de las propiedades aislantes (térmicas y acústicas), dicho panel, de unos 6 m<sup>2</sup> de superficie aproximadamente, debe caracterizarse por su gran ligereza y por la capacidad de adoptar diversas calidades exteriores de acabado.

La ligereza de cerramientos es imprescindible

en atención a lograr que el Módulo espacial terminado no supere las 6 t. A este propósito, se utilizan paneles de peso no muy superior a los 50 kg/m<sup>2</sup>. Por otra parte, es también necesario que a estos paneles se les puedan incorporar diversos grados de acabado superficial exterior, con objeto de ofrecer soluciones alternativas a los variados gustos del mercado.

En todo caso, las condiciones aislantes del panel quedan determinadas por un factor de 1,35 kcal/h · m<sup>2</sup> · °C. Este nivel de aislamiento es superior al del típico muro exterior de ladrillo, con cámara incorporada.

#### **b) Compartimentaciones interiores**

Se utilizan preferentemente paneles de escayola (dos hojas y cámara aislante intermedia) de unos 7 cm de espesor total. Los acabados pueden ser diversos (pintura, papel, lámina plástica, etc.).

Otro tipo de compartimentación es la que se produce mediante elementos-armario, constituido por unidades tipo de escaso peso y susceptibles de remover fácilmente para modificar la distribución interior de la vivienda.

#### **c) Carpinterías interiores y exteriores**

El Sistema en sí mismo no tiene ningún condicionante en cuanto al tipo o calidad de las carpinterías. Si bien es de notar que se pueden eliminar los contramarcos, dado que la estructura del Módulo puede hacer el mismo efecto. El hecho es particularmente ventajoso en el caso de huecos que abarquen toda la luz libre del Módulo, pues entonces la carpintería se reduce a meras guías de aluminio o hierro empotradas en el hormigón durante su colada.

#### **d) Cerramientos móviles (persianas)**

El peculiar diseño de la cornisa del Módulo, confeccionada en chapa de hierro de 1,5 mm, permite alojar en su seno al rollo de persiana. Es obvio que también se pueden utilizar modalidades deslizantes de cerramientos.

#### **e) Pavimentos**

En general, por razones de ligereza conviene emplear pavimentos ligeros a base de láminas plásticas, parquet o moquetas.

Las juntas entre Módulos que aparecen en el suelo se cubren con tiras de material adoptado para pavimento. Estas piezas son una de las pocas actividades a realizar en el terreno.

También se puede adoptar el pavimento de terrazo continuo incorporado a la solera de hormigón del Módulo.

#### **f) Instalaciones eléctricas y telefonía, música ambiental, TV**

Los cables se llevan por las cornisas del Módulo y son, por tanto, accesibles en todo su recorrido. Los Módulos se conectan entre sí mediante elementales dispositivos de enchufe. Sólo los cortos ramales hasta los puntos de luz (en paneles verticales) y que sirven también a sus correspondientes interruptores se instalan en la doble cámara de tabiques o paramentos de fachada.

El equipo de iluminación puede ser tan variado como se desee o permita el presupuesto. Es de tener en cuenta que merced a la cámara producida por la cornisa se pueden instalar dispositivos de iluminación indirecta, particularmente apropiados para salas de estar y comedores.

#### **g) Calefacción y acondicionamiento térmico**

El Sistema más elemental de calefacción, y por consiguiente de menor costo inicial, es el eléctrico. Los Módulos pueden llevar los enchufes adecuados para la calefacción de cada espacio modular, de acuerdo con sus funciones de uso.

En caso de acondicionamiento por aire frío o caliente, los conductos se establecen fácilmente a lo largo de las cornisas que coronan el esqueleto modular.

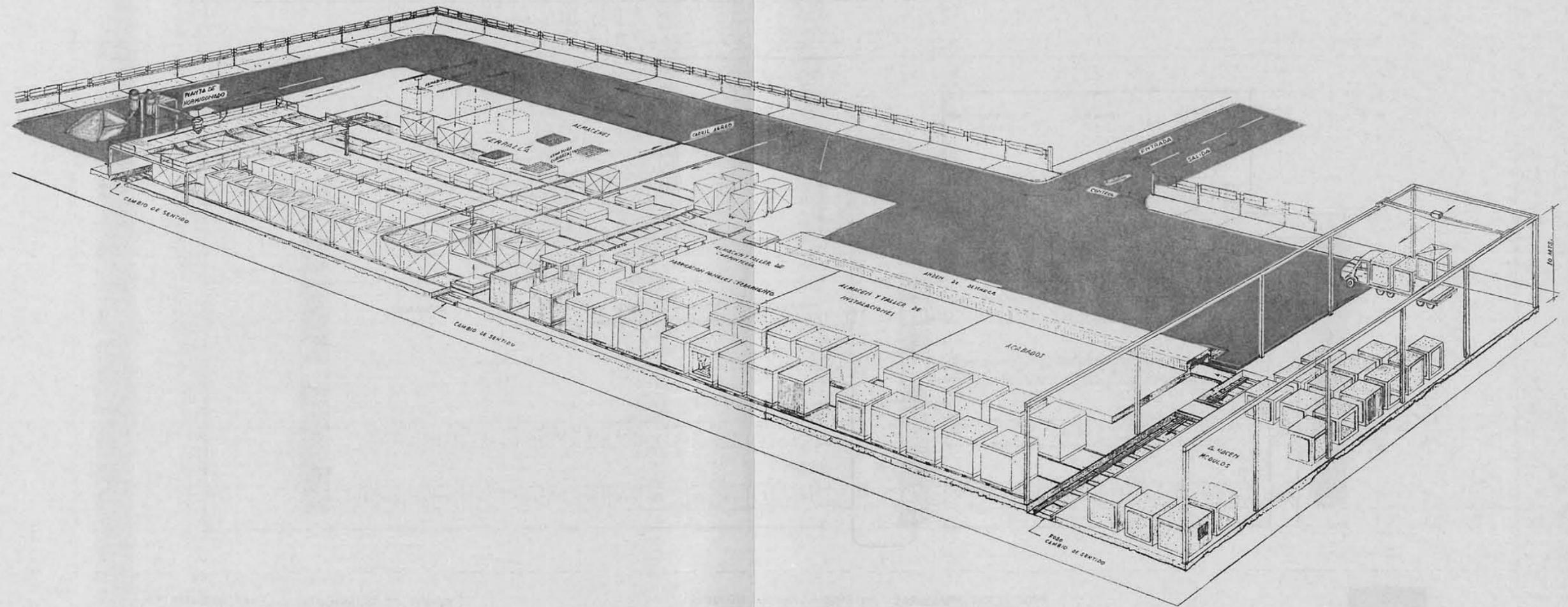
#### **h) Mobiliario incorporado**

Al mobiliario de cocina, aseo y armarios de compartimentación se le considera componente modular y, por tanto, va incorporado a los espacios arquitectónicos, constituyendo aspectos sustanciales de su ambientación. Lo mismo cabe decir de ciertos elementos auxiliares de alto valor decorativo (lámparas de techo, piezas auxiliares de aseo, etc.).

#### **i) Componentes de cubierta**

En caso de que el Sistema se emplee para producción de viviendas unifamiliares o en pequeñas agrupaciones, las cubiertas adquieren especial importancia estética. Además, pueden contribuir a facilitar diversas fisonomías compositivas. De aquí que existen varias componentes modulares de cubierta, totalmente acabadas en factoría y susceptibles de muy diversas intercombinaciones.

perspectiva





## esquema general de producción

(Los movimientos se realizan mediante cable sinfín accionado automáticamente).

4) Hormigonado mediante tolvas alimentadas por cangilones suspendidos de un carril aéreo que realiza un circuito cerrado entre la estación hormigonera y las tolvas de hormigonado.

5) Vibración de las plataformas-molde mediante elementos actuantes en el plano inferior de dichas plataformas, y vibración con aguja de los pilares del Módulo.

6) Desplazamiento de las plataformas-molde fuera de las posiciones de hormigonado hasta la posición de curado. Conexión de los moldes de pilares a la red eléctrica para curado de los mismos.

7) Desplazamiento de las plataformas-molde (superado el tiempo previsto para curado) hasta la posición de desmoldeo. Apertura del Molde e izamiento del mismo mediante polipastro. [El Molde es transportado mediante carril aéreo a la posición de lavado y posteriormente se traslada a la posición 1) para reiniciar el proceso].

### Notas:

1. Los procesos descritos de 1) a 7) son idénticos para Módulos Espaciales y para placas de cubierta. Cada uno de estos elementos

Definido el Módulo Espacial como objeto arquitectónico-industrializable, el Sistema se completa con los procedimientos específicos de producción (Know-how). En líneas generales, se trata de una serie de procesos que se pueden reunir en las siguientes secciones:

### a) Producción de los Esqueletos modulares tridimensionales

En esta primera sección de la Factoría se realizan las siguientes actividades:

- 1) Ajuste de los Moldes sobre sus correspondientes plataformas rodantes.
- 2) Introducción, en los anteriores conjuntos, de las armaduras tridimensionales prefabricadas en el taller de ferralla.
- 3) Transporte de las plataformas-molde (sobre raíles) hasta la posición de hormigonado.

tiene vía propia de producción.

2. Como el proceso de reutilización de cada molde es de 24 horas, se puede estimar una producción diaria de 10,27 m<sup>2</sup> de espacio vividero por cada molde disponible.

### b) Montajes en serie

Al final de la posición 7) existe un carro transbordador que coloca a los Esqueletos Modulares en cabeza de varias vías de montaje. Cada una de estas vías dispone de un cable sinfín para el movimiento de las plataformas.

**10)** En fases sucesivas los Módulos reciben las instalaciones eléctricas, pinturas y acabados.

Los Módulos de cocinas y aseos siguen una vía de montaje independiente en razón de su mayor volumen de instalaciones y equipamiento.

**11)** En una última fase se realizan comprobaciones de instalaciones, y finalmente un puente-grúa levanta el Módulo y lo transporta al lugar de almacenamiento. En ese momento se liberan las plataformas rodantes, las cuales son arrastradas por una vía de recuperación hasta la posición de limpieza. Finalmente se trasladan hasta la posición 1), donde comienza de nuevo el proceso.

Los Esqueletos Modulares recibirán en estas vías tratamientos y montajes que los convertirán en los Módulos Espaciales previstos en el Modelo de vivienda en producción. A este fin los Módulos se sitúan en cada vía por razón de homogeneidad de tratamiento.

**8)** La primera operación de montaje corresponde a la implantación de paneles exteriores e interiores que definen los espacios modulares. Los paneles exteriores han recibido previamente el acabado exterior previsto en cada proyecto. En esta fase se colocan las carpinterías exteriores e interiores totalmente terminadas.

**9)** En el caso de Modelos unifamiliares de vivienda, a continuación de la fase anterior se procede a cubrir el Módulo con las placas de cubierta, que en caso de terraza plana llevarán incorporado el tratamiento adecuado (que se realiza en la vía de tratamiento de placas).

### **c) Actividades auxiliares**

A lo largo de las vías de montaje se encuentran los talleres auxiliares para prefabricaciones y premontajes de conjuntos (carpintería, mobiliario de cocina y aseo, armarios, elementos de cubierta, piezas de cerrajería y ferralla, etc.). Cada taller lleva anejo su correspondiente almacenamiento de salida de elementos terminados hacia las vías de montaje.

Es obvio que estas prefabricaciones y premontajes pueden ser también realizados (al menos en ciertas partes) por industrias auxiliares ajenas a la Factoría; en este caso la Factoría se limita a su montaje sobre los Módulos.

### **d) Transporte al terreno**

Para su transporte, los Módulos que llevan aberturas van protegidos en las mismas con ligeras pantallas, que se retiran después de haber terminado el montaje de los mismos. Por tratarse de transportes de ancho superior al autorizado (3,20), los camiones deben ir

precedidos por un vehículo de aviso. Cada camión puede transportar tres Módulos (de 6 toneladas cada uno).

### e) Montaje in situ

Sobre el terreno se precisa un camión-grúa con brazo capaz para cubrir todo el espacio y altura de montaje. Antes de iniciarse el montaje se habrá procedido a colocar los puntos de apoyo del primer nivel de Módulos. Estos puntos de apoyo van dotados de unas platabandas metálicas que llevan insertos tantos tetones de acero como Módulos se apoyan en dicho punto (cuatro como máximo).

La grúa retira los Módulos de los camiones con ayuda de un aparejo dotado de estabilizador, al objeto de que el centro de gravedad de cada Módulo (descentrado ordinariamente de su centro geométrico) permita ser trasladado hasta una posición modular rigurosamente horizontal. En esas condiciones de nivelación el Módulo se lleva a su posición hasta que los citados tetones se insertan en los correspondientes orificios situados en las cuatro esquinas del Módulo. En ese momento se hace descender el Módulo, el cual, guiado por estos anclajes, se posiciona con rigurosa exactitud.

A continuación se procede a conectar eléctricamente los Módulos mediante elementales dispositivos, y otro tanto se hace con las redes de instalaciones respecto a los colectores urbanos.

## résumé

### 1. ARCHITECTURE MODULAIRE TRIDIMENSIONNELLE (Modul-Arch)

C'est un système de construction qui permet la production intégrale en usine de n'importe quel modèle d'habitat à partir du

#### Module Tridimensionnel MA 3

Le MA 3 est l'unité de Base Architectonique qui admet plusieurs sortes de groupes en une ou plusieurs étapes.

La production en usine applique aux espaces habitables toutes les techniques industrielles: répétition mécanique de processus, contrôle maximum de qualité et montage à la chaîne.

En termes d'occupation technique, on peut apprécier une réduction de 50 % en main-d'oeuvre. Celle-ci demande moins de spécialisation, tandis que cette usine utilise des moules (pour la production de structures modulaires en béton armé) et les montages sur ces squelettes (Containers) se rapportent à des composants totalement fournis et finis par l'industrie auxiliaire. Le squelette modulaire du MA 3 est un véritable «Container» qui permet d'assurer au terrain des espaces habitables totalement finis.

Les moules sont transportés au terrain par des camions, à raison de trois moules par véhicule.

Sur le terrain quelques ouvriers réalisent le montage à l'aide d'une grue, à raison du MA 3 toutes les 15 minutes.

### 2. L'USINE

L'Usine type, avec une capacité pour 240 m<sup>2</sup> par jour (24 MA 3), exige un terrain avec des dimensions, au minimum, de 80 × 180 m (14.600 m<sup>2</sup>).

Son entrée en production peut se réaliser en deux étapes successives afin de former progressivement le personnel. Pour la même raison les installations et investissements peuvent aussi bien se réaliser par échelons.

- |                   |   |
|-------------------|---|
| <b>1.° Etape:</b> | Production: 80 m <sup>2</sup> journaliers avec journée de 8 h.<br>Investissement: 30 millions pesetas.  |
| <b>2.° Etape:</b> | Production: 240 m <sup>2</sup> journaliers avec journée de 8 h.<br>Investissement: 50 millions pesetas. |

Dans ces montants sont déjà compris, l'équipement mécanique et d'édification, mais non pas celui des terrains.

La production du squelette modulaire de chaque MA 3 exige 31 heures de main-d'oeuvre directe, qui équivaut à 30,3 h/m<sup>2</sup> et 0,30 h/m<sup>2</sup> de personnel indirect (Direction et Administration).

Le temps des montages varient en accord avec le modèle d'Habitat en production.

## summary

### 1. THREE-DIMENSIONAL SYSTEM OF MODULAR ARCHITECTURE (Modul-Arch)

It is a building System which allows a total production in a factory of any model of Habitat based on **Three-dimensional Module MA 3**

The MA 3 is the Architectural Basic Unit that facilitates a complex way of habitat grouping in one or several storeys.

The factory production puts to use in the habitable spaces all the industrial techniques: Mechanical repetition of processes, full control of quality in the assembly-line.

In terms of labour work in can be estimated to save of 50 % of man-power. Moreover it does not requires a high skill of this man-power since the factory uses moulds (for the production of its modulating skeleton of reinforced concrete), and assembly of the perfectly finished components on such skeleton (Containers) are provided by the Auxiliary Industry.

The modulating skeleton of the MA 3 is a real «Container» that allows to transport to the site the habitable prefinished space enclosure.

The moduls are sent to the site at the rate of three units per truck.

At the site a few workers, with the help of a crane, are enough to set it up in a record time of three MA 3 every 15 minutes.

### 2. FACTORY

The Standard Factory, with capacity for 240 m<sup>2</sup> per day (24 MA 3), requires a site area with minimum dimensions of 80 × 180 m (1,440 m<sup>2</sup>).

The start of the production can be done in two consecutive stages with the purpose of training progressively the workers. For the same reason the installations and the investments too have to be done step by step.

<b>1st Stage</b>	Production: 80 m <sup>2</sup> per day with 8 h of labour. Investment: 30 millions pesetas.
<b>2nd Stage</b>	Production: 240 m <sup>2</sup> per day with 8 h of labour. Investment: 50 millions pesetas.

These costs include the mechanical equipment and the buildings, but not the price of the site.

The modulating skeleton production of each MA 3 requires 31 hours of direct manual labour, equivalent to 3.03 H/m<sup>2</sup> and 0.30 H/m<sup>2</sup> of indirect personnel time (Managing and Administration).

The installing times in the assembly line are different according to the habitat model in production and in the same way the budget of each model is also different.

## zusammenfassung

### 1. DREIDIMENSIONALE MODUL-ARCHITEKTUR (Modul-Arch)

Es handelt sich um ein Bausystem, nach dem jedes beliebige Wohn-Modell ganz in der Fabrik hergestellt werden kann ausgehend vom

#### **dreidimensionalen Modul MA 3**

Das MA 3 ist eine architektonische Grundeinheit, die vielfältige Gruppierungsmöglichkeiten in ein- oder mehrgeschossiger Bauweise bietet.

Bei der fabrikmässigen Herstellung werden sämtliche industriellen Techniken auf Wohnräume angewandt: mechanische Wiederholung von Prozessen, maximale Gütekontrolle und Montage am Band.

Die Einsparung von Arbeitskräften kann auf 50 % geschätzt werden. Andererseits ist nur geringe Spezialisierung erforderlich, da die Fabrik mit Formen arbeitet (zur Herstellung der Modul-Gerüste aus Stahlbeton) und die Montage auf diesen Gerüsten (Container) mit von der Hilfsindustrie gelieferten Fertigteilen erfolgt.

Das Modul-Gerüst des MA 3 ist ein echter «Container», mit dem völlig fertige Wohnraum auf dem Gelände erstellt werden können.

Die Module werden per Lkw auf die Baustelle gefahren, und zwar je drei Module per Lkw.

Auf der Baustelle wird die Montage von einigen wenigen Arbeitern mit Hilfe eines Krans und bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von einem MA 3 pro 15 Minuten bewerkstelligt.

### 2. FABRIK

Für die Fabrik mit einer Kapazität von 250 m<sup>2</sup> pro Tag (24 MA 3) ist ein Gelände von mindestens 80 × 180 m (14.600 m<sup>2</sup>) erforderlich.

Die Produktionsaufnahme kann in zwei Etappen erfolgen, um so eine allmähliche Einarbeitung des Personals zu ermöglichen. Aus dem gleichen Grund können auch die Anlagen und Investitionen stufenweise vorgenommen werden.

<b>1. Etappe</b>	Produktion: 80 m <sup>2</sup> pro 8-stündigem Arbeitstag Investition: 30 Millionen
<b>2. Etappe</b>	Produktion: 240 m <sup>2</sup> pro 8-stündigem Arbeitstag Investition: 50 Millionen

In diesen Kosten sind die mechanischen Ausrüstungen sowie die Gebäude, nicht jedoch das Gelände enthalten. Die Herstellung des Modulgerüsts eines MA 3 erfordert 31 direkte Arbeitsstunden, d.h. 3,03 h/m<sup>2</sup> und 0,30 h/m<sup>2</sup> an indirekten Arbeitsstunden (Direktion und Verwaltung).

Die Montagezeiten schwanken je nach dem herzustellenden Wohn-Modul.