

ESTUDIO Y DESARROLLO GEOMÉTRICO DEL «MODULOR» DE LE CORBUSIER

**Reyes, E.
Del Río, P.**

1. INTRODUCCIÓN

El Modulor geométrico de Le Corbusier es una escala lineal destinada a proporcionar distintas medidas para la construcción de edificios y elementos incidentes en la arquitectura de los mismos. Tal escala puede aplicarse también a otros campos: Mecánica, medios de transporte, construcción de objetos diversos etc.

Tomando textualmente la definición de Le Corbusier *“El Modulor es un aparato de medida fundado en la estatura humana y en la Matemática. Un hombre con el brazo levantado, da a los puntos determinantes de la ocupación del espacio, - el pié, el plexo solar, la cabeza, la punta de los dedos estando levantado el brazo, - tres intervalos que definen una serie de secciones áureas de Fibonacci”*.

2. CRONOLOGÍA Y DESARROLLO DE LAS SUCESIVAS CONSTRUCCIONES QUE DIERON LUGAR AL MODULOR

Distintas observaciones de Le Corbusier entre los años 1920 y 1940 sobre secciones áureas, ángulos rectos y trazados reguladores, ordenando composiciones artísticas y arquitectónicas, originaron una primera propuesta de este arquitecto a su ayudante Hanning, con la siguiente formulación:

2.1 Agosto 1943 *“Tome el hombre con el brazo levantado de 2,20 m de alto (total). Inscríbalo en dos cuadrados superpuestos de 1,10 m, móntelo a caballo sobre los dos cuadrados y el tercer cuadrado que resulte le dará una solución.. El lugar del ángulo recto debe poder ayudar a colocar el tercer cuadrado”*.

Primera construcción: Ver figura 1

Se puede demostrar fácilmente que esta construcción no resuelve el problema.

2.2 Diciembre 1943. Esquema de Maillard rectificando el anterior de Hanning. Ver figura 2. El nombre de El Modulor se patentó con esta construcción, que se mantuvo durante algunos años, pero que desde el punto de vista geométrico no es absolutamente rigurosa, como se puede comprobar con algunos cálculos.

2.3 Estudio detallado de la construcción de E. Maillard

Se inscribe un hombre con el brazo levantado en el doble “cuadrado”* de la construcción anterior. **Ver figura 3.**

Tomando la estatura del hombre como $HD = 175$ cm se obtienen las siguientes medidas:

$$HL = \frac{175}{\phi} \approx 105 \text{ cm.} \quad LD = \frac{168}{\phi} \approx 67 \text{ cm.} \quad DN = \frac{67}{\phi} \approx 41 \text{ cm.}$$

$$PS = 216 \text{ cm.} \quad PR = \frac{216}{\phi} \approx 133 \text{ cm.} \quad PQ = \frac{133}{\phi} \approx 83 \text{ cm.}$$

2.4 Año 1954. Trazado definitivo del Modulor

Serralta y Maisonnier, ayudantes de Le Corbusier, proponen un trazado geoméricamente exacto, que dió lugar al definitivo Modulor. **Ver figura 4.**

A partir de dos cuadrados contiguos y de lado a : ABCD y BFEC, se construye el rectángulo áureo AGHD. En él se inscribe un tercer cuadrado JGKH con el mismo lado a . Se considera un ángulo recto con vértice en C e inscrito en el doble cuadrado. Este ángulo recto proporciona dos puntos de intersección, P y Q, con el tercer cuadrado. Trazando la recta que pasa por P y Q, se obtienen los puntos S y T de intersección con las paralelas horizontales.

Utilizando el sistema de referencia $\{B; AG, BC\}$, los puntos considerados en la figura son:

$$B = (0,0), A = (-a,0), F = (a,0), D = (-a,a), C = (0,a), E = (a,a), G = \left(\frac{a}{\phi}, a\right), H = \left(\frac{a}{\phi}, 0\right),$$

$$J = \left(-\frac{a}{\phi^2}, 0\right), K = \left(-\frac{a}{\phi^2}, a\right), P = \left(-\frac{a}{\phi^2}, \frac{a}{\phi}\right), S = (-2a, a), T = ((2\phi - 1)a, 0)$$

Para el cálculo de estas coordenadas, se ha utilizado geometría analítica y propiedades del número de oro ϕ . Por lo tanto $HT' = a\phi$, $KH = a$, $DK = a/\phi$ que constituyen tres términos en progresión geométrica de razón ϕ y verificando: $HT' = DK + KH$.

Construyendo la serie de triángulos rectángulos que aparecen en la figura, se han obtenido los nuevos puntos R , R' , V que originan las series de segmentos siguientes:

$$r_0 = HT' = a\phi \quad r_1 = KH = a \quad r_2 = DK = \frac{a}{\phi} \quad r_3 = PD = \frac{a}{\phi^2} \quad r_4 = \frac{a}{\phi^3} \quad r_5 = \frac{a}{\phi^4}$$

$$a_1 = 2RT' = 2a \quad a_2 = 2CH = \frac{2a}{\phi} \quad a_3 = 2RK = \frac{2a}{\phi^2} \quad a_4 = \frac{2a}{\phi^3} \quad a_5 = \frac{2a}{\phi^4}$$

Estas series son dos sucesiones de Fibonacci conocidas como serie roja y serie azul, respectivamente. Se observa que la serie azul es el doble de la serie roja.

Ante la necesidad de hacer extensible la escala a las medidas en pies y pulgadas, se propone considerar la altura del hombre en 6 pies ingleses: 6 pies x 30,48 cm = 182,88 cm (aprox. 183 cm.)

Inscribiendo un hombre con el brazo levantado en el doble rectángulo, **ver figura 5**, y tomando $AG = 183$ cm, se obtienen las siguientes medidas: $a = 183/\phi @ 113$

Serie roja: ...16, 27, 43, 70, 113, 183, ...; Serie azul: ...32, 54, 86, 140, 226, ...

Algunos de estos valores son característicos de diversas posiciones humanas y pueden servir de referencia para la construcción de elementos adicionales a la arquitectura de los edificios como pueden ser: diferentes asientos, mostradores, camas, mesas, etc. **Ver figura 6**.

3. ALGUNOS EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE APLICACIÓN EN EL AULA

3.1 Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachilleratos

1. Construir geoméricamente rectángulo áureo a partir de un cuadrado. Dividir un segmento en sección áurea.
2. Escribir una breve biografía del arquitecto Le Corbusier y una definición del Modulor.
3. Construir geoméricamente el trazado del Modulor. Dibujar la figura de un hombre o mujer con el brazo levantado, inscrita en el trazado anterior. Encontrar las series roja y azul con tus propias medidas. Medir diferentes elementos de mobiliario de uso común en vuestras casas.

CONTENIDOS

Números racionales e irracionales. Aproximación y error. Proporcionalidad. Estimación y cálculo de medidas de longitud. Relaciones y propiedades métricas del triángulo rectángulo. Teoremas de Pitágoras, de la altura, etc. Geometría del cuadrado, rectángulo y circunferencia. Sucesión de Fibonacci. Propiedades del número áureo. Geometría del plano

3.2 Enseñanza Universitaria

Transformaciones geométricas a partir de los elementos que intervienen en la construcción del Modulor. Longitudes de arcos y áreas de figuras planas. Obtención del término general de la Sucesión de Fibonacci utilizando distintas técnicas. Diagonalización de matrices. Sucesiones recurrentes. Series de Potencias. Diversas caracterizaciones del número de oro.

BIBLIOGRAFÍA

- GHYKA, M., *Le Corbusier's Modulor and the Concept of Golden Mean*, The Architectal Review, CIII, n. 614, (1948), pp.39-42.
- LE CORBUSIER, *El Modulor* (Tomos I y II) (vers. cast.), Poseidón, 1976.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA, *Matemáticas Secundaria Obligatoria*, 1992.

FIGURA 1: Construcción de Hanning



FIGURA 2: Esquema de E. Maillard

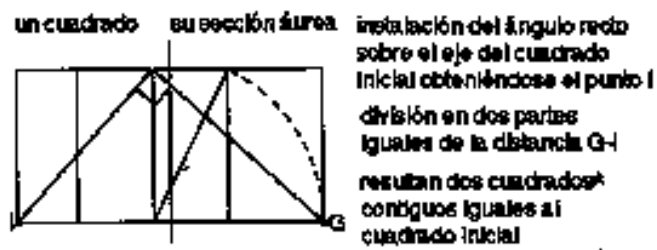


FIGURA 3

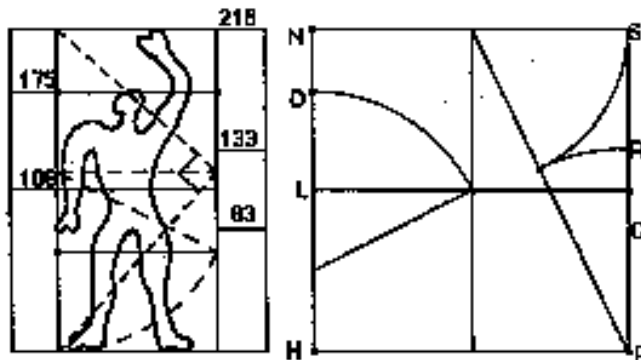


FIGURA 4: Trazado de Serrall y Maisonnier

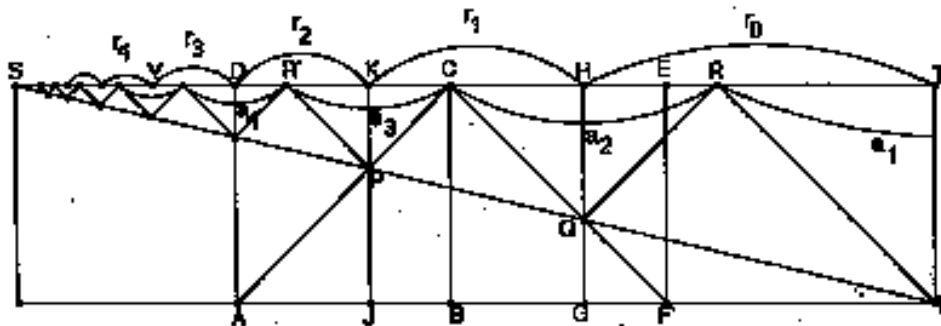


FIGURA 5

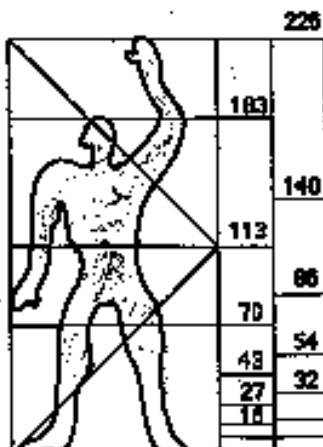


FIGURA 6

