

# "Pontificia Universidad Católica del Perú"

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

2011

FAU - PUCP

MATEMÁTICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA 2011-2

Integrantes:

Alejandra del Pilar Santillán Rodríguez

Daniel Alberto Mejía Ortíz

Germán Alfonso Martinelli Guerra

Patricia Cinthia Moya Pachas

Renato Javier Huatuco Hernández

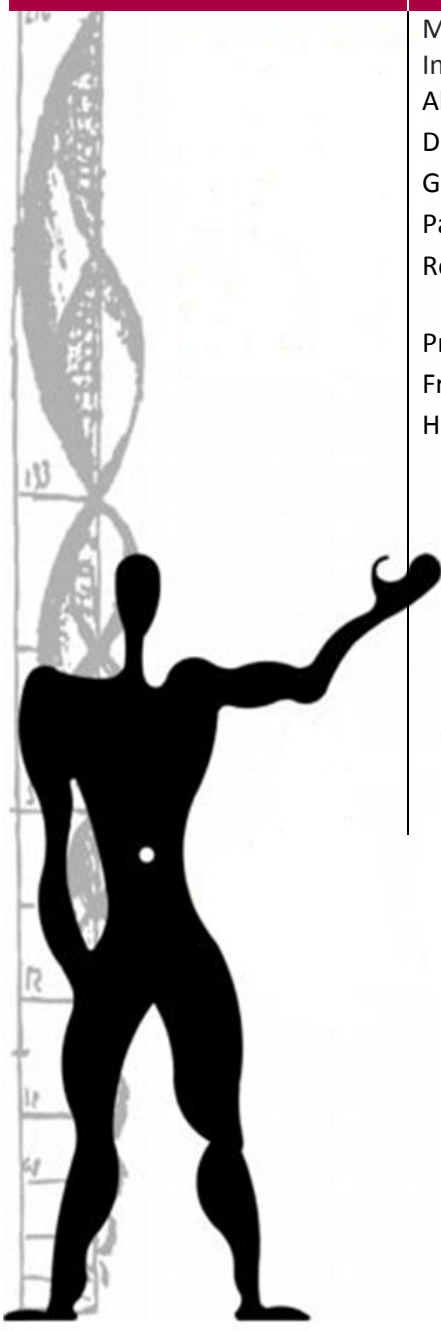
Profesores:

Francisco Javier Ugarte Guerra

Haydée Zenaida Azabache Caracciolo

## CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

Noviembre, 2011



## ÍNDICE

<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1: planteamiento del problema .....</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2 Contexto .....	6
Leonardo da Vinci.....	6
Pitágoras.....	7
Fidias.....	8
La sucesión Fibonacci .....	8
Fibonacci (Leonardo de Pisa).....	9
Le Corbusier.....	11
<b>Capítulo 2: solución matemática del problema .....</b>	<b>14</b>
2.1 Requisitos matemáticos para resolver el problema .....	14
Proporciones .....	14
Sucesiones.....	14
Algoritmos .....	14
Dimensiones humanas .....	15
2.2 Aplicación de los conceptos matemáticos .....	15
Proporción.....	16
Número Áureo.....	18
El Modulo.....	20
Sucesiones.....	22
<b>Capítulo 3: conclusiones.....</b>	<b>24</b>
3.1 El impacto en la arquitectura .....	24
3.2 El uso de la matemática .....	24
3.3 Importancia de las matemáticas en la formación del arquitecto. ....	25
<b>Bibliografía .....</b>	<b>26</b>

<b>Anexos .....</b>	<b>26</b>
Introducción: .....	26
Contexto: .....	27
Matemáticas:.....	30
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES .....</b>	<b>38</b>

## Introducción

La arquitectura y la evolución del hombre nacen casi conjuntamente, desde la primera cueva que se utilizó de *cobijo* hasta los muy complejos edificios con nanotecnología en la actualidad. A lo largo de la evolución de la arquitectura su carácter “funcional” ha ido tomando mayor importancia, ya que esta es una ciencia o arte destinado a facilitar la vida del hombre dándole las características necesarias al proyecto para que el usuario pueda desempeñarse libremente.

La arquitectura, como un medio funcional en el que se desenvuelve el hombre tiene que ser construido para otorgarle una dimensión espacial formal. Por este motivo es de suma importancia considerar la arquitectura como un medio medible en la realidad, y por ende desde su concepción debe ser pensada como una construcción medible.

El tema de investigación es **la construcción de relaciones numéricas aplicadas a la arquitectura**; en el cual se desarrollara la complejidad de la solución de composición arquitectónica a través de medidas que se encuentran en la naturaleza. La complejidad de las construcciones matemáticas realizadas por el hombre, tendrán una explicación, desde las más simples como la proporción hasta construcciones matemáticas complejas como la sucesión de Fibonacci. Soluciones dadas y generadas a partir del estudio de las matemáticas y las relaciones entre distintos elementos, para intentar llegar a un sistema de medidas universal.

A continuación se presentará el desarrollo de la investigación. En el primer capítulo se explicará la descripción del problema, su importancia y los personajes que influyeron en el tema, abarca desde Pitágoras hasta Le Corbusier. En el capítulo dos, se estudiará la relación con las matemáticas y a la vez se analizará su utilización en los distintos edificios arquitectónicos más representativos de distintas épocas. También se proponen conceptos que complementen la información como: proporciones, sucesiones, número áureo, algoritmos, y el modulator. Por último, en el capítulo tres, se darán las conclusiones donde se explicará el impacto en la arquitectura, el uso de las matemáticas y la importancia para la formación de los arquitectos y su capacidad de facilitar el desarrollo y desempeño del hombre.

## Capítulo 1: planteamiento del problema

### 1.1 Descripción del problema

El tema de investigación elegido es el estudio de **relaciones numéricas aplicadas a la arquitectura** a partir de los estudios realizados por Le Corbusier sintetizados en El Modulor; en el cual se desarrollara temas como el número de Oro, la Sucesión de Fibonacci; hasta llegar al muy conocido Modulor de Le Cobusier. Estos temas nos ayudarán a nutrir y completar la información del tema a desarrollar.

Las matemáticas son una herramienta del hombre a partir del cual facilitan procesos; como los de construcción, problemas estructurales, de composición, etc. Y desde la antigüedad el hombre se ha valido de las matemáticas para una mejor comprensión y acercamiento con lo que es la arquitectura, una materia construida.

Actualmente muchas innovaciones tecnológicas suplen nuestras funciones personales y reemplazan actividades para “simplificarnos la vida”, pero lo que aún no se ha podido lograr con este avance tecnológico, es poderle dar a la persona un lugar donde pueda concentrarse con ella misma, disfrutar de la naturaleza y tener un contacto espiritual. Esto es aun, tarea de la arquitectura, lograrlo realizar, es sentir que contribuimos con el futuro de la próximas generaciones. Tomar todo esto en consideración, para crear proyectos arquitectónicos; es tan importante en nuestros días, como esencial.

Teniendo en cuenta este contexto, nosotros nos vemos casi obligados a retomar las ideas más básicas para hacer arquitectura, en este caso el hombre es el ser fundamental; y nuestro tema elegido hace énfasis en él, ya que tiene por principio crear su propia escala y genera espacios, de acuerdo a estos. No existe mejor espacio, que el que dignifica al hombre. Muchas veces se cae en egocentrismos del autor que crea espacios, para ser mirados, halagados pero no vividos.

Últimamente la globalización y los medios de comunicación, cada vez más desarrollados, hacen que todos tengan información de todos, y esto en vez de ser un progreso para la arquitectura se vuelve una copia masiva de edificios “exitosos”, sin tener en cuenta el contexto local donde se realiza. “cuanto más se extiende la red electrónica por el mundo, más importancia pierde el concepto de lo local” (Ito, 2006).

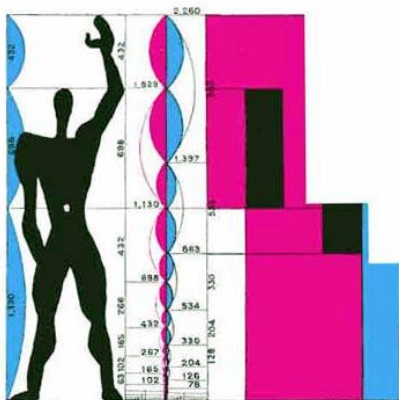
Nosotros también reafirmamos las condiciones y el entorno del ser humano, que cambia dependiendo la zona geográfica en el que se encuentre, en este caso el tema que elegimos, nos ayuda a tener en cuenta la naturaleza , sus componentes y formas para hacer arquitectura; tener

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

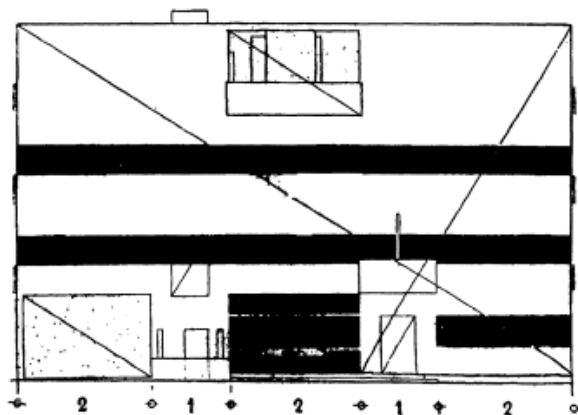
la información y aplicarla en un uso correcto nos ayudara a entender mejor la arquitectura. Esta idea se puede complementar con lo que dice Heidegger “El hombre es la medida en que habita”, debemos ser conscientes que la arquitectura cambia y afecta la forma de vivir a las personas.

Por último, la arquitectura actúa por un vocabulario tridimensional que involucra al hombre. Por otro lado la escultura actúa en tres dimensiones, pero el hombre permanece al exterior, separado, mirándolas desde fuera, la arquitectura por el contrario, es como una gran escultura excavada, en cuyo interior el hombre penetra y camina. (Zevi, 1998). Es decir, la escultura solo tiene tres dimensiones mientras que la arquitectura cuatro, esta última es el tiempo, tiempo que se recorre un espacio por las personas, tiempo para vivirlo y en cada parte del recorrido vemos en distintos ángulos de visión, esta distinta sucesión de ángulos de visión, es la cuarta dimensión. Muchos arquitectos pueden usar el ordenador para crear este tipo de “esculturas” y así ser reconocidos, lo ideal sería utilizarlo, pero no se debe de olvidar que uno trabaja para el hombre y que una necesidad primitiva de él, es la protección y el cobijo. Finalmente, la idea de proporción siempre estuvo presente en la arquitectura; pero Le Corbusier fue el primer arquitecto que lo estudio más detenidamente e incluso publicó su propio sistema de proporciones: El modulator.

Hacia 1943 Le Corbusier encarga a su colaborador Hanning un estudio sobre un posible enrejado de proporciones que sirva para encontrar medidas adecuadas, y que éstas se puedan tomar directamente, de manera visual, sin necesidad de pensar más, le dice: "Tome el hombre-con-el-brazo-levantado de 2.20 m. de alto, inscribalo en dos cuadrados superpuestos de 1.10 m., móntelo a caballo sobre los dos cuadrados y el tercer cuadrado que resulte le dará la solución. El lugar del ángulo recto debe ayudar a colocar el tercer cuadrado", no está improvisando, está resumiendo una vida de reflexiones acerca de la medida, los sistemas adoptados por las diversas culturas, la armonía, la proporción, etc.



**Imagen 1: MODULOR**  
Fuente : Carascafe. (2000)



**Imagen 2: El Modulor aplicado a la arquitectura**  
Fuente : The lowry, Michael Wilford Architects. (2003).

## 1.2 Contexto

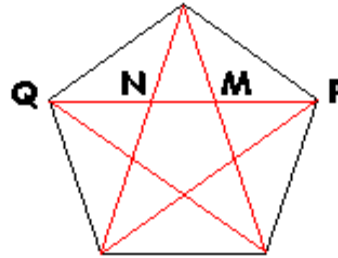
Comenzaremos a mencionar los personajes que estuvieron involucrados en cada concepto a desarrollar.

### Proporción áurea



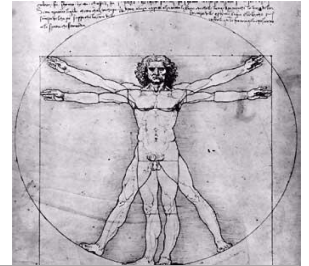
**PITÁGORAS**

(490 a.C. 431 a.C.)



**PITÁGORAS**

(c. 582-c. 500 a.C.)



**LEONARDO DA VINCI**

1452

**Imagen 3:** Línea de tiempo edificio.  
Fuente: Biografías y vidas (2004)

### **Leonardo da Vinci**

Nació en 1452 en la villa toscana de Vinci, a los catorce años, a ingresar como aprendiz en el taller de Andrea del Verrocchio, en donde, a lo largo de los seis años que el gremio de pintores prescribía como instrucción antes de ser reconocido como artista libre, aprendió pintura, escultura, técnicas y mecánicas de la creación artística.

En 1482 se presentó ante el poderoso Ludovico Sforza, el hombre fuerte de Milán por entonces, en cuya corte se quedaría diecisiete años como «pictor et ingenierius ducalis».

Resultó sobre todo fecunda su amistad con el matemático Luca Pacioli, fraile franciscano que en 1494 publicó su tratado de la *Divina proportione*, ilustrada por Leonardo. Ponderando la vista como el instrumento de conocimiento más certero con que cuenta el ser humano, Leonardo sostuvo que a través de una atenta observación debían reconocerse los objetos en su forma y estructura para describirlos en la pintura de la manera más exacta. De este modo el dibujo se convertía en el instrumento fundamental de su método didáctico, al punto que podía decirse que en sus apuntes el texto estaba para explicar el dibujo, y no éste para ilustrar a aquél, por lo que Da Vinci ha sido reconocido como el creador de la moderna ilustración científica.

## Pitágoras

Pitágoras obtuvo la proporción aurea a partir de la desintegración de una estrella pentagonal en segmentos cuyas partes eran proporcionales entre sí (sección aurea) de modo que si se tienen cuatro segmentos de línea proporcionales entre sí con la sección aurea, la sumatoria de las dos primeras secciones de línea es igual a la longitud del tercer segmento; así también sucederá al sumar la segunda con la tercera sección resultando iguales a la longitud del cuarto segmento.

Pitágoras (c. 582-c. 500 a.C.), filósofo y matemático griego, nació en la isla de Samos. Fue instruido en las enseñanzas de los primeros filósofos jonios Tales de Mileto, Anaximandro y Anaxímedes. Se dice que Pitágoras había sido condenado a exiliarse de Samos por su aversión a la tiranía de Polícrates. Hacia el 530 a.C. se instaló en Crotona, una colonia griega al sur de Italia, donde fundó un movimiento con propósitos religiosos, políticos y filosóficos, conocido como pitagorismo. La filosofía de Pitágoras se conoce sólo a través de la obra de sus discípulos.

Entre las amplias investigaciones matemáticas realizadas por los pitagóricos se encuentran sus estudios de los números pares e impares y de los números primos y de los cuadrados, esenciales en la teoría de los números. Desde este punto de vista aritmético, cultivaron el concepto de número, que llegó a ser para ellos el principio crucial de toda proporción, orden y armonía en el universo. A través de estos estudios, establecieron una base científica para las matemáticas. En geometría el gran descubrimiento de la escuela fue el teorema de la hipotenusa, conocido como teorema de Pitágoras, que establece que el cuadrado de la hipotenusa de un triángulo rectángulo es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados.



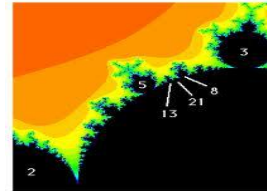
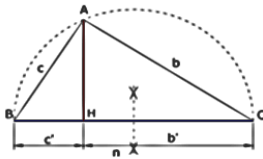
# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

## Fidias

El número de Oro, o (FI) en memoria del escultor griego Fidias, es un número irracional que está presente en la naturaleza, el cuerpo humano y en ciertas figuras geométricas pero no como una “cifra” sino como proporción o relación entre dos magnitudes medibles. Aparece a lo largo de la historia en pinturas, formación de caracolas, distribución y crecimiento de las plantas y de la relación entre las partes del cuerpo humano.

Es el más famoso de los escultores de la Antigua Grecia, pintor y arquitecto, perteneciente al primer clasicismo griego. Fidias diseñó las estatuas de la diosa Atenea en la Acrópolis de Atenas (*Atenea Partenos* dentro del Partenón y *Atenea Promacos*) y la colosal estatua sentada de Zeus en Olimpia. Las obras atenienses fueron aparentemente encargo de Pericles en 447 a. C. Es posible que Pericles usase el dinero de la Liga de Delos para pagarle, si bien esto no es seguro.

## La sucesión Fibonacci



<b>Euclides</b> (330 a.C. - 275 a.C.)	<b>Fibonacci (Leonardo de Pisa)</b> (1180- 1250)
------------------------------------------	-----------------------------------------------------

**Imagen 4:** Línea de tiempo edificio.  
Fuente: Eresmas (2009)

En el año 1135 matemáticos hindúes, descubrieron una sucesión matemática la cual, consistía en una secuencia de números enteros que fue descrita por primera vez en Europa gracias a Fibonacci (Leonardo de Pisa). Fue uno de los matemáticos más importantes de la Edad Media e hizo contribuciones a la aritmética, al álgebra y a la geometría.

## Fibonacci (Leonardo de Pisa).

Matemático italiano que difundió en Occidente los conocimientos científicos del mundo árabe, los cuales recopiló en el *Liber Abaci (Libro del ábaco)*. Popularizó el uso de las cifras árabes y expuso los principios de la trigonometría en su obra *Practica Geometriae (Práctica de la geometría)*.

Leonardo de Pisa, más conocido como Fibonacci, jugó un importante papel en la introducción del sistema de numeración posicional que actualmente se utiliza en Europa. El apodo de Guglielmo, padre de Leonardo, era Bonacci (simple o bien intencionado). Leonardo recibió póstumamente el apodo de Fibonacci (por Filius Bonacci, hijo de Bonacci).

Se le conoce sobre todo por la invención de la sucesión que lleva su nombre, surgida como consecuencia del estudio del crecimiento de las poblaciones de conejos.

En 1220 dio a luz *Práctica de la geometría*, donde figuran una introducción vinculada a las proposiciones fundamentales de Euclides, reglas para la medida de longitudes, áreas y volúmenes y la división de las figuras, y las demostraciones de tales normas, con aplicaciones concretas y desarrollos de cálculo que constituyen un útil complemento de la obra anterior. Siguiendo el ejemplo de los maestros griegos, Leonardo Pisano modeló esta obra al estilo de los *Elementos* de **Euclides**, y enseñando los procedimientos a seguir cuando se quiere medir una superficie o un volumen o dividir una figura dada en partes sujetas a condiciones propuestas, acompañó siempre su enseñanza con demostraciones y cálculos debidamente desarrollados, a fin de poner de relieve que habla realizado investigaciones semejantes a las contenidas en la *Métrica* de **Herón de Alejandría**.

## **Euclides**

(330 a.C -275 a.C) Matemático griego. Poco se conoce a ciencia cierta de la biografía de Euclides, pese a ser el matemático más famoso de la Antigüedad. Es probable que Euclides se educara en Atenas, lo que explicaría con su buen conocimiento de la geometría elaborada en la escuela de Platón, aunque no parece que estuviera familiarizado con las obras de Aristóteles.

El nombre de Euclides está indisolublemente ligado a la geometría, al escribir su famosa obra Los Elementos. Este es el libro más famoso de la Historia de la Matemática. Esta obra está constituida por trece libros, cada uno de los cuales consta de una sucesión de teoremas y en él se exponen las bases esenciales de la geometría.

## Le Corbusier

Le Corbusier, arquitecto francés de origen suizo cuyo nombre fue Charles-Edouard Jeanneret, nació el 6 de octubre de 1887 en La Chaux-de-Fonds. Junto a Walter Gropius, fue el principal protagonista del renacimiento arquitectónico internacional del siglo XX.

A los catorce años, fue admitido en la Escuela de Arte de La Chaux-de-Fonds, ya que mostró un gran talento para el dibujo en especial para la formación de grabadores y operarios de la industria relojera. Un profesor suyo, L'Eplattenier, ayudó a fomentar en el joven Jeanneret el interés por la arquitectura, al frecuentar los cursos de la nueva sección de la escuela dedicada a la escultura y a la pintura mural.

A principios de 1916, por primera vez utiliza el espacio interior como un generador de la forma exterior, en franca oposición con la decoración Ruskiniana, que solo le daba prioridad a la naturaleza formal y armonía compositiva de las fachadas. También estrena una estructura de concreto armado, que soporta todo el peso del edificio, permitiéndole jugar mucho más con el espacio. Gracias a esto, es el blanco de burlas y críticas del mundo académico, es tildado de hereje de la arquitectura y hasta abren un juicio legal en su contra. Con todos estos ataques, se ve abrumado y se despide de su pueblo natal y emigra a Francia definitivamente.

Ya en París, trabajó durante quince meses en el estudio de Auguste Perret, arquitecto pionero en la técnica de construcción en hormigón armado. A continuación viajó a Alemania para estudiar las tendencias arquitectónicas de ese país. Allí trabajó en la oficina de Peter Behrens, donde se estima que puede haber coincidido con Ludwig Mies van der Rohe y Walter Gropius, quienes también trabajaron ahí en esa época. Visitó también Estados Unidos, donde se familiarizó con la obra de Frank Lloyd Wright, que por aquel entonces comenzaba a ser apreciada en Europa. Realizó muchos viajes formativos donde, aclara sus ideas sobre la importancia de la aplicación de la geometría en el arte y la arquitectura. Llega a esta conclusión, después de ver el Partenón en la Acrópolis Griega.

En 1922 se asoció con su primo Pierre Jeanneret y entonces comenzó una lucha (de varias décadas) por una arquitectura que habría de ser la expresión de nuestro tiempo y no un plagio de las culturas pasadas. Sus estudios de arquitectura y urbanismo los presentó en su Plan para una ciudad contemporánea de 3 millones de habitantes, que contiene ya todos los elementos del urbanismo moderno.

En 1940, poco después del principio de la guerra, Le Corbusier deja París y se traslada a la zona libre, donde se dedica principalmente a la pintura y a estudios teóricos como El Modulor.

**Imagen 5:** Charles-Edouard Jeanneret  
Fuente : Biografías y vidas (2004)



## El Modulor

Le Corbusier escribió varios libros en los que expuso sus ideas en forma complementaria a sus propios proyectos. La Segunda Guerra Mundial redujo sus posibilidades de proyectar, lo que hizo que dedicara más atención a la teoría. Entre los años 1942 y 1948 desarrolló el Modulor, un sistema de medidas en el que cada magnitud se relaciona con las demás según la Proporción Áurea (también conocida como Sección Áurea) y a la vez se corresponde con las medidas del cuerpo humano. El Modulor es aplicable al diseño funcional y estético en arquitectura.

Con el Modulor Le Corbusier retomó el antiguo ideal de establecer una relación directa entre las proporciones de los edificios y las del hombre. El libro se publicó en 1950 y, tras el éxito obtenido, le siguió el Modulor 2 en 1955. En este último las medidas se adaptan al tipo latino (aprox. 1.72 metros de estatura) mientras que el anterior se basaba en el tipo sajón (1.82 m).

La Unidad Habitacional de Marsella fue el terreno en el que el Modulor fue puesto a prueba. La primera casa proyectada y construida luego de la Segunda Guerra Mundial, y la primera basada en la aplicación del Modulor, es la Casa Curutchet, en La Plata, Argentina. Ello otorga a esta obra una relevancia enorme en el estudio de estas creaciones de Le Corbusier. De hecho, se las considera, cada una en su escala, puntos de articulación entre las villas heroicas (cuyo ejemplo culmine es la Villa Savoye) previas a la Segunda Guerra y toda la obra posterior.

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

Algunas obras importantes:



**Imagen 6:** Villa Savoye  
Fuente: Anónimo. (2002)



**Imagen 7:** Capilla de Nuestra Señora  
del Alto (Ronchamp)  
Fuente : Anónimo. (2002)



**Imagen 8:** Museo y Galería de arte  
(Chandigarh, India)  
Fuente: Anónimo. (2002)



**Imagen 9:** La Unidad Habitacional de  
Marsella  
Fuente: Anónimo. (2002)

## Capítulo 2: solución matemática del problema

### 2.1 Requisitos matemáticos para resolver el problema

Los conocimientos básicos para la resolución e interpretación las construcciones de relaciones numéricas como herramienta arquitectónica se basa en comprender como se pueden generar sistemas de medias a partir de ecuaciones o postulados matemáticos básicos.

De esta forma podemos enumerar ciencias afines que ayuden a la comprensión del modulator y su aplicación en la arquitectura, como por ejemplo las proporciones, sucesiones, algoritmos, dimensiones humanas, etc.

A continuación se mostrara como estas teorías se aplican al problema.

#### Proporciones

Proporción aurea: Con el Modulator Le Corbusier retomó el antiguo ideal de establecer una relación directa entre las proporciones de los edificios y las del hombre. Obras: unidad habitacional de Marsella, mansión Curutchet.

Estas obras son representativas para Le Corbusier debido a que en ellas se muestra el aporte del modulator como herramienta de diseño.

#### Sucesiones

Debido al estrecho vínculo entre el numero áureo y el modulator, es que se le considera a este requisito matemático como primario en el desarrollo del problema, las proporciones y números que genera el modulator tanto como europeo y latino, son consideradas sucesiones, crecientes y que gráficamente también generan una curva ascendente.

#### Algoritmos

En el campo de la matemática, y con este tema en especial, esto se conoce como la aritmética modular, consiste en un sistema de fórmulas que soluciona el problema. Por ejemplo:

La división gracias a que  $m$  (modulo) es la multiplicación o la prueba de la división) nos da

$$3m \equiv 1 \pmod{11}$$

El  $m$  más pequeño que resuelve esta congruencia es 4; así pues, el multiplicador modular inverso de 3 (mod 11) es 4. Sin embargo, otro  $m$  que resuelve la congruencia es 15 (fácilmente determinable sumando  $p$  al inverso obtenido).

## Dimensiones humanas

Este tema inicia desde el dibujo conocido como el hombre de Vitrubio, pintura en donde se inscribe un cuerpo humano en una circunferencia, de manera que lo hace simétrico y proporcional, luego a partir de ello Le Corbusier inventa el modulator, el cual está dibujado con un brazo elevado, lo que significa que se encuentra inscrito en un rectángulo vertical, en la que se aprovecha las dimensiones humanas en toda su magnitud, evidenciando su uso en la arquitectura.

De esta manera es que a partir de esta lógica generada por Le Corbusier, que se crea la sección aurea, la sucesión de Fibonacci, y el número de oro.

## 2.2 Aplicación de los conceptos matemáticos

La arquitectura es una obra material plasmada en la realidad lo cual infiere que su geometría pueda ser medible cuantitativamente. Es decir, la arquitectura son formas materiales que se pueden medir en un sinnúmero de unidades. Si bien puede ser medida en centímetros, metros, pies, barras...etc., es esencial entender que es más importante para concebir la arquitectura la relación cuantitativa existente entre las partes de un objeto.

Es por eso que a partir de la idea de las relaciones entre las partes de un objeto arquitectónico, nacen una serie de maneras con respecto a este tipo de acercamiento hacia maneras de concebir y moldear arquitectura. Es así que podemos encontrar los conceptos de proporción, sucesiones; siendo estas las más elementales a partir de la cual se han creado teorías algo más complejas como la proporción aurea, El Modulator y las sucesiones de Fibonacci.

Estos conceptos y teorías podemos aplicarlas de varias maneras para la creación de objetos arquitectónicos; siendo en su mayoría los ejemplos históricos aplicados a la estética misma del objeto. Sin embargo, nos parece que estos conceptos matemáticos aplicados a las construcciones arquitectónicas le infieren un mayor valor puesto que le dan un sustento objetivo en relación al ordenamiento de las medidas de sus partes. Además, se pueden aplicar estos conceptos matemáticos no solo a soluciones estéticas sino a soluciones como pueden ser por ejemplo soluciones estructurales, de construcción, etc. al analizar a fondo y entender las propiedades inscritas dentro de estas teorías.



# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

## Proporción

### Concepto:

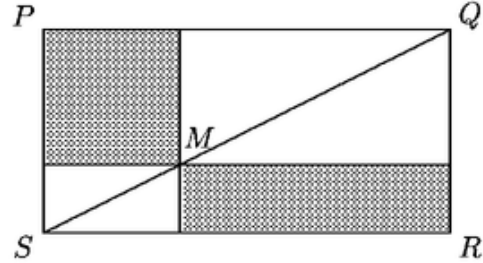
La proporcionalidad es una relación entre magnitudes medibles, a partir de las cuales se obtiene una razón. Murrias (2001) afirma que "una proporción es una igualdad entre dos razones, y aparece frecuentemente en notación fraccionaria. Por ejemplo:  $2/5 = 6/15$ ". Por lo cual puede ser aplicada de una manera muy intuitiva y por lo tanto su uso no se limita a analizar las medidas de los objetos. La proporcionalidad directa es un caso particular de las variaciones lineales. El factor constante de proporcionalidad puede utilizarse para expresar las relaciones entre las magnitudes las cuales pueden ser áreas, volúmenes, etc.

En la imagen 10 se muestran dos rectángulos de color blanco cuyas áreas son proporcionales entre sí y en relación con el rectángulo formado por los puntos PQRS.

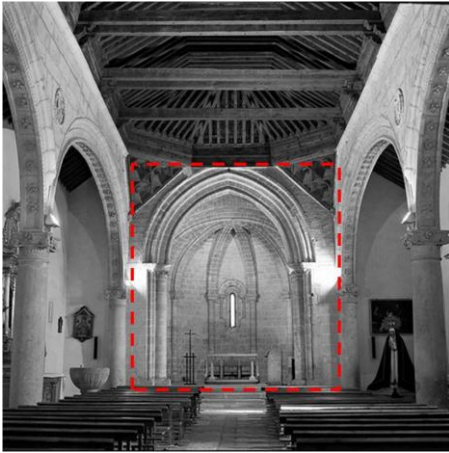
Cuando se habla de proporción en arquitectura también hablamos de escala. La escala es una relación numérica con exactitud matemática, que permite comparar el tamaño de un elemento constructivo con respecto a otro de dimensiones ya establecidas.

Entonces la proporción y la escala van relacionadas directamente en la arquitectura ya sea desde el volumen final de los edificios, la estructura, la espacialidad o incluso del diseño estético interior. La diferencia entre ambos conceptos es que la escala es una proporción. Sin embargo, la escala se puede entender como una relación de magnitudes entre un objeto y alguna referencia. Ya puede ser la escala de un edificio frente a la magnitud de su entorno, como por ejemplo la escala que adquiere un edificio dentro de una zona de edificios de 2 a 3 pisos. O por otro lado la escala que adquiere una iglesia frente al tamaño de las personas, que es aquello que le atribuye su carácter.

**Imagen 10: Proporción**  
**Fuente: El rectángulo áureo (2010)**



## CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA



**Imagen 11:** Iglesia renacentista  
Fuente: Anónimo (2010)



**Imagen 12:** Iglesia Gótica  
Fuente: Pieters Neefs.(2011)

En las dos imágenes 11 y 12 se puede apreciar como la proporción existente entre los lados del rectángulo que se puede proyectar en el espacio cambia completamente la espacialidad de los espacios, influyendo en las sensaciones percibidas, etc.

## Número Áureo

Fran (2006), dice del número áureo "... es una constante matemática descubierta por los antiguos griegos como una proporción o relación entre partes de un cuerpo o cuerpos, que podemos encontrar en la naturaleza."

### **Concepto:**

El valor numérico de  $F$  es de 1,618... .  $F$  es un número irracional como  $\pi$ , es decir, un número decimal con infinitas cifras decimales sin que exista una secuencia de repetición que lo convierta en un número periódico. A diferencia del número  $\pi$ , el número áureo se obtiene de la resolución de una ecuación polinómica, según Ignacio Langarita Felipe (2011).

Aparece repetidamente en el estudio del crecimiento de las plantas, la formación de caracolas y por supuesto en algunas manifestaciones artísticas diferentes.

"La sección áurea es la división armónica de un segmento en media y extrema razón. Es decir, que el segmento menor es al segmento mayor, como este es a la totalidad. De esta manera se establece una relación de tamaños con la misma proporcionalidad entre el todo dividido en mayor y menor. Esta proporción o forma de seleccionar proporcionalmente una línea se llama proporción áurea.

En resumen:

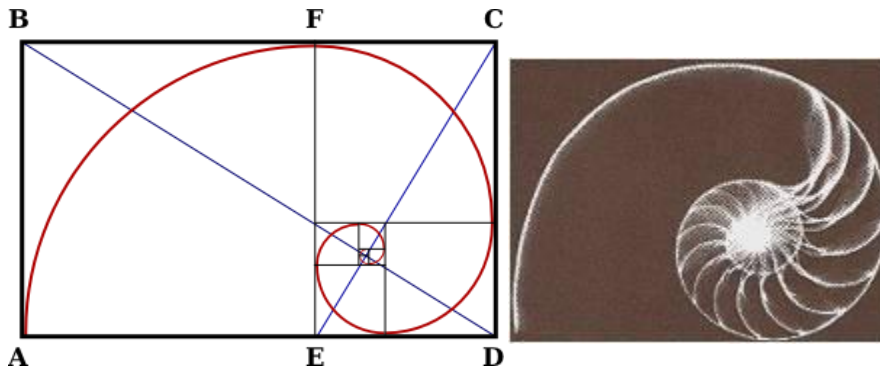
Cualquier potencia del número áureo puede ser considerada como el elemento de una sucesión recurrente de órdenes  $2, 4, 6, 8, \dots, 2k$ ; donde  $k$  es un número natural. En la fórmula recurrente es posible que aparezcan potencias negativas de  $\Phi$ , hecho totalmente correcto. Además, una potencia negativa de  $\Phi$  corresponde a una potencia positiva de su inverso, la sección áurea.

Este curioso conjunto de propiedades y el hecho de que los coeficientes significativos sean los del binomio, parecieran indicar que entre el número áureo y el número  $e$  hay un parentesco.

Ejemplos:

Ejemplos de rectángulos áureos los podemos encontrar en las tarjetas de crédito, DNI, cajetillas de cigarro; en los cuales los lados de sus figuras se encuentran en proporción áurea.

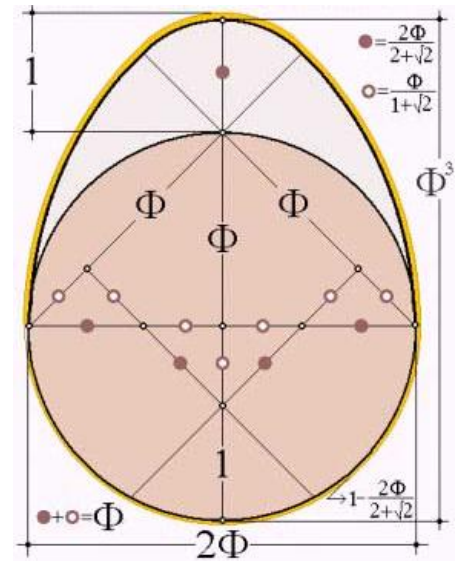
En la naturaleza, aparece la proporción áurea también en las medidas del crecimiento de las plantas, la distribución de las hojas en un tallo, así como las dimensiones existentes entre las partes de diferentes seres vivos como por ejemplo en la formación de la espiral de una caracola.



**Imagen 13:** Numero áureo en un caracol  
 Fuente: Junta de Andalucía. (2001)

En imagen 13 se plasma la Proporción áurea existente entre rectángulos los cuales al ser escalados y adosados constantemente generan una figura con forma de espiral.

El número áureo también se puede encontrar en la construcción de parábolas como podemos apreciar en la imagen 14 sobre la cascara de huevo y la creación geométrica de sus arcos. Esta proporción es la que le confiere mayores propiedades de resistencia estructural a los elementos que son configurados teniendo en cuenta esta imagen de parábola. Por ejemplo la cascara de huevo es una estructura natural muy esbelta y resistente puesto que se encuentra en su constitución una serie de construcciones teniendo en cuenta las proporciones áureas.



**Imagen 14:** geometría de un huevo  
 Fuente: Anónimo (2008)

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

## El Modulor

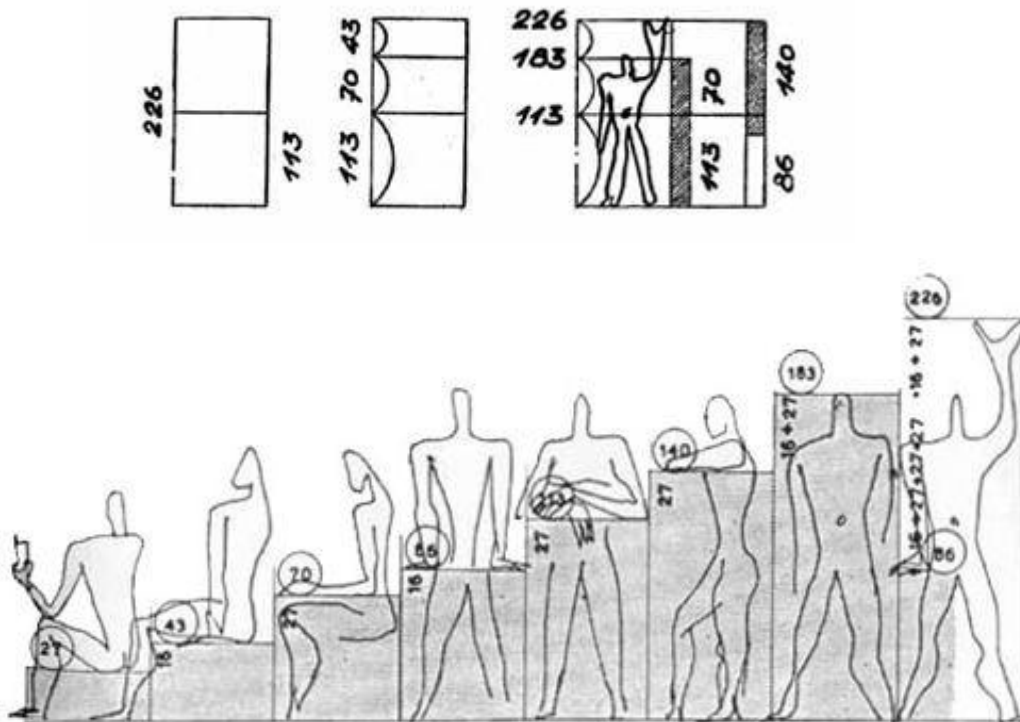
### Concepto:

Le Corbusier encontró en las medidas del cuerpo humano relaciones proporcionales con razón aurea a partir del cual creó un sistema de medidas del cuerpo al cual bautizó con el nombre de Modulor.

La primera presentación del Modulor se basa en 3 medidas básicas 113, 70, 43 cm que relacionadas con el numero áureo da 183cm que es la altura de un hombre promedio EUROPEO que con el brazo elevado es 226cm. Y después, en 1950 adaptó este sistema de medidas a la altura del hombre latino promedio: 1.72 m. Dos ejemplos de la aplicación de ambos sistemas de medidas so la Unidad Habitaciones de Marsella y la casa Curuchet, respectivamente.

**Imagen 15:** Modulor I (europeo)

Fuente: Anónimo (2008)



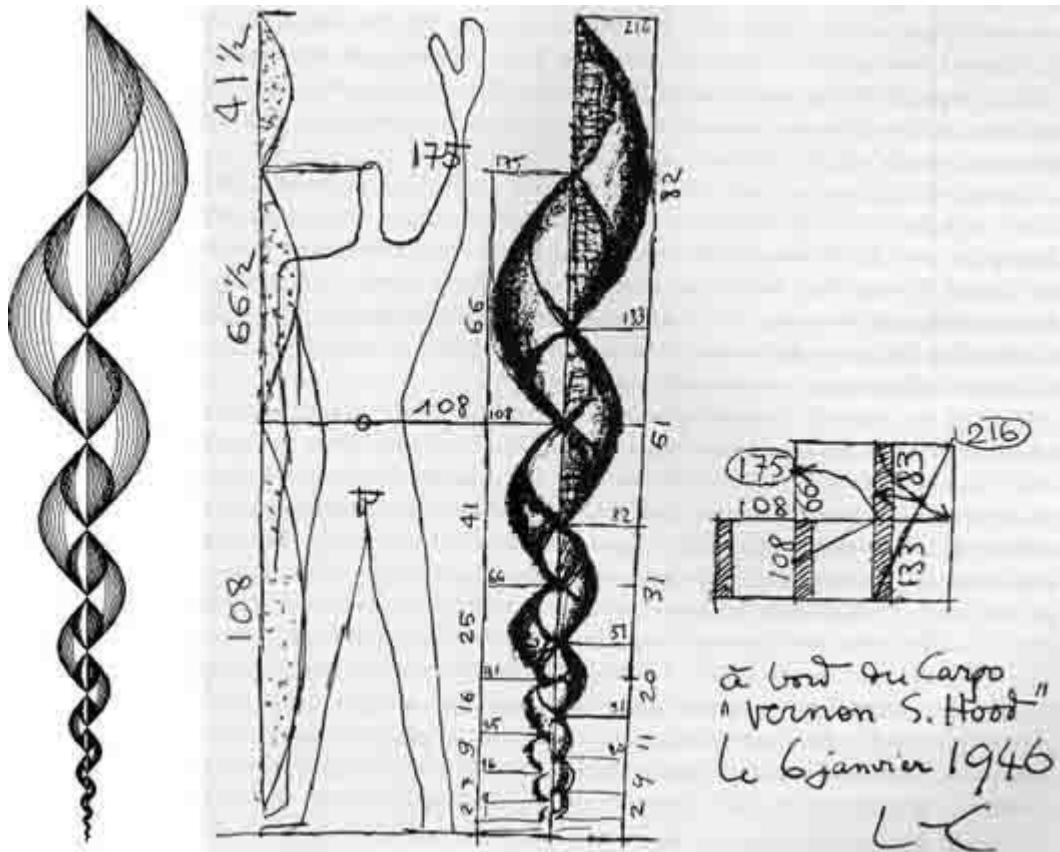


Imagen 16: Modulor II (latino)

Fuente: Anónimo (2008)

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

## Sucesiones

### Concepto:

La definición de sucesiones es una aplicación definida sobre los números naturales. Sin embargo, las sucesiones son secuencias de números ordenados a partir de una lógica que pueden llegar a ser infinita. En definitiva se puede decir que una sucesión es una función de donde solo se obtienen números naturales.

Las sucesiones pueden ser crecientes si el primer valor es menor al segundo valor o decrecientes si se da el caso inverso. Por otro lado, teniendo en cuenta que son una sucesión infinita de números tienden a un límite ya sea 0 o + Inf. Como por ejemplo si la sucesión es decreciente y la función es una división, los valores tenderán a acercarse cada vez más al 0.

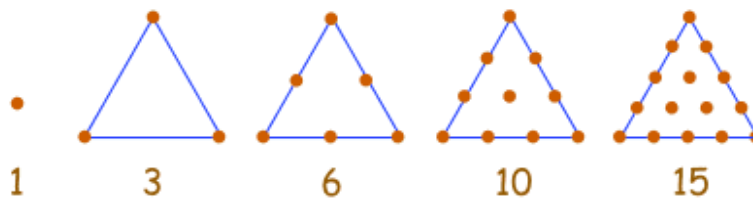
Por ejemplo:

En el siguiente gráfico se demuestra la conformación de formas o figuras geométricas, las cuales nos dan ideas que las sucesiones son más que una secuencia de números. Un ejemplo:

1, 3, 6, 10, 15, 21, 28, 36, 45,...

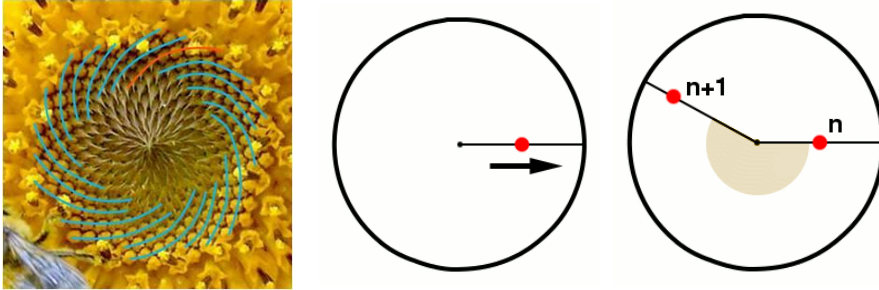
Esta sucesión se genera con un patrón de puntos que forma un triángulo.

Añadiendo otra fila de puntos y contando el total se encuentra el siguiente número de la sucesión. El cual se puede aplicar en la creación de grandes superficies de cubiertas u otros objetos a construir de tal manera que se utilicen sucesiones de una misma forma como en el caso del triángulo que se muestra a continuación.



**Imagen 17:** sucesiones triangulares  
Fuente: I.E.S Mar De Alboran.(2009)

Otro ejemplo de construcción a partir de sucesiones se encuentra en la estructura constitutiva de los girasoles, como se aprecia en la imagen 18.



**Imagen 18:** Composición de los girasoles  
Fuente: Taringa.(2009)



## Capítulo 3: conclusiones

### 3.1 El impacto en la arquitectura

La arquitectura como es un medio material medible habitado por el hombre. Esta condición de pertenecer a un ámbito espacial, es causante de que efectivamente las construcciones de relaciones numéricas hayan estado presente a la par de la historia de la arquitectura siendo utilizadas en ella de muchas maneras.

Por este motivo, no se puede precisar un impacto puntual de la aplicación de las relaciones numéricas en la arquitectura puesto que se han aplicado y desarrollado a la par con la arquitectura. Sin embargo, se puede afirmar que el impacto del uso de las construcciones de relaciones numéricas ha sido posibilitar el desarrollo de la arquitectura de diversas maneras como por ejemplo facilitando la realización de soluciones espaciales complejas a partir de problemas matemáticos sencillos.

### 3.2 El uso de la matemática

La construcción de sistemas de relaciones numéricas se ha aplicado a la arquitectura a lo largo de la historia de diversas maneras. Las relaciones numéricas se han aplicado en la arquitectura sobre todo para lograr soluciones relacionadas al ámbito espacial medible de la arquitectura.

Las relaciones numéricas se han utilizado en la arquitectura desde la antigüedad para encontrar patrones que le posibiliten al hombre ordenar las construcciones que realiza, como por ejemplo es el caso de las proporciones. De esta manera se encontraba un orden matemático que facilitaba la construcción del edificio de una mejor manera, e incluso se encontraba una razón estética, como es el caso del número áureo. Por otro lado, otro tipo de relaciones numéricas utilizadas en soluciones arquitectónicas es el Modulor de Le Corbusier, el cual consiste en generar sistemas de medidas a del cuerpo humano a partir de módulos; los cuales le brindan un mayor confort y serán utilizados en el edificio. Por último, las construcciones de relaciones matemáticas se ha utilizado en la arquitectura sobre todo para posibilitar el desarrollo y construcción de edificios con formas que pueden ser mucho más complejas por los nuevos sistemas de relaciones de medidas que se utilizan como la sucesión de Fibonacci.

En definitiva, las relaciones numéricas se han aplicado en la arquitectura de diferentes maneras desde las más simples a las más complejas. Sin duda cada una de ellas es particular, sin embargo se puede concluir que en general todas han sido utilizadas para darle un orden a los edificios a construir ya sea estético, constructivo, estructural, etc. Las construcciones de relaciones

numéricas son una manera de ordenar la arquitectura espacialmente a partir de ecuaciones matemáticas simples.

### 3.3 Importancia de las matemáticas en la formación del arquitecto.

*“Toda creación arquitectónica es geometría”*

Las matemáticas juegan un rol importante en la formación de un arquitecto debido a la condición material medible de la arquitectura. **Las matemáticas** desde esta perspectiva **permiten que el edificio sea realizable** de muchas maneras; ayudando a otorgarle un amplio número de soluciones desde el punto de vista estético, estructural, etc. siendo en general todas relacionadas a buscar un orden.

Para generar arquitectura es necesario conocer los componentes espaciales y las formas de las superficies. Las matemáticas son una herramienta de aplicación directa para que el arquitecto pueda llegar al diseño y lo seguirá siendo después de su concepción para llevarlo a la realidad. El arquitecto no solo es un artista sino que construye a partir de ciertas lógicas matemáticas y cálculos.

La arquitectura es un medio habitado por el hombre, y las matemáticas son una herramienta a utilizar para resolver problemas relacionados a la arquitectura. Y su importancia reside en ser una herramienta para la arquitectura. Siendo una herramienta que le otorga soluciones relacionadas al ámbito material medible de la arquitectura permite que la arquitectura a su vez desarrolle nuevos tipos de problemas para el cual tengan que buscar otro tipo de soluciones a partir de aplicar conceptos matemáticos a la arquitectura. Las matemáticas aplicadas a la arquitectura solucionan problemas arquitectónicos, y el arquitecto a su vez debe buscar nuevas maneras de solucionar problemas matemáticos a partir de la arquitectura.

## Bibliografía

### Anexos

#### BIBLIOGRAFÍA GENERAL

#### Introducción:

- ITO, T. (2006) *Arquitectura de límites difusos*. Barcelona: Gustavo Gili

En este libro Toyo Ito reflexiona sobre el concepto de espacio en la arquitectura del siglo XXI: por una parte hereda el movimiento la geometría del movimiento moderno, y a su vez, hace eco en las nuevas tecnologías. El cuestionamiento mayor que tiene Ito, es sobre la arquitectura actual que refleja el alejamiento del contexto local, debido a las redes electrónicas.

- Zevi, B. (1996) *Saber ver la arquitectura: ensayo sobre la interpretación espacial de la Arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili

El libro de Bruno Zevi se ve a la arquitectura como un arte que se utiliza, y ahí la importancia del interior de las obras y la importancia del espacio. El espacio no es solo un vacío, es también un instrumento generador de arquitectura, generar espacios, es la tarea más importante de la arquitectura. Podemos decir entonces, que la arquitectura es el arte del espacio.

#### Fuente De Imágenes

#### **Imagen Carátula**

- Arquitectura Arkinetia.(2009) "MODULOR RESEÑA" . Recuperado el 25 de Septiembre del 2011, de <http://arkinetia.com/Breves/art449.aspx>

Descripción teórica del origen y el origen del modulator como herramienta arquitectónica.

#### **Imagen 1: Modulator**

- Carascafe. (2000) "QUE ES EL MODULOR?"  
En: <http://www.carascafe.net/modulor/2000/03/05/%C2%BFque-es-el-modulor/> Último acceso: 25/09/2011

Descripción teórica del origen y el origen del modulator como herramienta arquitectónica.

## Imagen 2: Modulor aplicado a la arquitectura

- The lowry, Michael Wilford Architects. (2003). "VIDA Y OBRA DE LE CORBUSIER" En: [http://www.arquitectura.com/historia/protag/corbu/corbu\\_1/corbu\\_1.asp](http://www.arquitectura.com/historia/protag/corbu/corbu_1/corbu_1.asp) Último acceso: 18/10/2011

### Contexto:

- Biografías y vidas (2004) "LEONARDO DAVINCI" en: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/leonardo>. Último acceso: 13/11/2011

La página narra la bibliografía del personaje que se busque.

- Biografías y vidas (2004). "FIDIAS" en: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/fidias.htm> Último acceso: 13/11/2011

La página narra la bibliografía del personaje que se busque.

- Ignacio A. Langarita Felipe. "EL NÚMERO DE ORO" En: <http://rt000z8y.eresmas.net/El%20numero%20de%20oro.htm> Último acceso: 18/10/2011

Descripción del número áureo relacionado a Pitágoras.

- Junta de Andalucía. "NÚMERO DE ORO" En: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos\\_informaticos/concurso2002/alumnado/quees.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/concurso2002/alumnado/quees.html) Último acceso: 16/09/2011

Preguntas comunes acerca del número de oro, historia y origen

- Manuel Franco Taboada. (2005) "EL MODULOR DE LE CORBUSIER" En: [http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5278/1/ETSA\\_20-6.pdf](http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5278/1/ETSA_20-6.pdf) Último acceso: 18/10/2011

Este archivo muestra e origen, forma y desarrollo del modulor creado por Le Corbusier

- Biografías y vidas (2004) "LEONARDO FIBONACCI" en: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/> Último acceso: 13/11/2011

La página narra la bibliografía del personaje que se busque.

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

- Biografías y vidas (2004) "PITÁGORAS" en [:http://www.biografiasyvidas.com/biografia/](http://www.biografiasyvidas.com/biografia/) Último acceso: 13/11/2011  
La página narra la bibliografía del personaje que se busque.
- The Lowry, Michael Wilford Architects. (2003) "VIDA Y OBRA DE LE CORBUSIER" En: [http://www.arquitectura.com/historia/protag/corbu/corbu\\_1/corbu\\_1.asp](http://www.arquitectura.com/historia/protag/corbu/corbu_1/corbu_1.asp) Último acceso: 18/10/2011  
La página narra brevemente los inicios del arquitecto Le Corbusier, su obra, sus tendencias arquitectónicas y su aporte a la arquitectura, en los que destaca claramente el concepto del modulator
- Wikipedia.(2011) "PARTENÓN"  
En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Parten%C3%B3n> Último acceso: 18/10/2011  
Reseña de la historia y las características arquitectónicas de la obra griega.
- Arte España. (2007)"ARQUITECTURA GRIEGA"  
En: <http://www.arteespana.com/arquitecturagriega.htm> Último acceso: 18/10/2011  
Historia y descripción de la arquitectura griega y obras más representativas de la época.
- Ignacio A. Langarita Felipe. "EL NUMERO DE ORO" (2005)  
En: <http://rt000z8y.eresmas.net/El%20numero%20de%20oro.htm> Último acceso: 18/10/2011  
Historia del número áureo, desarrollo matemático y grafico del mismo.
- Matemáticas Educativas.(2004) "FIBONACCI Y EL NUMERO DE ORO"  
En: <http://www.iescarrus.com/edumat/ficheros/pdf/taller/numaureo.pdf> Último acceso: 25/09/2011  
Definición en base a problemas resueltos de Fibonacci con el número áureo.
- Arqique. (2002) "MUSEO DE ARTE FORT WORTH" En: <http://arquique.info/ando/andofw.html> Último acceso: 04/10/2011  
Breve reseña de las características arquitectónicas e históricas del museo.
- Arqchile.Cl (2001)."TADAO ANDO: POESÍA DE HORMIGÓN" En: [http://www.argchile.cl/tadao\\_ando.htm](http://www.argchile.cl/tadao_ando.htm) Último acceso: 11/09/2011

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

El artículo narra la época en donde el arquitecto Ando crea obras que en su gran magnitud son hechas de hormigón como material principal de las mismas, describe una serie de obras a lo largo de su carrera de diseñador.

Fuente de imágenes

## **Imagen 3: línea de tiempo (Proporción Aurea)**

- Biografías y vidas (2004) "LEONARDO DAVINCI" en: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/leonardo>. Último acceso: 13/11/2011
- Biografías y vidas (2004). " FIDIAS " en :<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/fidias.htm> Último acceso: 13/11/2011
- Ignacio A. Langarita Felipe. "EL NÚMERO DE ORO" En: <http://rt000z8y.eresmas.net/El%20numero%20de%20oro.htm> Último acceso: 18/10/2011

## **Imagen 4: Línea de tiempo (Sucesión Fibonacci)**

- Biografías y vidas (2004) "LEONARDO FIBONACCI" en :<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/> Último acceso: 13/11/2011
- Eresmas (2009) <http://rt000z8y.eresmas.net/El%20numero%20de%20oro.htm> 13/11/2011

## **Imagen 5: Charles-Edouard Jeanneret**

- Biografías y vidas (2004) "LE COBUSIER" en:<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/> Último acceso: 13/11/2011

## **Imagen 6: Villa Savoye**

- Anónimo. (2002). LOS CINCO PUNTOS DE LA ARQUITECTURA en: <http://www.slideshare.net/Divago/los-5-puntos-lecorbusier>. Último acceso: 13/11/2011

## **Imagen 7: Capilla de Nuestra Señora del Alto (Ronchamp)**

- Anónimo. (2002). LOS CINCO PUNTOS DE LA ARQUITECTURA en: <http://www.slideshare.net/Divago/los-5-puntos-lecorbusier>. Último acceso: 13/11/2011

## **Imagen 8: Museo y Galería de arte (Chandigarh, India)**

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

- Anónimo. (2002). LOS CINCO PUNTOS DE LA ARQUITECTURA en: <http://www.slideshare.net/Divago/los-5-puntos-lecorbusier>. Último acceso: 13/11/2011

## Imagen 9: La Unidad Habitacional de Marsella

- Anónimo. (2002). LOS CINCO PUNTOS DE LA ARQUITECTURA en: <http://www.slideshare.net/Divago/los-5-puntos-lecorbusier>. Último acceso: 13/11/2011

## Matemáticas:

### Proporciones

- I.E.S Mar De Alboran.(2009) "TRIÁNGULOS SEMENJANTES"  
En: [http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Semejanza\\_de\\_tri%C3%A1ngulos](http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Semejanza_de_tri%C3%A1ngulos) Último acceso: 25/09/2011

Muestra en concepto como se originan los triángulos semejantes, sus características, propiedades y aplicaciones.

- Enciclopedia Descartes.(2000) "PROPORCIONALIDAD GEOMÉTRICA"  
En: [http://descartes.cnice.mec.es/Descartes1/4a\\_eso/Proporcionalidad\\_geometrica/Propoge1.htm](http://descartes.cnice.mec.es/Descartes1/4a_eso/Proporcionalidad_geometrica/Propoge1.htm) Último acceso: 25/09/2011

Teorema de Tales y semejanza de polígonos, muestra en base a ejemplos cortos y de rápido aprendizaje la forma de utilizar el teorema para solucionar ejercicios.

- Enciclopedia Wikipedia.(2011) "TEOREMA DE TALES" En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema\\_de\\_Tales](http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Tales) Último acceso: 25/09/2011

Concepto del Teorema de Tales, origen y características principales, donde además aclara la existencia de 2 teoremas con el mismo nombre, pero con semejante concepto.

- ENCICLOPEDIA Wikipedia.(2011) "TEOREMA DE TALES" En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Thales\\_theorem\\_7.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Thales_theorem_7.png) Último acceso: 25/09/2011

Descripción gráfica del Teorema de Tales con la semejanza de triángulos.

- VITUTOR. (2001)"Proporciones" En: [http://www.vitutor.com/geo/eso/ss\\_3.htm](http://www.vitutor.com/geo/eso/ss_3.htm) Último acceso: 25/09/2011

## **Número Aureo**

- La informacion.com (2004). "GAUSSIANOS"  
En: <http://gaussianos.com/la-proporcion-divina-el-numero-phi/> Último acceso: 25/09/2011

Ejemplos de cómo aplicar el número phi en problemas matemáticos.

- Matemáticas Educativas.(2004) "FIBONACCI Y EL NUMERO DE ORO"  
En: <http://www.iescarrus.com/edumat/ficheros/pdf/taller/numaureo.pdf> Último acceso: 25/09/2011

Definición en base a problemas resueltos de Fibonacci con el número áureo.

- Taringa.(2009) "NUMERO PHI"  
En: [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/2839732/Numero-Phi-Interesante\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/2839732/Numero-Phi-Interesante_.html) Último acceso: 25/09/2011

Definición e historia del numero phi, concluyendo en el numero áureo, y sus aplicaciones en diversas cosas, naturaleza, humano, arte, etc.

## **Modulor**

- LA PROPORCIÓN AUREA EN LA ARQUITECTURA (2002)  
En: <http://noticias.arg.com.mx/Detalles/9283.html> Último acceso: 25/09/2011

Detalles de la proporción aurea aplicada a diferentes monumentos históricos de la arquitectura

- Carascafe. (2000) "QUE ES EL MODULOR?"  
En: <http://www.carascafe.net/modulor/2000/03/05/%C2%BFque-es-el-modulor/> Último acceso: 25/09/2011

Descripción teórica del origen y el origen del modulor como herramienta arquitectónica.

- Wikipedia.(2011) "ARITMÉTICA MODULAR PROPIEDADES"  
En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Aritm%C3%A9tica\\_modular#Propiedades\\_principales](http://es.wikipedia.org/wiki/Aritm%C3%A9tica_modular#Propiedades_principales) Último acceso: 25/09/2011

Propiedades y relaciones de la aritmética modular en base a ejercicios matemáticos y gráficos, aplicaciones y usos en el arte.



# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

- Wikipedia.(2011) "ARITMÉTICA MODULAR"  
En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Aritm%C3%A9tica\\_modular](http://es.wikipedia.org/wiki/Aritm%C3%A9tica_modular) Último acceso: 25/09/2011  
Concepto de la aritmética modular en la resolución de ejercicios.

## **Sucesiones**

- "SUCESIONES MATEMÁTICAS" (2008)  
En: <http://anjaander.blogspot.com/2008/01/sucesiones-matemticas.html> Último acceso: 25/09/2011

Descripción, aplicaciones, ejemplos y comentarios del autor.

- "SUCESION DE FIBONACCI "( 2006)  
<http://matematica.50webs.com/sucesiones.html> Último acceso: 25/09/2011
- Red Escolar. "LOS TRUCOS DE FIBONACCI"  
En: <http://redescolar.ilce.edu.mx/educontinua/mate/imagina/mate3q.htm> Último acceso: 24/09/2011

Material didáctico mediante ejemplos para el conocimiento de la sucesión de Fibonacci.

- Aran Down.(2010) "LA SUCESIÓN DE FIBONACCI"  
En: <http://www.sabiask.com/sabiasque/ciencia/la-sucesion-de-fibonacci.html> Último acceso: 24/09/2011

Concepto de relaciones entre la teoría y la realidad de la sucesión.

- Universidad De Chile. (2005) "PROPIEDADES. LA SUCESIÓN DE FIBONACCI"  
En: <http://simetria.dim.uchile.cl/matematico/nodo622.html> Último acceso: 24/09/2011

Informe detallado de las propiedades de la sucesión y su demostración matemática de la misma.

- Blog.(2006) "MATEMÁTICAS Y OTRAS COSAS"  
En: <http://mathvega.blogspot.com/2006/06/sucesin-de-fibonacci.html> Último acceso: 24/09/2011

Ejemplos de aplicaciones y el origen grafico de la espirar de Fibonacci.

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

- M. Aurora Garcia Benedito. "LA SUCESIÓN DE FIBONACCI"  
En: <http://cerezo.pntic.mec.es/~agarc170/paginas/fibonacci.htm> Último acceso: 24/09/2011

Origen, propiedades y aplicaciones matemáticas de la sucesión de Fibonacci.

- El Número Áureo. (2006) "LAS MATEMÁTICAS Y EL ARTE"  
En: <http://dadafi88.wordpress.com/2006/12/22/el-numero-aureo-las-matematicas-y-el-arte/> Último acceso: 16/09/2011

En este enlace encontramos la definición matemática y el uso del número áureo, como también la historia del número, su utilización en la arquitectura y en la vida cotidiana. Ponen un gran sentido religioso al hecho de utilizar el número y en el artista marca el camino para el éxito.

- Junta de Andalucía. "EL NÚMERO DE ORO"  
En: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos\\_informaticos/concurso2002/alumnado/index.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/concurso2002/alumnado/index.html) Último acceso: 16/09/2011

Este enlace explica lo que es el número áureo, su historia y componentes. También hace mención del número en el arte y arquitectura.

- Manuel Franco Taboada. (2010). "EL MODULOR Y SU VALOR, HOY"  
En: <http://www.scribd.com/doc/27279696/El-Modulor-Le-Corbusier> Último acceso: 16/09/2011

Este archivo muestra e origen, forma y desarrollo del modulator creado por Le Corbusier

## **Modulor**

- Manuel Franco Taboada. "MODULOR: Origen"  
En: [http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5278/1/ETSA\\_20-6.pdf](http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5278/1/ETSA_20-6.pdf) Último acceso: 16/09/2011

Este archivo muestra e origen, forma y desarrollo del modulator creado por Le Corbusier

## **Proporción Áuera**

- Ministerio de Educación Argentina.(2006) "EL NUMERO DE ORO Y OTROS IRRACIONALES"  
En: <http://www.docente.mendoza.edu.ar/documentos/matematica/alumnos/lamm3-2.pdf> Último acceso: 16/09/2011

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

Origen, proporción y relación del número de oro con diversas sucesiones, entre ellas la de Fibonacci.

- "PROPORCIÓN AUREA Y LA ARQUITECTURA"  
En: <http://aureo.webgarden.es/menu/naturaleza/arte-y-arquitectura> Último acceso: 16/09/2011

El artículo ayuda a conocer y reconocer el número áureo oculto en el arte y en la arquitectura, además de su ubicación en la naturaleza que nos rodea.

- Taringa. (2007). "PROPORCIÓN AUREA, ORIGEN Y POSIBILIDADES"  
En: <http://www.taringa.net/posts/info/873135/El-Numero-de-Oro---La-Proporcion-Divina.html> Último acceso: 16/09/2011

Historia del número áureo, desarrollo matemático y grafico del mismo.

## **Historia del número áureo**

- Wikipedia. (2011) "EL NÚMERO ÁUREO"  
En: [http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero\\_%C3%A1ureo](http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_%C3%A1ureo) Último acceso: 16/09/2011

Origen, desarrollo y cálculo del valor del número áureo.

Este enlace explica lo que es el número áureo, su historia y componentes. También hace mención del número en el arte y arquitectura.

- Junta de Andalucía. "NÚMERO DE ORO"  
En: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos\\_informaticos/concurso2002/alumnado/quees.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/concurso2002/alumnado/quees.html) Último acceso: 16/09/2011

Preguntas comunes acerca del número de oro, historia y origen

## **Proporción**

- Wikipedia. (2011). "PROPORCIONALIDAD"  
En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcionalidad> Último acceso: 16/09/2011  
Conceptos principales de la proporcionalidad aplicada a magnitudes reales
- Scribd. (2011). "PROPORCIÓN Y ESCALA"  
En: <http://es.scribd.com/doc/8556498/Proporcion-y-Escala> Último acceso: 16/09/2011

# CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES NUMÉRICAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA

Presentación que da a conocer todo sobre la relación de la proporción y el uso en la escala, de manera que su uso se incrementa en lo cotidiano

- Arqhys. (2010). "PROPORCIÓN DE ARQUITECTURA"  
En: <http://www.arqhys.com/construccion/proporcion-arquitectura.html> Último acceso: 16/09/2011

Archivo que narra cómo las proporciones marcan una línea en la arquitectura y son parte inherente de ella

- "CONCEPTOS DE PROPORCIÓN AUREA"  
En: <http://rt000z8y.eresmas.net/El%20numero%20de%20oro.htm> Último acceso: 16/09/2011  
Estos enlaces explican cual es el contexto histórico en el cual se genera El Modulor de Le Corbusier.

- U cursos. (2010) "INFORME LE CORBUSIER"  
En: [https://www.u-ursos.cl/fau/2007/0/AO104/2/material\\_alumnos/previsualizar?id\\_material=622](https://www.u-ursos.cl/fau/2007/0/AO104/2/material_alumnos/previsualizar?id_material=622) Último acceso: 16/09/2011

Artículo que ayuda a comprender el trabajo de investigación de Le Corbusier en la búsqueda de su arquitectura

- Scribd. (2011). "EL PULENTO" En: <http://es.scribd.com/doc/35171735/El-Modulor> Último acceso: 16/09/2011

Investigación personal que desarrolla el origen y la descripción del modulor, y además el análisis del porqué Le Corbusier le dio vida a esta herramienta básica

- Filomusica. "MÚSICA Y ARQUITECTURA"  
En: <http://www.filomusica.com/filo71/xenakis.html> Último acceso: 16/09/2011

Dado a la naturaleza de abstracción del modulor y la asemántica de la misma es que varios profesionales guardan un vínculo muy estrecho entre la arquitectura Le corbusiana y la música como origen de ella.

Fuente de imágenes

## **Imagen 10: Proporción**

- EL RECTÁNGULO ÁUREO (2010) en:  
<http://jaaguirrecaballero.wordpress.com/2010/05/28/el-rectangulo-aureo-la-divina-proporcion/> Último acceso: 16/09/2011

## **Imagen 11: Iglesia renacentista**

- UNA IGLESIA RENACENTISTA EN TORRES DE LA ALAMEDA (2010) en:  
<http://sdelbiombo.blogia.com/2010/060801-una-iglesia-renacentista-en-torres-de-la-alameda.php> Último acceso: 16/09/2011

## **Imagen12: Iglesia Gótica**

- Pieters Neefs.(2011) INTERIOR DE UNA IGLESIA GÓTICA en:  
[http://www.reproarte.com/cuadro/Pieter\\_Neefs+d\\_+J\\_/Interior+de+una+iglesia+%C3%B3tica+/14477.html](http://www.reproarte.com/cuadro/Pieter_Neefs+d_+J_/Interior+de+una+iglesia+%C3%B3tica+/14477.html) Último acceso: 16/09/2011

## **Imagen 13: Numero áureo en un caracol**

- Junta de Andalucía. (2001) "EL NÚMERO DE ORO"  
En: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos\\_informaticos/concurso2002/alumnado/index.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/concurso2002/alumnado/index.html) Último acceso: 16/09/2011  
Este enlace explica lo que es el número áureo, su historia y componentes. También hace mención del número en el arte y arquitectura.

## **Imagen 14: Geometría de un huevo**

- GEOMETRÍA SEGÚN LA PARÁBOLA DEL NÚMERO DE ORO. (2008) en  
:<http://webs.adam.es/rllorens/picudad/oro.htm> Último acceso: 16/09/2011

## **Imagen 15: Modulo I (europeo)**

- LE CORBUSIER MODULOR (2008). en:<http://arkineta.com/Breves/art449.aspx>  
Último acceso: 16/09/2011

Descripción teórica del origen y el origen del modulo como herramienta arquitectónica.

## **Imagen 16: Modulo II (latino)**

- LE CORBUSIER MODULOR (2008). en: <http://arkineta.com/Breves/art449.aspx>  
Último acceso: 16/09/2011

Descripción teórica del origen y el origen del modulo como herramienta arquitectónica.

## **Imagen 17: Sucesiones triangulares**

- I.E.S Mar De Alboran.(2009) "TRIÁNGULOS SEMENJANTES" En: [http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Semejanza\\_de\\_tri%C3%A1ngulos](http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Semejanza_de_tri%C3%A1ngulos) Último acceso: 25/09/2011  
Muestra en concepto como se originan los triángulos semejantes, sus características, propiedades y aplicaciones.

## **Imagen 18: Composición de los girasoles**

- Taringa.(2009) "NUMERO PHI" En: <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/2839732/Numero-Phi-Interesante.html> Último acceso: 25/09/2011  
Definición e historia del numero phi, concluyendo en el número áureo, y sus aplicaciones en diversas cosas, naturaleza, humano, arte, etc.

## ***Video de proporciones***

- Plataforma arquitectura. (2006). "EL PATO DONALD Y LA PROPORCION AUREA"  
En: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/08/02/el-pato-donald-y-la-proporcion-aurea/>. [Video]. Último acceso: 16/09/2011  
Video que muestra la manera de encontrar en diversos objetos la proporción aurea, como su ubicación en diversas obras arquitectónicas.

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	Págs.
IMAGEN CARÁTULA	
INTRODUCCIÓN	
Imagen 1: Modulor	5
Imagen 2: Modulor aplicado a la arquitectura	5
CONTEXTO	
Imagen 3: Línea de tiempo (Proporción Aurea)	5
Imagen 4: Línea de tiempo (Sucesión Fibonacci)	8
Imagen 5: Charles-Edouard Jeanneret	9
Imagen 6: Villa Savoye	12
Imagen 7: Capilla de Nuestra Señora del Alto (Ronchamp)	12
Imagen 8: Museo y Galería de arte (Chandigarh, India)	12
Imagen 9: La Unidad Habitacional de Marsella	12
MATEMÁTICAS	
Imagen 10: Proporción	15
Imagen 11: Iglesia renacentista	16
Imagen12: Iglesia Gótica	16
Imagen 13: Numero áureo en un caracol	18
Imagen 14: Geometría de un huevo	18
Imagen 15: Modulor I (europeo)	19
Imagen 16: Modulor II (latino)	20
Imagen 17: Sucesiones triangulares	21
Imagen 18: Composición de los girasoles	21