

## COORDINACION MODULAR

**MODULAR CO-ORDINATION IN BUILDING** (Proyecto número 174). Publicado por "The European Productivity Agency of the Organisation for European Economic Co-operation". París, 1956.

Luis Moya arquitecto

La organización The European Productivity Agency of the Organisation for European Economic Co-operation, de la que forma parte España en su sección dedicada a la agricultura, tiene como uno de sus principales fines el fomento de la "productividad", para elevar el nivel de vida en los países europeos.

El director del Centro, M. Roger Grégoire, encabeza el libro *Proyecto 174, Modular Co-ordination in Building*, con un prólogo breve y claro, donde expone el terrible problema de la vivienda en la Europa de la postguerra, y cómo los numerosos esfuerzos realizados para resolverlo han sido insuficientes debido al excesivo coste de la construcción, que convierte en pesadas cargas las inversiones de capital en viviendas de renta. Esta renta de las nuevas casas es tan alta—dice el autor—con los costes actuales de construcción, que constituye un esfuerzo imposible para familias de ingresos normales. De aquí que se trate de industrializar lo que hasta hoy es pura artesanía, en busca de una manera de rebajar el coste, y, por tanto, la renta.

Hasta ahora, lo expuesto coincide con lo tantas veces dicho, y realizado en parte, en nuestro país. Es unánime entre nosotros la convicción de esta necesidad de industrializar la construcción, pero no lo es tanto una de las bases en que debe apoyarse, según dicho autor:

"Una condición fundamental para tal producción industrializada es la adopción de un sistema modular como base para la normalización de los componentes del edificio. El objeto de un sistema modular es la coordinación de las medidas de todos los componentes e instalaciones, en relación con una dimensión fija básica que se llama Módulo. Con el empleo de este sistema, la labor de los técnicos, al proyectar, se simplificaría, quedando intacta su libertad creadora; la producción de mayores cantidades de material sería más barata, se facilitaría su transporte y manipulación, y el trabajo en la obra sería más sencillo. Sería posible suprimir prácticamente todo desperdicio de material, y, finalmente, y no es lo menos importante, el uso de un módulo internacional aumentaría las posibilidades de un comercio internacional de materiales y componentes de la construcción."

En este párrafo se alude el prejuicio, corriente entre nosotros, de considerar el sistema modular como un atentado a la libertad del arquitecto. Suele olvidarse que hasta mediados del siglo pasado, en España estaban en la práctica sometidos a tal sistema muchos materiales, tales como ladrillo, madera y cantería, y muchos componentes del edificio (puertas, ventanas, anchos de crujía, armaduras de cubierta y otros). Ello no impidió la espléndida floración del plateresco, renacimiento, barroco y neoclásico, tanto en España como en la América española. El sistema modular no es una prisión, sino un camino cómodo por el que cada uno puede caminar y llegar a donde su capacidad creadora le permita, sin los inconvenientes del viajero solitario en medio del desorden de la selva virgen.

También alude al desperdicio del material, extraordinario en muchas obras de nueva planta en nuestro país, según hemos observado muchos de nosotros, el cual, de evitarse, reduciría en más de un 20 por 100 la cantidad de material necesario.

La publicación a que se refieren estas líneas es la primera parte de un estudio completo del problema, y se refiere sólo a las experiencias y conclusiones de cada país por separado. Estos países son once europeos: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Grecia, Holanda, Inglaterra, Italia, Noruega y Suecia, a los que se agregan Canadá y Estados Unidos.

Ha habido conformidad en algunos principios básicos, y uno de los más importantes es adoptar para la segunda parte del estudio el módulo de 10 cm. en los países de sistema

métrico y de cuatro pulgadas en los otros, usándolo en el proyecto y en la construcción hasta donde sea posible. En esta segunda fase cada país construirá edificios de ensayo para aplicación de la parte teórica del estudio.

Sigue al prólogo una introducción donde se detallan los conceptos anteriores y se explican las simplificaciones que puedan conseguirse tanto al proyectar como al realizar la obra, las ventajas de la fabricación en gran serie de muchos elementos, y la condición de intercambiables que adquirirán éstos en obra al estar realizados con las mismas dimensiones modulares que ha empleado el arquitecto en la cuadrícula que define las dimensiones del proyecto.

El cuerpo del libro se divide en tres partes: proyecto, fabricación y construcción. En cada una se señalan las coincidencias entre los diferentes países, y también las diferencias, cuando las hay.

En la primera parte expone el uso de las cuadrículas de referencia, que pueden ser distintas en las tres etapas mencionadas—proyecto, fabricación y construcción—, pero siempre múltiples unas de otras. Como ejemplo, se publica una cuadrícula modular sobre la que se superponen la del proyecto, cinco veces mayor, y la de los componentes, mitad de esta última.

Trata de la dificultad, fundamental en un intercambio de productos, de ser imposible conseguir un módulo único, ya que las cuatro pulgadas antes referidas son 10,16 cms., no siendo posible redondear las cifras en la práctica, y, además, el sistema pulgada-pie es duodecimal, en tanto que el métrico es decimal.

En cuanto a la selección de las medidas para un edificio la determinan, en resumen, como un compromiso entre los requerimientos funcionales, estudios empíricos sobre tamaños más usuales, y series numéricas sistemáticas, cada término de las cuales, multiplicado por el módulo, dará la medida efectiva.

De estas series, la más sencilla es la serie natural de los números, pero al no ser discriminatoria por aceptar igualmente cualquier número, se buscan otras que señalen las medidas, y sus relaciones, más propias de la construcción. Entre ellas, la de Fibonacci (empleada por Le Corbusier), las aritméticas de razones 2 y 3, las geométricas de las mismas razones, los llamados "números de Renard" (1880), los alemanes de la D.I.N. 4172, la actual propuesta italiana (basada en los números de Renard) y la inglesa, en que conviene detenerse, antes de seguir, por las consideraciones que han regido su proposición. Son éstas:

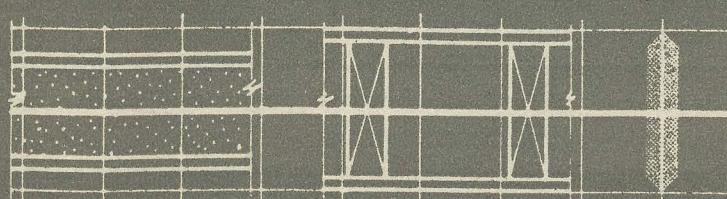
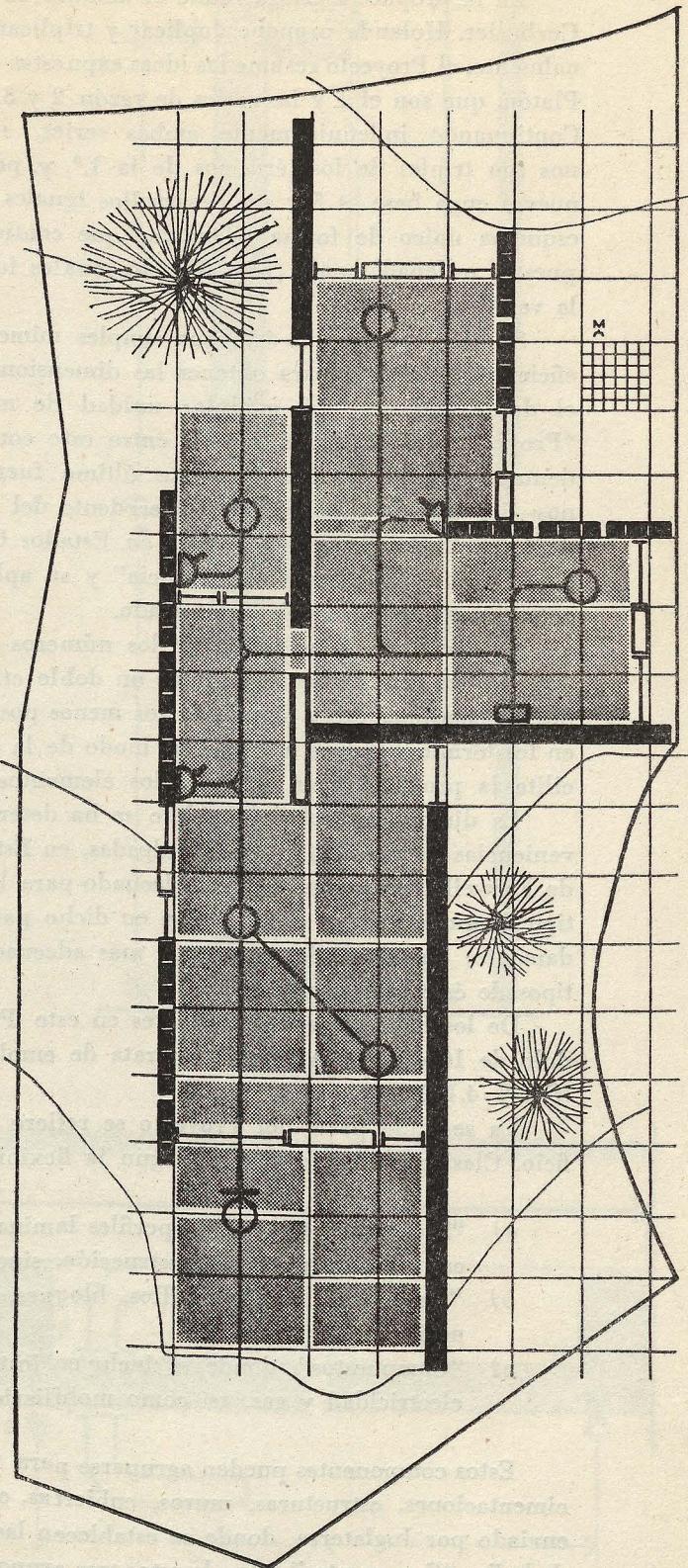
- "1.<sup>a</sup> Como la construcción es un proceso aditivo, la serie debe tener un carácter aritmético dominante."
- "2.<sup>a</sup> Como hace falta más variedad de medidas para tamaños pequeños que para los grandes, deben usarse series o combinaciones de series en que los intervalos crezcan al crecer los números, como ocurre en las progresiones geométricas."
- "3.<sup>a</sup> En la arquitectura intervienen factores industriales y estéticos, y en la historia se ve cómo la coordinación modular de las proporciones se ha manifestado en relaciones numéricas sencillas. Se puede postular que cualquiera serie numérica que no produzca las relaciones que la historia ha demostrado que son características en arquitectura, fracasaría si se la aceptase para construir. Las series que se acepten deben incorporar estas ideas, pero sin inclinarse a una proporción determinada, seleccionada entre todas ellas."

En definitiva, la proposición inglesa consiste en la serie de Fibonacci, con cada término desarrollado en proporciones geométricas de razones 2 y 3. La expresión resulta ser un esquema tridimensional.

Tabla de números seleccionados como una base para medidas. Es importante observar que son estrictamente números y que deben multiplicarse por el coeficiente de medida para obtener la medida deseada.

1							
	2	5	3				
	4	10	6	15	9		
	8	20	12	30	18	45	27
	16	40	24	60	36	90	54
	32	80	48	120	72	180	108
						270	162
						405	243

Cada componente asume una posición definida en relación con el trazado reticular.



En la propuesta griega reúne el módulo 10 cms. y los números del "Modulor" de Le Corbusier. Holanda propone duplicar y triplicar los cinco primeros números naturales. Finalmente, el Proyecto resume las ideas expuestas en un desarrollo de los siete números de Platón, que son el 1 y las series de razón 2 y 3, o sea las series 2, 4, 8 y 3, 9, 27 (Timeo). Continuando indefinidamente ambas series, acompañadas por las series cuyos términos son triples de los términos de la 1.<sup>a</sup>, y, por tanto, dobles de la 2.<sup>a</sup>, y añadiendo otras nuevas cuya base es 5 y sus desarrollos iguales a los ya indicados para el 1, obtiene un esquema único de forma triangular que contiene todos los números seleccionados dispuestos ordenadamente (pág. 32), los cuales forman un sistema decimal y duodecimal a la vez.

Se hace constar que éstos son simples números, los cuales se multiplicarán por el coeficiente de medida para obtener las dimensiones "preferidas". Se explica a continuación el doble concepto del módulo: unidad de medida y coeficiente numérico. Expone el "Proyecto" la diferencia radical entre este concepto del módulo y el de Vitruvio—incidentalmente, no parece que este último fuera de los arquitectos griegos pre-euclidianos—, y tras de exponer como precedente del concepto actual el sistema cúbico-modular de Farwell Bemis para viviendas en Estados Unidos (1915), llega a la definición general del "Sistema Modular de Referencia" y su aplicación práctica como medida de distancia entre líneas de referencia del trazado.

En cuanto a la selección de los números que han de constituir la base de los tamaños, explica que ha de regirse por un doble criterio: deben tener las mayores posibilidades de combinación, y deben ser los menos posibles. El primero exige la propiedad aditiva en los términos que se emplean (al modo de la serie de Fibonacci). Por el segundo, se facilita la producción en serie de los elementos componentes de un edificio.

La dimensión real del módulo se ha determinado, hasta ahora, de acuerdo con conveniencias locales. Así, el de 4 pulgadas, en Estados Unidos, fué establecido por el ya citado Farwell Bemis como el más adecuado para las viviendas de madera, que constituyen el tipo dominante en la construcción en dicho país, y el de 12,5 cm. (5 pulgadas, aproximadamente) en Alemania, por ser el más adecuado para la construcción en ladrillo, con los tipos de éste utilizados allí.

De los once países participantes en este Proyecto, cinco han establecido ya el módulo de 10 cm. En Alemania se trata de emplear éste al mismo tiempo que el de 12,5 cm. (D.I.N. 4.172).

La segunda parte del Proyecto se refiere a la fabricación de "componentes" del edificio. Clasifica éstos en grupos, según la flexibilidad de su empleo:

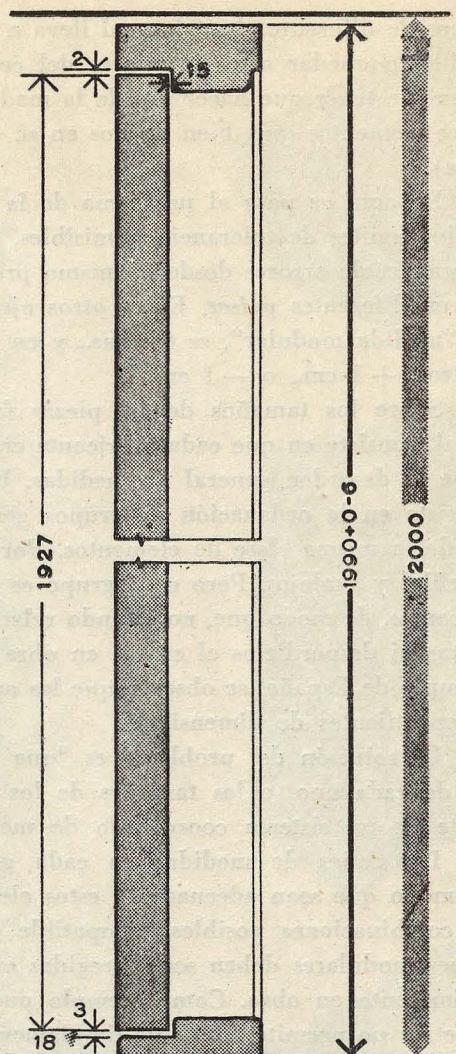
- a) "Secciones", tales como perfiles laminados, barras, tubos, cables, etc., que se fabrican no sólo para la construcción, sino para otras industrias.
- b) "Unidades", como ladrillos, bloques, paneles, tejas, herrajes, accesorios de fontanería, etc.
- c) "Compuestos", donde se incluyen instalaciones enteras de calefacción, fontanería, electricidad y gas, así como mobiliario, puertas, ventanas y escaleras.

Estos componentes pueden agruparse para formar "elementos funcionales", tales como cimentaciones, estructuras, muros, cubiertas, etc. Esto se expone claramente en un cuadro enviado por Inglaterra, donde se establecen las relaciones mutuas entre "Secciones", "Unidades" y "Compuestos" y las de estos tres grupos con las primeras materias, por un extremo y con los "elementos funcionales", por el otro.

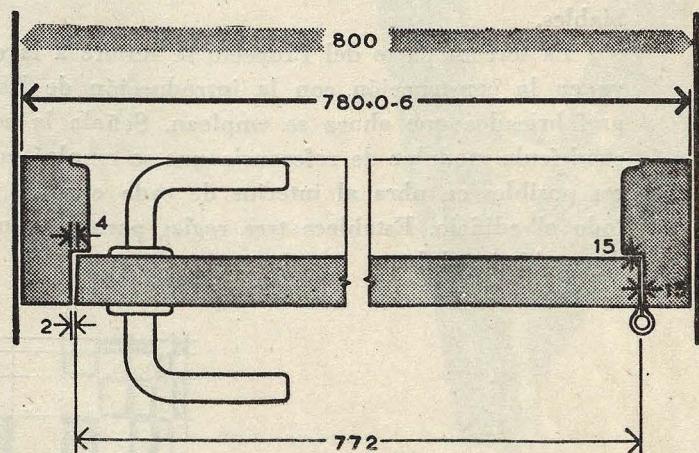
A continuación se presentan cuadros comparativos de dimensiones de los Componentes en diferentes países, y se trata de los posibles criterios para seleccionarlos, así como de su mayor o menor importancia en relación con la cuadrícula modular, y del carácter decisivo que puede asumir algún Componente al proyectar y decidir medidas generales del edificio.

Un aspecto importante de la fabricación se trata después, y es el de la necesidad de proveer a cada Componente de una superficie límite adecuada para enlazar con otros con-

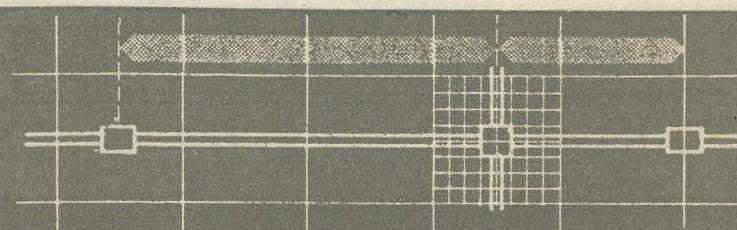
Medidas modulares: Altura, 2.000 mm.  
Ancho, 800 mm.



Las medidas restantes se relacionan con las medidas modulares, pero se determinarán por otras necesidades funcionales.



Este ejemplo está basado en un *standard* sueco.



tiguos de diferente clase, lo cual lleva a tratar tales superficies dentro del sistema modular, pudiendo quedar otras interiores del componente con trazado libre (en nuestro país es frecuente tener que hacer uso de la madera y de la piedra artificial para resolver enlaces entre elementos que, bien hechos en sí, carecen del perfil necesario para acoplarse en la obra).

De aquí se pasa al problema de la precisión en las medidas de cada Componente y de los límites de tolerancia admisibles, así como la necesidad de prever este margen de tolerancia de errores desde el mismo proyecto, y expone los criterios seguidos para este fin en diferentes países. Entre otros ejemplos, publica una ventana de madera cuyo ancho, en "medida modular", es 60 cms., y en medida de fabricación se define como 58 centímetros, + 1 cm., o — 1 cm.

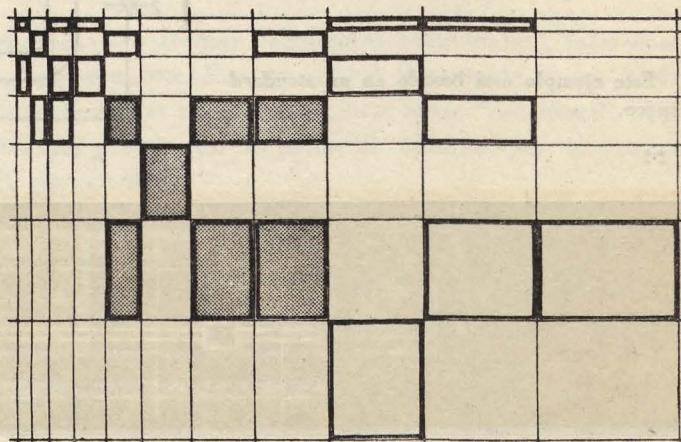
Sobre los tamaños de las piezas fabricadas se expone el sistema actual, que, en general, consiste en que cada fabricante crea su grupo particular de tamaño, lo que contribuye al desorden general de medidas. Una mejora de tal sistema se va introduciendo, que consiste en la ordenación de grupos generales de tamaños, a que se someten los fabricantes de la misma clase de elementos. Por ejemplo, en nuestro país se hace así con los ladrillos y azulejos. Pero cada grupo es independiente de los correspondientes a otros fabricantes, de modo que, no estando relacionados dimensionalmente, no puede hacerse sin cortas ni desperdicios el enlace en obra de elementos de distintas clases. Volviendo al ejemplo de España, se observa que los aparatos sanitarios y los azulejos forman dos grupos independientes de dimensiones.

La solución del problema es "una serie modular de componentes" en el cual el tamaño de cada uno, o los tamaños de los Componentes de cualquier serie particular, son parte de un sistema coordinado de medidas.

Las series de medidas en cada grupo de "componentes modulares" deben elegirse de modo que sean adecuadas a estos elementos en particular, y que permitan el máximo de combinaciones posibles, compatible con un número mínimo de tamaños. Las dimensiones modulares deben ser corregidas en cada producto fabricado para permitir su acompañamiento en obra. Como ejemplo puede observarse que el ladrillo español de 25 centímetros no permite construir limpiamente un murete de media asta de un metro de largo, pues a los cuatro ladrillos, que formarían un metro, hay que añadir tres llagas verticales de un par de centímetros cada una.

Dos propiedades deben tener las medidas que se elijan: ser aditivas y ser intercambiables.

La tercera parte del Proyecto se refiere a la construcción. Explica el cambio sufrido ya en la construcción con la introducción de las máquinas y de los escasos elementos prefabricados que ahora se emplean. Señala la conveniencia de trazar en el terreno la cuadrícula modular de referencia que se empleó en el proyecto, para reducir así los errores posibles en obra al interior de cada cuadro, no extendiéndolos acumulativamente a todo el edificio. Establece tres reglas para la colocación en obra de cada componente de dimensión modular:



Ordenación modular de componentes en la que el tamaño de un componente o los tamaños de los componentes de una fila son parte de una ordenación coordinada de tamaños.

- 1.<sup>a</sup> Cada componente debe situarse dentro del área modular que le corresponde, definida por la cuadrícula mencionada, sin penetrar en las áreas de los compuestos vecinos.
- 2.<sup>a</sup> En principio, cada componente debe ser colocado en el centro de su espacio modular.
- 3.<sup>a</sup> Debe tenerse en cuenta la junta que requieren dos compuestos vecinos, así como la exactitud que puede alcanzarse en la práctica de cada caso.

Con esto, cada componente queda referido, directamente y con independencia de los demás, a la cuadrícula modular. Es necesario estudiar de nuevo el problema de los elementos de unión, o juntas, entre los diferentes componentes, que constituye un problema de gran importancia, al que se ha dedicado poca atención hasta hoy.

Trata después de los modos de referir a la cuadrícula modular los pisos, muros, instalaciones, etcétera.

Termina diciendo que "la experiencia actual sugiere que la introducción del sistema modular de referencia, desde las primeras etapas del proyecto, es una ayuda de primer orden en relación con los nuevos métodos de construcción".

En el sumario insiste de nuevo en la economía de tiempo y de trabajo que se observa ya en los países donde se va implantando la coordinación modular, ventaja de la que disfrutan tanto los arquitectos como los fabricantes y los constructores.

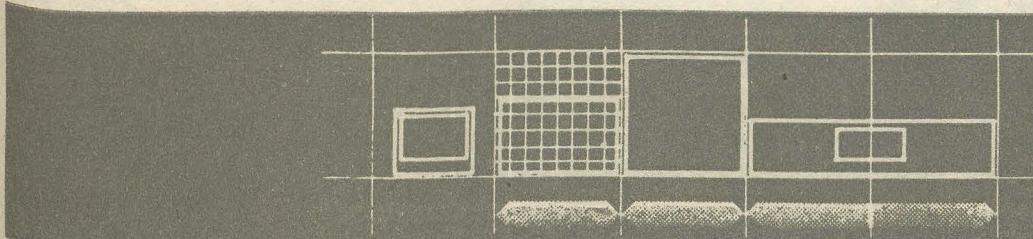
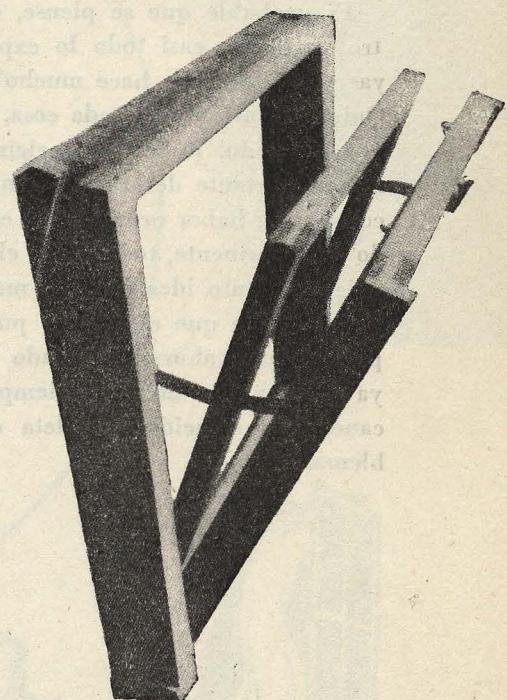
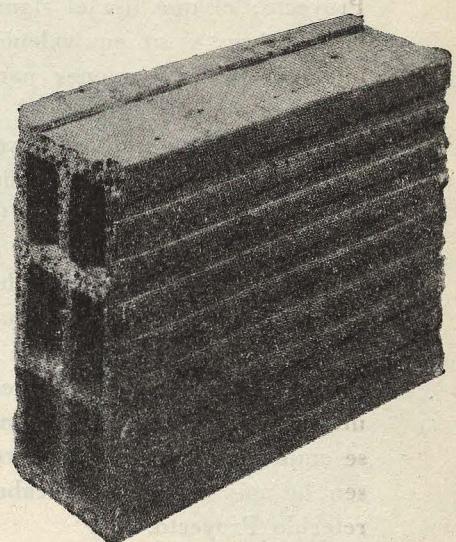
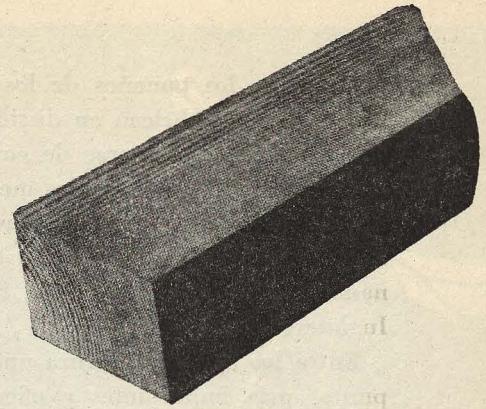
Los apéndices relacionan las personas y organismos participantes en este trabajo, así como los sistemas modulares realizados por Francia, Estados Unidos, Bélgica, Italia, Alemania, Suecia y Noruega.

Exponen después el sistema de números de Renard, el "Modulor" de Le Corbusier, las propuestas para la dimensión del módulo y para las redes

"Secciones".

"Unidades".

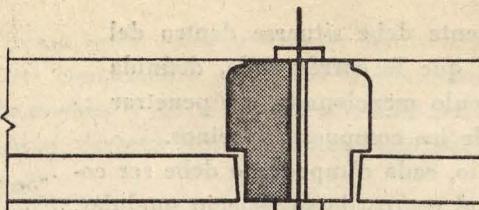
"Compuestos".



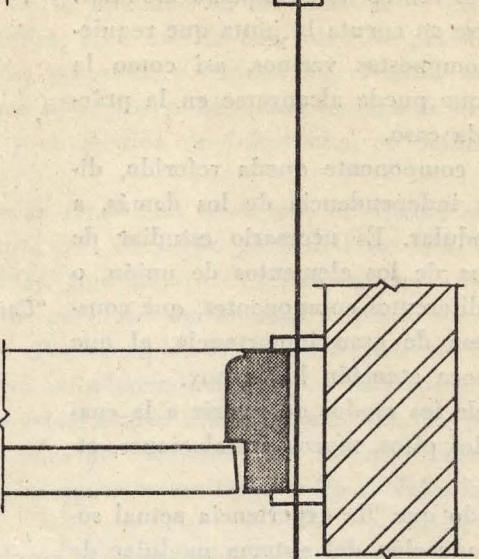
de trazado, los tamaños de los componentes que se fabrican en distintos países, las diversas maneras de considerar los errores admisibles en las medidas y, finalmente, algunos sistemas modulares actualmente empleados en Austria, Dinamarca, Alemania, Noruega, Suecia e Inglaterra.

Entre los apéndices figura uno de los puntos más importantes y eficaces del Proyecto: el que fija el significado de las palabras y su equivalencia en los idiomas de las naciones participantes (por consiguiente, falta el nuestro). Tratándose de conceptos referentes a un tema nuevo, era necesario definirlos con precisión en cada idioma. Queda, al autor de esta exposición del asunto, la duda sobre las palabras que ha empleado, y cree que cualquier trabajo que se hiciese entre nosotros sobre coordinación modular debería ser precedido de una fijación precisa de los términos que se empleasen, y que éstos correspondiesen lo más posible al vocabulario del referido Proyecto.

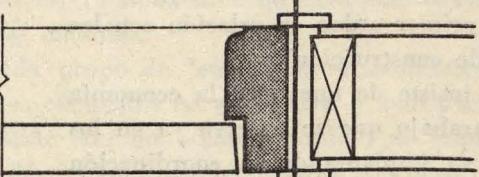
Es probable que se piense, en nuestro país, que casi todo lo expuesto es ya conocido desde hace mucho tiempo. Quizá sea así, y que cada cosa, tomada por separado, lo sea. Lo original y lo más importante del Proyecto núm. 174 consiste en haber ordenado, o coordinado modularmente, todos estos elementos vulgares, tanto ideales como materiales, de tal modo que el trabajo puramente preparatorio ahora publicado permite ya esperar que en poco tiempo se alcance una solución completa del problema.



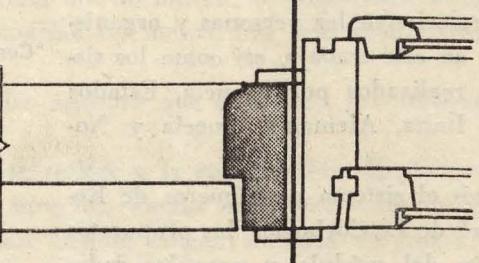
Cerco de puerta con cerco de puerta.



Cerco de puerta con ladrillo.



Cerco de puerta con tabique.



Cerco de puerta con ventana.

#### LA POSICIÓN EN QUE DOS COMPONENTES SE ENCUENTRAN

El intervalo modular (la distancia entre la cara del componente y la línea de referencia) varía en los diferentes componentes.

