AREA

agenda de reflexión en arquitectura, diseño y urbanismo

agenda of reflection on architecture, design and urbanism

Nº 19 | OCTUBRE DE 2013
REVISTA ANUAL

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo

CONTENIDOS | *CONTENTS*

Los contenidos de *AREA* aparecen en:
The contents of ***AREA*** *are covered in:*
Latindex: www.latindex.unam.mx
A.R.L.A. arlared.org

sistema de proporciones
números metálicos
número plástico
proporción cordobesa

proportion system
metallic numbers
plastic numbers
cordovan proportion

> VERA M. WINITZKY DE SPINADEL
Laboratorio de Matemática y Diseño
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires

SISTEMAS DE PROPORCIONES UTILIZADOS EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Al buscar sucesiones numéricas que sirvan como base para un sistema de proporciones en diseño arquitectónico, se requiere que dichas sucesiones satisfagan propiedades aditivas y sean simultáneamente progresiones geométricas. El Número de Oro ϕ =1,618034..., miembro prominente de la Familia de Números Metálicos, cumple ambas condiciones, existiendo otros miembros que también las cumplen, como el Número de Plata, el Número de Bronce, etc. Asimismo, el Número Plástico introducido por el arquitecto holandés van der Laan ψ = 1,32471795..., las satisface. Lo mismo sucede con la Proporción Cordobesa utilizada por el arquitecto español Rafael de la Hoz en sus diseños.

Proportion systems used in architectonic design
Looking for numerical sequences to be used as a base for a proportion system in architectonic design, it is necessary that these sequences have additive properties and, simultaneously, are geometric progressions. The Golden Mean ϕ =1,618034..., the most important member of the Family of Metallic Means, satisfies both conditions, existing other members that can be used as a base like the Silver Mean, the Bronze Mean, etc. Besides, the Plastic Number introduced by the Dutch Arch. van der Laan ψ = 1,32471795..., also satisfies these conditions.The same happens with the Cordovan Proportion found by the Spanish architect Rafael de la Hoz

Introducción

Desde la antigüedad, los arquitectos abocados al diseño han tenido como objetivo principal el que dicho diseño fuera armónico y gozara de cierta belleza. Recurriendo a elementos matemáticos sencillos, buscaban sucesiones numéricas que pudieran servir como base para crear un sistema de proporciones que cumpliera con este objetivo. Simplemente, dichas sucesiones debían poseer propiedades aditivas, esto es, que cada miembro de la misma pudiera obtenerse por suma de otros miembros y ser progresiones geométricas, Recordemos que una progresión geométrica es una sucesión de números tal que cada elemento es igual al anterior multiplicado por un factor constante que se denomina la "razón" de la progresión.

Sistema de proporciones áureo

El conocido Número de Oro ϕ = 1,618034… cumple ambas condiciones. En efecto, para verificarlo, vamos a considerar la sucesión de Fibonacci.
Fibonacci, hijo de Bonaccio, era el seudónimo del matemático italiano Leonardo de Pisa (c. 1170- c. 1250). El apodo de Guglielmo, padre de Leonardo, era *Bonacci* (simple o bien intencionado) y su hijo recibió póstumamente el apodo de *Fibonacci (filius Bonacci).* Guglielmo viajaba al norte de África y, desde niño, Leonardo lo acompañó para ayudarlo y aprendió el sistema de numeración árabe. Convencido de la superioridad de este sistema frente al usual sistema romano de numeración, a su regreso se ocupó de difundir en Europa el sistema de numeración indo-arábigo que emplea la notación decimal e introduce el cero. En 1202, a los 32 años, publicó sus resultados en el libro *Liber Abaci*, siendo considerado por los historiadores como el más autorizado matemático europeo de la Edad Media.
La sucesión que lleva su nombre es una sucesión de números naturales tal que cada número se obtiene sumando los dos que le anteceden. Si comenzamos con los dos primeros F(0) = F(1) = 1 tenemos:

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, \dots \qquad (1)$$

donde

$$F(n+2) = F(n+1) + F(n) \qquad (2)$$

Esta sucesión goza de la propiedad que el cociente de dos términos sucesivos tiende al Número de Oro, independientemente de qué par de números se eligen como iniciales. Efectivamente, si formamos la sucesión de los cocientes de dos términos sucesivos de la misma:

$$\frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3} \quad \frac{8}{5}, \frac{13}{8}, \frac{21}{13}, \frac{34}{21}, \frac{55}{34}, \frac{89}{55}$$

esta nueva sucesión converge al Número de Oro ϕ .
Si ahora construimos una progresión geométrica de razón ϕ partiendo de 1 y multiplicamos cada término por la razón

$$\dots, \frac{1}{\phi^2}, \frac{1}{\phi}, 1, \phi, \phi^2, \phi^3, \dots$$

es fácil verificar que esta última es también una sucesión de Fibonacci que satisface la propiedad (2). En efecto, por cálculo directo resulta:

$$\dots <= \frac{1}{\phi^2} + \frac{1}{\phi} = 1 <= \frac{1}{\phi} + 1 = \phi <= 1 + \phi =$$

$$\phi^2 => \phi + \phi^2 = \phi^3 => \dots$$

Con esto hemos probado que el sistema de proporciones áureo goza simultáneamente de las propiedades aditivas y geométricas. Naturalmente, ésta es la razón por la cual, a través de la historia, tantos diseños han basado sus medidas en un sistema de proporciones que tiene como base el Número de Oro. El uso de la proporción áurea ϕ: 1 dominó el arte y la arquitectura griega y romana, persistió en los monumentos de la Edad Media Gótica y, posteriormente, en el Renacimiento. Es posible detallar importantes consideraciones de orden filosófico, natural y estético que justifican la preferencia por la proporción áurea desde que el hombre comenzó a reflexio-

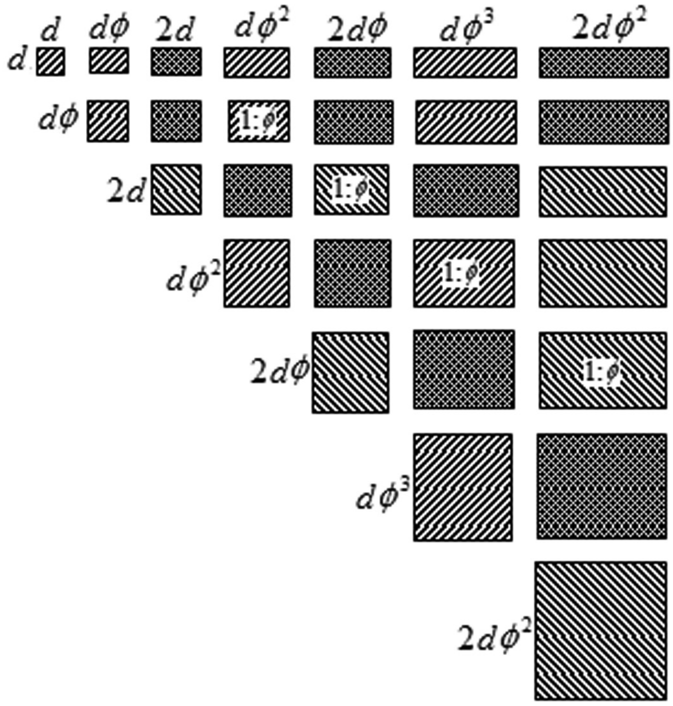


Figura 1
Trama fundamental
del Modulor.

nar sobre las formas geométricas del mundo que lo rodea. Comenzando por la Prehistoria, allí donde se encuentre una intensificación de una función o una belleza y armonía particular en un diseño, aparece la proporción áurea.

Ejemplo de un sistema de proporciones áureo

En el siglo XX, Le Corbusier[1] inventó un módulo arquitectónico que toma en cuenta las dimensiones humanas y la necesidad de una producción masiva en serie. Fijó la altura media de un hombre en d = 6 pies = 183 cm, y consideró las dos siguientes progresiones geométricas de razón ϕ que denominó:

Sucesión roja: $d, \phi d, \phi^2 d, \phi^3 d, \ldots$
Sucesión azul: $2d, 2\phi d, 2\phi^2 d, 2\phi^3 d, \ldots$

Usando ambas sucesiones, es posible fijar una escala para el ser humano, así como para sus posiciones ergonómicas más habituales, escala que determina el nivel constructivo proyectual en el diseño arquitectónico, así como en todo otro tipo de diseño. Cada par adyacente de términos de la sucesión roja, por ejemplo $\phi^n d$ y $\phi^{n+1} d$, son la longitud y el ancho de un rectángulo áureo G_n. Le Corbusier ordenó estos rectángulos áureos en una trama, el Modulor, efectuando superposiciones y subdivisiones de los diferentes G_n, (1953) y (1980). Un análisis detallado de este *principio generador*, así como de las relaciones del Modulor con la escala humana, lo presenté en mi artículo “El Modulor de Le Corbusier” (1996).

En la Figura 1 se muestra la trama fundamental del Modulor, en la que aparecen tres grupos:

a) rectángulos cuyos lados corresponden a la sucesión azul, rayados en una dirección
b) rectángulos cuyos lados corresponden a la sucesión roja, rayados en dirección opuesta
c) rectángulos producidos por pares de dimensiones (una roja y una azul), rayados en forma superpuesta.

Observando cada fila o columna de esta trama se nota que dos rectángulos adyacentes de la misma sucesión (sea roja o azul) forman el próximo de la sucesión por yuxtaposición. El sistema del Modulor es sumamente versátil: una vez que un área rectangular ha sido embaldosada con el Modulor, las baldosas pueden ser redispuestas en muchas maneras diferentes para formar nuevos embaldosados del rectángulo.

Le Corbusier usó los elementos del Modulor, no solamente en el diseño de las paredes de habitaciones, de pisos enteros hasta un edificio completo, sino que también lo usó en el diseño de todos los elementos suplementarios de uso normal. Asimismo, usó el Modulor en la construcción de la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, en el diseño de una unidad de vivienda en Marsella, en varios edificios de oficinas en París, así como en la creación de innumerables objetos de uso cotidiano, por lo que se lo considera como el precursor de la ergonomía.

Por último, cabe mencionar que el único proyecto de Le Corbusier construido en Latinoamérica es la casa Curutchet, sita en el Boulevard 53 Nº. 320, La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. A fines de 1948, el médico cirujano Pedro Curutchet le escribió a Le Corbusier encomendándole el proyecto para la construcción de su vivienda particular y consultorio, en un pequeño lote de 9 metros por 20 metros de fondo, entre medianeras. Curiosamente nunca se conocieron personalmente, pero el médico lo consideraba un intelectual totalmente innovador y es así como Le Corbusier comenzó la elaboración de un anteproyecto en febrero de 1949 para el doctor, su mujer y sus dos hijas en la parte de

1. Le Corbusier era el sobrenombre de Charles Edouard Jeanneret (1887-1965). Arquitecto suizo, pintor y urbanista, cuyas ideas produjeron una revolución en el proyecto de diseño de edificios modernos. Conjuntamente con su hermano Pierre Jeanneret, diseñó varias villas cerca de París, una famosa ciudad jardín en Pessac (Burdeos), la capilla de Notre-Dame (Ronchamp), etc. Como pintor, gustaba de formas geométricas puras y fue uno de los maestros del “purismo”, derivado del “cubismo”. Como urbanista, estuvo a su cargo el diseño de la ciudad del futuro.

vivienda y para la clínica, una sala de espera, un gabinete de consulta y una habitación para internación. La primera etapa de la obra fue dirigida por el conocido arquitecto Amancio Williams, la segunda por el arquitecto Simón Ungaro y la tercera por el ingeniero Alberto Valdés, terminándose finalmente la construcción en 1955.
También es interesante acotar que uno de los colaboradores en el estudio de Le Corbusier era Iannis Xenakis, un arquitecto, ingeniero y compositor musical francés, de ascendencia griega. Había nacido en 1922 y había estudiado composición en París con Arthur Honegger, Darius Milhaud y Oliver Messiaen. Su obra (1954) *Metástasis*, para 65 músicos, fue compuesta tomando el Modulor como base, creando así una fuerte ligadura estructural entre el tiempo y los sonidos musicales, que puede disfrutarse oyéndola.

La Familia de Números Metálicos

El Número de Oro es el miembro más prominente de la Familia de Números Metálicos (FNM). Esta familia la introduje a nivel nacional (Spinadel 1997) y a nivel internacional (1998 y 2010). Se define como el conjunto de las soluciones positivas de ecuaciones cuadráticas del tipo $x^2 - px - q = 0$, donde p y q son números naturales.
Si consideramos la subfamilia de Números Metálicos que se obtiene tomando en esta ecuación cuadrática $q = 1$, tenemos:

$$x^2 - nx - 1 = 0$$

cuyas soluciones positivas son:

$n=1$: $\phi \; \frac{1+\sqrt{5}}{2}$

Número de Oro; $n=2$: $\sigma_{Ag} = 1 + \sqrt{2}$

Número de Plata; $n=3$: $\sigma_{Br} = \frac{3 + \sqrt{13}}{2}$

Número de Bronce; etc.
A este conjunto lo hemos denominado “Familia de Números Metálicos Periódicos Puros” (FNMPP) puesto que sus descomposiciones en fracciones continuas son periódicas puras. Así, por ejemplo, el Número de Oro resulta dado por la siguiente descomposición en fracciones continuas periódica pura: [1,1,1,...]

$$\phi = 1 + \cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\ddots}} = [\overline{1}]$$

Esta descomposición implica que si calculamos las aproximaciones racionales σ_k de ϕ:

$$\sigma_1 = 1\ ;\ \sigma_2 = 1 + \frac{1}{1} = 2;\ \sigma_3 = 1 + \frac{1}{1+1} = \frac{3}{2};...$$

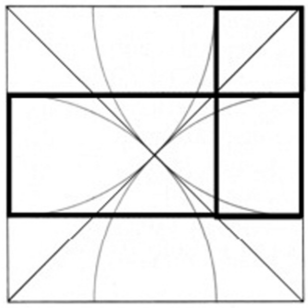
es fácil verificar que:

$$\sigma_2 = \frac{2}{1};\ \sigma_3 = \frac{3}{2};\ \sigma_4 = \frac{5}{3};\ \sigma_5 = \frac{8}{5};\ \sigma_6 = \frac{13}{8};\ \sigma_7 = \frac{21}{13};...$$

En cambio el Número de Plata tiene la siguiente descomposición en fracciones continuas periódica pura

$$\sigma_{Ag} = 2 + \cfrac{1}{2+\cfrac{1}{2+\ddots}} = [\overline{2}]$$

Y así siguiendo.
Con respecto a los restantes miembros de la FNMPP he comprobado (2010) que todos los miembros de la FNMPP cumplen con las condiciones que ya hemos verificado para el Número de Oro, a saber, que las sucesiones numéricas que se toman como base en un sistema de proporciones, además de satisfacer propiedades aditivas, son simultáneamente progresiones geométricas.
Esto implica que, en el futuro, pueden tomarse como base de cualquier sistema de proporciones para diseñar todo tipo de formas innovadoras en diseño.



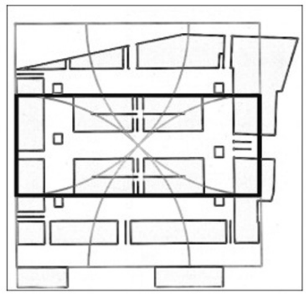


Figura 2
Esquema constructivo de Watts.

Figura 3
Aplicación del esquema a una planta.

Ejemplo de un sistema de proporciones basado en el Número de Plata
El sistema romano de proporciones estaba basado en el Número de Plata y sus potencias sucesivas o bien sus aproximaciones enteras, tal como se muestra en Watts (1996). En particular, Donald y Carol Watts, un matrimonio de arquitectos norteamericanos a quienes conocí personalmente en Italia, han estudiado con sumo cuidado las ruinas de las casas de Ostia, la ciudad portuaria del Imperio Romano, comprobando que estaban enteramente organizadas por un sistema de proporciones originado por el Número de Plata y sus potencias sucesivas. Tanto les entusiasmó este sistema de proporciones que lo usaron para diseñar su propia casa (Watts D. 1996).
En las Figuras 2 y 3, se ilustra la inclusión de los posibles rectángulos de Plata dentro de los esquemas que los autores mencionados utilizaron para sus desarrollos analíticos geométricos aplicados a las ruinas de la ciudad de Ostia.
A la pregunta de por qué los Números de Oro y de Plata son los encontrados con mayor frecuencia al estudiar sistemas de proporciones usados en proyectos de diseño arquitectónico, la respuesta es:
1) Son los primeros miembros de la FNMPP y tienen las descomposiciones en fracciones continuas más simples de todos.
2) El Número de Oro está asociado a la geometría pentagonal ya que al considerar un pentágono regular de lado unitario, sus diagonales valen exactamente $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$.
   El Número de Plata está ligado a la geometría octogonal pues tomando un octógono de lado unitario, su segunda diagonal (la que deja un vértice libre) vale $1+\sqrt{2}$.[2]

Sistema de proporciones plástico

Considerando una generalización al espacio del Número de Oro, encontramos el Número Plástico de van der Laan $\psi = 1{,}32471795...$, que es la única solución real (las dos restantes son complejas conjugadas) de la ecuación cúbica:

$$x^3 - x - 1 = 0$$

Este número fue considerado por el holandés Dom Hans van der Laan (1904-1991) que empezó sus estudios de Arquitectura en 1923 en Delft y los abandonó en 1927 para convertirse en monje benedictino en la abadía de Oosterhout.
En 1938, proyectó y construyó una nueva ala de la abadía de Oosterhout y retomó su actividad como arquitecto, permaneciendo en esta abadía hasta 1968, año en que se mudó al monasterio de Vaals donde permaneció hasta su muerte. Aunque diseñó muy pocas obras, casi todas ellas son de carácter religioso (tres conventos, un monasterio, una capilla y una casa privada). Sus estudios sobre las proporciones en las iglesias del Románico, le condujeron al descubrimiento que muchas de ellas aparecen relacionadas con la sucesión de Padovan y desarrolló un sistema de proporciones basado en el *Número Plástico* que utilizó en sus construcciones (Laan 1997).
La sucesión de Padovan debe su nombre al arquitecto inglés Richard Padovan nacido en 1935, responsable en gran medida de la difusión de la obra del arquitecto benedictino, al traducir en 1983 al inglés su tratado de Arquitectura, *Architectonic space* (Laan 1983).
La sucesión de Padovan:

$$1, 1, 1, 2, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 16, \ldots$$

se obtiene tomando tres valores iniciales u_0, u_1, u_2 y aplicando una relación de recurrencia que permite obtener los términos siguientes:

$$u_0 = u_1 = u_2 = 1 \qquad u_n = u_{n-3} + u_{n-2}$$

donde $n = 4,5,6,...$

Razonando de manera similar al caso de la sucesión de Fibonacci, formamos la sucesión de términos consecutivos de la sucesión de Padovan:

$$\frac{1}{1}, \frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{2}{2}, \frac{3}{2}, \frac{4}{3}, \frac{5}{4}, \frac{7}{5}, \frac{9}{7}, \frac{12}{9}, \frac{16}{12}, \ldots$$

Y esta sucesión converge al Número Plástico que puede tomarse como base de un sistema

2. Es probable que los restantes miembros de la FNMPP estén asociados con algún tipo de configuraciones geométricas, pero este tema está abierto y no ha sido enteramente resuelto aún.

4. a.

4. b.

4. c.

5.

Figura 4
Abadía de Ooterhout.

Figura 5
Iglesia del monasterio de Vaals.

de proporciones, por gozar tanto de propiedades aritméticas como geométricas.
Es importante recalcar que van der Laan era un monje y sus obras principales son la abadía de Oosterhout, que se ve en las fotografías (Figura 4).
También diseñó la iglesia del monasterio de Vaals (Figura 5) que se encuentra en la abadía de Sint Benedictusberg y el convento de las Hermanas de María Madre de Jesús en Mariavall (Suecia), que fue la última obra que diseñó en 1991, el mismo año de su muerte. La construcción se debe a su sobrino Rik van der Laan y al arquitecto sueco Rudi de Bruin. En ambas, especialmente en la última, utilizó el Número Plástico como guía para crear su ideal de espacio ("el espacio arquitectónico"). Por otra parte, era benedictino y ello implicaba que siguiendo la Regla de San Benito, debía buscar la relación entre la arquitectura y la naturaleza. Por ello resulta habitual encontrar el paisaje exterior dentro de las obras del arquitecto, llegando a emplear el Número Plástico en el diseño de este paisaje exterior que integra el mundo que nos rodea.

Relación del Número de Plata con la "Proporción cordobesa"

La "proporción cordobesa" fue descubierta en 1973 por el arquitecto español Rafael de la Hoz Arderius, cuando analizaba la aparición del Número de Oro en edificios de la ciudad de Córdoba en España. En su investigación encontró que el rectángulo áureo no era el que aparecía sino un rectángulo diferente al que denominó "rectángulo cordobés".
Posteriormente, se han hallado aplicaciones de la proporción cordobesa en el diseño de las cúpulas de las catedrales octogonales góticas (Gil López 2012). Específicamente, fue encontrada en el diseño de la catedral de Burgos en España, que ha sido declarada Monumento de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1984.
Esta hermosa catedral posee cuatro cúpulas octogonales: el Cimborio, la capilla del Alguacil, la capilla de la Presentación y la vieja Sala Capitular. La más conocida es la capilla del Alguacil, pero la de diseño más complejo en razón de la disposición de los nervios curvos es la capilla de la Presentación.

La proporción cordobesa está relacionada con el Número de Plata, como puede apreciarse en las Figuras 6, 7 y 8 donde el Número de Plata se indica, por simplicidad, como $\sigma_{Ag} = \theta$.
En consecuencia, podemos definir el Número Cordobés *c* como la relación entre el radio de la circunferencia circunscrita a un octógono regular y el lado del mismo octógono.
De manera similar a la definición de un "rectángulo áureo" como el rectángulo de base igual al Número de Oro y altura unitaria, se llama "rectángulo cordobés" al que tiene base igual a la "proporción cordobesa" y altura unitaria.
Ambos rectángulos están representados en la Figura 9.
El rectángulo cordobés no solo apareció en las cúpulas cordobesas, sino también en otros contextos hispánicos tales como el Acueducto de Segovia y la Puerta de Alcalá en Madrid, así como en contextos europeos, a saber, el Panteón de Agrippa, la Basílica de Maxentius y en otros lugares más lejanos como la Pirámide de la Luna en Teotihuacán en Méjico e incluso en nuestro país, en la iglesia de la Compañía de Jesús en Córdoba, Argentina (Spinadel 1998 y Alsina y García Roig 2001).
La cúpula de la Capilla de la Presentación fue construida por Juan de Matienzo, entre 1519 y 1522, inspirado por el trabajo de Simón de Colonia y especialmente por la Capilla del Alguacil. Como puede apreciarse en las Figuras 10 y 11, dicha cúpula posee una planta octogonal regular.
Por otra parte, el lado y el radio de un octógono regular forman un triángulo isósceles, llamado "triángulo cordobés" por mi colaboradora, la doctora Antonia Redondo Buitrago (Redondo y Reyes 2008a y 2008b), relacionado con el rectángulo de Plata, como puede verse en las Figuras 12 y 13.
A pesar que se han hallado elementos arquitectónicos que confirman la aparición del rectángulo cordobés, ha habido pocos arquitectos que hayan investigado la influencia del triángulo cordobés en el diseño arquitectónico (Hylebrouck, Redondo y Reyes 2009) y justamente esta influencia es la que se ha hallado recientemente en el análisis de las cúpulas de las Capillas de la Catedral de Burgos en España.

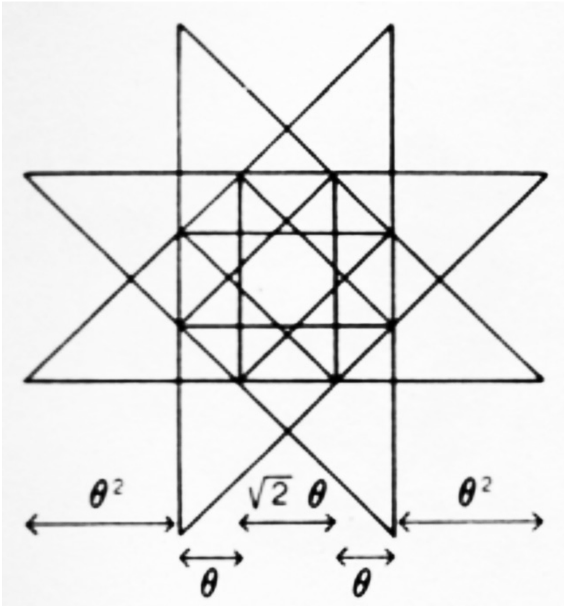
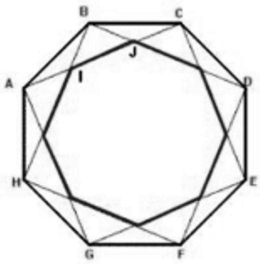


Figura 6
Configuración octogonal estrellada.



$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos 135°}$$

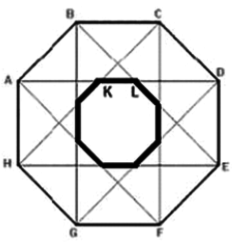
$$AC = \sqrt{2+\sqrt{2}}$$

$$\frac{AB}{AC} = \frac{AI}{AB} \Rightarrow AI = \frac{1}{\sqrt{2+\sqrt{2}}}$$

$$IJ = AC - 2AI = \sqrt{2-\sqrt{2}}$$

$$\frac{AB}{IJ} = \frac{1}{\sqrt{2-\sqrt{2}}} = c = \textit{nº cordobés}$$

Figura 7
Definición de la proporción cordobesa.



$$AD = \theta = 1+\sqrt{2}$$

$$AK = BC = 1$$

$$KL = AD - 2AK = 1+\sqrt{2}-2 = \sqrt{2}-1$$

$$\frac{AB}{KL} = \frac{1}{\sqrt{2}-1} = \sqrt{2}+1 = \theta$$

$$\theta = \sqrt{2}\,c^2$$

Figura 8
Relación entre Número de Plata y la proporción cordobesa.

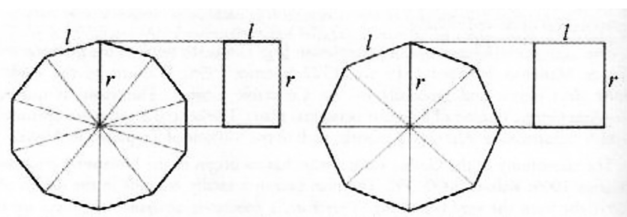
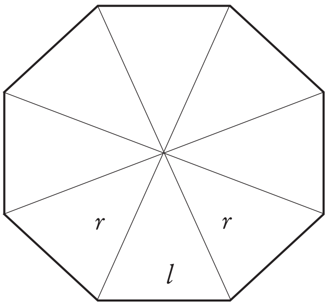


Figura 9
Proporción áurea, basada en un decágono (izq). Proporción cordobesa, basada en un octógono (der.).



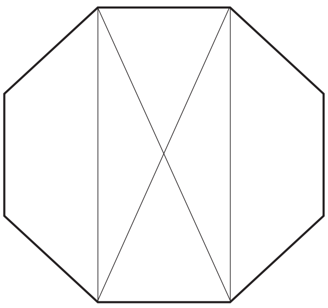


Figura 10
Cúpula de la Capilla de la Presentación en la Catedral de Burgos.

Figura 11
Detalle cúpula de la Capilla de la Presentación en la Catedral de Burgos.

Figura 12
Triángulo cordobés.

Figura 13
Rectángulo de Plata.

Al respecto, cabe mencionar que en la reciente publicación de Tomás Gil López (2012) los resultados del análisis geométrico demuestran que en la Capilla de la Presentación de la Catedral de Burgos, cuando se toma como módulo el lado del octógono regular, los cinco triángulos cordobeses obtenidos en el plan de la cúpula forman una sucesión geométrica cuya razón es el Número Cordobés *c*. Como la cúpula es de difícil acceso, es prácticamente imposible efectuar mediciones directas. Entonces usaron un método fotogramétrico tal que las ocho estaciones luminosas elegidas estuvieran convenientemente ubicadas de modo de no superponerse con ningún área de sombra en la cúpula. Este objetivo se logró tomando varias tomas con una cámara de alta resolución digital, usando una lente calibrada. Con la ayuda del programa de computación *Photomodeler*, los mismos puntos espaciales podían aparecer en diferentes fotografías.

Conclusiones

Todos los sistemas de proporciones que hemos visto utilizados en diseño arquitectónico, a saber, el sistema del Número de Oro, el del Número de Plata, el del Número Plástico y la Proporción Cordobesa son sucesiones de segmentos cuyas longitudes gozan de propiedades aritméticas y están en progresión geométrica, cumpliendo la condición que sumando dos medidas consecutivas del sistema se obtiene otro miembro del sistema.
Su enorme importancia en todo proyecto de diseño, sea éste arquitectónico o de cualquier otro tipo simple (gráfico, industrial, de imagen y sonido, de indumentaria, textil, de arte, del paisaje) o combinado, es la consecuencia del hecho comúnmente aceptado que todo proyecto concebido y diseñado tomando como base un sistema de proporciones posee armonía y belleza ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSINA, Claudi y Jaime GARCIA-ROIG. 2001. "On plastic numbers", *Journal of Mathematics & Design* 1, (1), 13-19.

GIL LOPEZ, Tomás. 2012. "The vault of the Chapel of the Presentation in Burgos Cathedral: "Divine Canon? No, Cordovan Proportion", *Nexus Network Journal, Architecture & Mathematics* 14, (1), 177-189.

HOZ, Rafael de la. 2002. *La proporción cordobesa* (Córdoba: Colegio de Arquitectos de Córdoba, España).

HUYLEBROUCK Dirk, Antonio REDONDO y Encarnación REYES. 2009. "Octagonal Geometry of the Cimborio in Burgos Cathedral", *Nexus Network Journal, Architecture & Mathematics* 13, (1), 195-203.

LAAN, Hans van der. 1997. *Le Nombre Plastique: quinze Leçons sur l´Ordonnance arhitectonique* (Leiden: Brill Academic Pub).

LAAN, Hans van der. 1983. *Architectonic space* (Leiden: Brill Academic Pub).

LE CORBUSIER. 1953. *El Modulor. Ensayo sobre una medida armónica a la escala humana aplicable a la arquitectura y a la mecánica* (Buenos Aires: Poseidón)

LE CORBUSIER. 1980. *El Modulor y Modulor 2* (Barcelona: Editorial Poseidón).

REDONDO Antonia y Encarnación REYES. 2008. "The Cordovan Proportion: Geometry, Art and Paper Folding", *Hyperseeing: Proceedings of Seventh Interdisciplinary Conference* ISAMA, 107-114, en http://www.isama.org/hyperseeing/, (Consulta: 8 agosto 2012).

REDONDO Antonia y Encarnación REYES. 2008. "The Geometry of the Cordovan Polygons". *Visual Mathematics*, 10, (4). http://www.mi.sanu.ac.rs/vismath/redondo2009/cordovan.pdf (consulta: 8 agosto 2012)

SPINADEL, Vera Winitzky de. 1996. "El Modulor de Le Corbusier", *Revista* AREA 3, 3-11.

SPINADEL, Vera Winitzky de. 1997. "La familia de Números Metálicos en Diseño", *1er. Seminario Nacional de Gráfica Digital. Sesión de Morfología y Matemática 2* (Buenos Aires: Ediciones FADU), 173-179.

SPINADEL, Vera Winitzky de. 1998. "The Metallic Means and Design", en *Nexus II: Architecture and Mathematics,* ed. Kim Williams (Fucecchio: Edizioni dell´Erba), 143-157.

SPINADEL, Vera Winitzky de. 2010. *From the Golden Mean to Chaos* (Buenos Aires: Editorial Nueva Librería).

WATTS, Carol Martin. 1996. "The square and the Roman house: Architecture and decoration at Pompeii and Herculaneum", *Nexus, Architecture & Mathematics,* ed. Kim Williams (Fucecchio: Edizioni dell´Erba), 167-183.

WATTS, Donald. 1996. "The praxis of Roman geometrical ordering in the design of a new American Prairie house", *Nexus, Architecture & Mathematics, ed. Kim Williams (Fucecchio: Edizioni dell´Erba), 183-193.*

RECIBIDO: 5 diciembre 2012.
ACEPTADO: 25 febrero 2013.

CURRÍCULUM

VERA WINITZKY DE SPINADEL es doctora en Ciencias Matemáticas, egresada de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en 1958, siendo en la actualidad profesora titular emérita en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo desde 2010. En 1995, fue nombrada directora del Centro de Matemática & Diseño. En abril de 2005, inauguró el Laboratorio de Matemática & Diseño del cual es directora. Organizó varias conferencias internacionales de Matemática & Diseño trianuales. Es presidenta de la International Mathematics & Design Association con sede en Buenos Aires, desde 1998, uno de cuyos objetivos es publicar un Journal of Mathematics & Design. Es autora de más de diez libros y ha publicado más de cien trabajos originales con referato, tanto en revistas nacionales como internacionales.

Laboratorio de Matemática y Diseño
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires |

E-mail: vspinade@fibertel.com.ar