

Estudio sobre las matemáticas en la representación realista de la figura humana en el arte. El Doríforo de Policleto y el Hombre de Vitruvio

Irene Guirado Muñoz

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquest treball de recerca i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per a altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol del treball. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al web de la URL. Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts del treball com als seus resums i índexs.

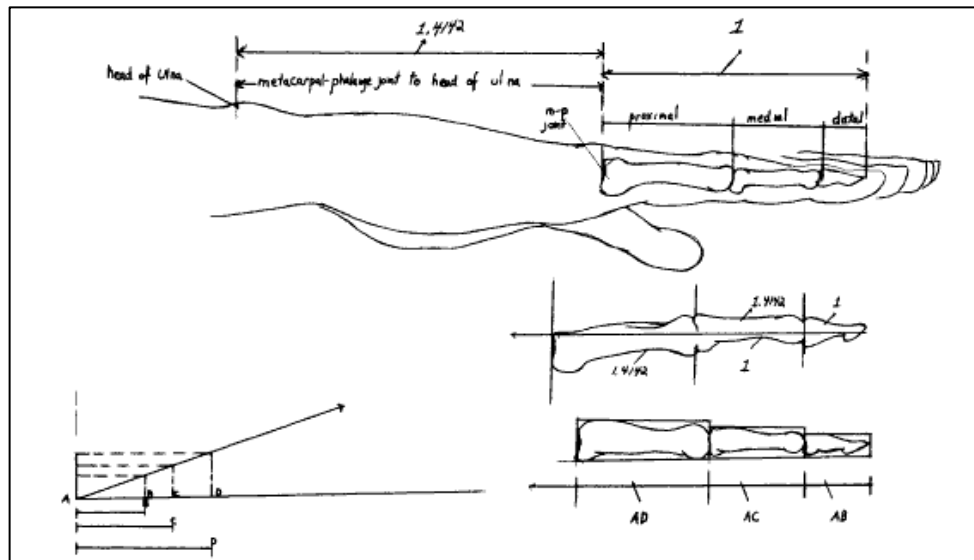
ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de este trabajo de investigación y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título del trabajo. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al web de la URL. Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this research work and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the work must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside URL web is not allowed. These rights affect both the content of the work and its abstracts and indexes.



ESTUDIO SOBRE LAS MATEMÁTICAS EN LA REPRESENTACIÓN REALISTA DE LA FIGURA HUMANA EN EL ARTE

El Doríforo de Policleto y el Hombre de Vitruvio



Autora: Irene Guirado Muñoz

Tutora: Elisabet Rusiñol

Curso: 2020-2021

Área: Arte y Matemáticas

Fecha de presentación: enero 2021

Resum

Aquest estudi analitza els principis matemàtics rere la representació realista de la figura humana de les obres "El Dorífor" i "L'Home de Vitruvi". A través d'aquestes obres és la meva intenció estudiar la influència que provoquen les matemàtiques a l'hora de reproduir la idea de l'home amb perfectes proporcions.

Resumen

Este estudio analiza los principios matemáticos tras la representación realista de la figura humana de las obras "El Doríforo" y "El Hombre de Vitruvio". A través de estas obras es mi intención estudiar la influencia que provocan las matemáticas a la hora de reproducir la idea del hombre con perfectas proporciones.

Abstract

This research project analyses the mathematical principles behind the realistic representation of the human figure in the art works "The Doryphoros" and "The Vitruvian Man". Through these works of art, it is my intention to study the influence of mathematics when it comes to capturing the notion of the perfectly proportioned male figure.

Agradecimientos

Quería empezar agradeciendo a todas aquellas personas que me ayudaron con la primera dificultad que encontré durante el proyecto, decidir el tema a tratar. Agradezco a todas las personas que expresaron su interés por que realizara la investigación de las matemáticas en el arte y respondieron mis dudas antes de escoger definitivamente la temática.

Doy gracias a mis amigas Ana Regalón y Alba López que en todos los momentos en los que dudé sobre la calidad de mi trabajo aseguraron que mi esfuerzo iba a dar fruto. Leyeron el primer esbozo de la investigación completa y mostraron interés por un tema tan ignorado hoy en día que nuestra generación suele repudiar. No solo me animaron en los instantes más complicados, sino que trabajamos codo con codo en nuestras respectivas investigaciones e hicieron las críticas necesarias para poder acercar el proyecto a un sector más amplio.

Estoy muy agradecida también a mí familia. A mis padres que me facilitaron la búsqueda de libros en plena pandemia mundial, trataron de hacer junto a mí la introducción más comprensible y me mostraron como emplear las herramientas digitales de las que disponía de forma mucho más eficiente. A mi abuela por recordarme que la preocupación no iba a hacer del trabajo algo mejor y que todo el esfuerzo que realizase iba a tener su recompensa. A mis hermanos por mostrar curiosidad por el desempeño echado en la búsqueda de información. Y por último a mi abuelo, quien fue la persona que acerco el arte a mi infancia, pero nunca dejó de lado su pasión por la ingeniería y el dibujo técnico.

Veo necesario agradecer a todas las personas que incluso en pequeña medida han corroborado en alcanzar mi meta. Muchas gracias a todo el personal de las bibliotecas que trabajan duro día a día por compartir la cultura a pesar de las restricciones por temas de sanidad. Gracias a todos los investigadores alrededor del mundo que también se interesaron por el tema y comparten sus estudios a través de las redes. Gracias a los compañeros y profesores que mostraron interés en el estudio y me prestaron su ayuda.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento al doctor Roldán-Medina por responder a mis dudas sobre su trabajo y a mi tutora por expresar su opinión sobre el trabajo durante toda su realización e irradiar positividad todas las veces que nos reunimos.

Contenido

1. Introducción	6
1.2. Objetivos	8
1.3. Metodología	8
1.4. Estado de la cuestión	9
1.4.1. <i>Estudios similares</i>	9
1.5. Hipótesis	9
2. El Canon de Policleto.....	11
2.1. Policleto.....	11
2.1.1. <i>La educación que Policleto recibe</i>	11
2.1.2. <i>La obra de Policleto</i>	12
2.2. Réplica de Pompeya	12
2.3. Intencionalidad de la creación del Doríforo	13
2.3.1. <i>El papel del deporte en el arte griego</i>	14
2.3.2. <i>El Doríforo como un posible encargo</i>	14
2.4. La aparición de nuevas características de la escultura	14
2.4.1. <i>Elementos sensoriales</i>	16
2.4.2. <i>Objetivo de las nuevas características introducidas en la obra</i>	17
2.5. Descripción de las proporciones, una hipótesis por Richard Tobin.....	18
2.5.1. <i>Materiales empleados para el diseño de la escultura</i>	18
2.5.2. <i>La falange distal del dedo meñique como módulo</i>	18
2.5.3. <i>La progresión numérica en el diseño de la mano</i>	19
2.5.4. <i>La ratio del Canon de Policleto</i>	19
2.5.5. <i>Uso de las dimensiones de la mano para determinar las del brazo completo</i>	20
2.5.6. <i>La progresión numérica en el tronco del hombre</i>	20
2.5.7. <i>El planteamiento teórico del Doríforo</i>	22
2.5.8. <i>Aplicación práctica del sistema</i>	23
2.5.9. <i>La utilización de una segunda cuerda en el sistema de proporciones</i>	24

2.5.10.	<i>Elecciones personales de Policleto en el diseño del sistema</i>	26
2.5.11.	<i>El Doríforo de Nápoles, réplica romana</i>	27
2.5.12.	<i>El aumento voluntario del tamaño de la cabeza</i>	30
2.5.13.	<i>Otras medidas externas a la progresión numérica</i>	31
2.5.14.	<i>Las proporciones faciales según August Kalkmann</i>	31
2.5.15.	<i>Otro uso del sistema</i>	33
2.5.16.	<i>La tercera dimensión en el sistema</i>	34
3.	<i>El hombre de Vitruvio</i>	38
3.2.	<i>Marcus Vitruvius Pollio (Vitruvio)</i>	39
3.2.1.	<i>Fecha y lugar de nacimiento</i>	39
3.2.2.	<i>La educación que Vitruvio recibe</i>	39
3.2.3.	<i>El papel de Vitruvio en el cuerpo militar</i>	40
3.2.4.	<i>Final de su participación en el cuerpo militar</i>	40
3.2.5.	<i>Difusión del tratado De Architectura</i>	41
3.2.6.	<i>Intención de la escritura del tratado</i>	41
3.2.7.	<i>Aplicación de las proporciones a la construcción de los templos</i>	42
3.3.	<i>Leonardo Da Vinci</i>	43
3.3.1.	<i>Contexto social</i>	43
3.3.2.	<i>La educación que recibe Leonardo Da Vinci</i>	44
3.3.3.	<i>El talento e interés de Da Vinci por la ciencia</i>	45
3.3.4.	<i>La vida adulta de Leonardo Da Vinci</i>	46
3.3.5.	<i>La escritura espejo de Leonardo Da Vinci</i>	46
3.3.6.	<i>Da Vinci: Un medio de comunicación entre arte y ciencia</i>	47
3.3.7.	<i>El dibujo de Da Vinci inspirado por el tratado de Vitruvio</i>	48
3.3.7.1.	<i>Materiales empleados para la creación del boceto por Da Vinci</i>	48
3.3.7.2.	<i>Las proporciones del dibujo de Da Vinci</i>	48
3.3.8.	<i>La importancia del hombre de Vitruvio</i>	50
3.3.9.	<i>La cuadratura del círculo</i>	51
3.3.10.	<i>Incoherencias corregidas por Da Vinci</i>	53

4.	El número Phi (Φ).....	54
4.2.	Fidias.....	54
4.3.	Leonardo Fibonacci di Pisa	55
4.3.1.	<i>La educación que Fibonacci di Pisa recibe</i>	55
4.3.2.	<i>El sistema numérico decimal</i>	56
4.3.3.	<i>El problema de los conejos</i>	57
4.3.4.	<i>Historia de la progresión numérica de Fibonacci</i>	60
4.3.5.	<i>La progresión numérica con cualquier par de números</i>	61
4.3.6.	<i>El funcionamiento del número áureo (Φ)</i>	62
4.3.7.	<i>Propiedades curiosas</i>	63
4.4.	La sección dorada en el “Hombre de Vitruvio”	63
4.4.1.	<i>Teoría sobre el ombligo localizado en divina proporción</i>	63
4.4.2.	<i>Otras teorías</i>	64
5.	Conclusiones	67
6.	Apéndice 1: Entrevista Francisco Javier Roldán-Medina.....	72
7.	Apéndice 2: Conceptos del racionalismo aritmético de la escuela Pitagórica 74	
8.	Apéndice 3: Unidades de medida según Vitruvio	76
9.	Tabla de ilustraciones	77
10.	Bibliografía.....	80
11.	Webgrafía	81
12.	Videografía	87

1. Introducción

En este trabajo se recoge la investigación realizada acerca de la importancia de las matemáticas en el arte a lo largo de la historia, más concretamente en el arte desarrollado durante la Grecia clásica y el Renacimiento.

Dicha investigación trata principalmente las aplicaciones de las matemáticas en la representación pictórica y escultórica del ser humano, y de cómo el estudio de la anatomía del hombre ha sido empleado en obras de arte y en el proceso de búsqueda del significado de la perfección.

Para ello se ha indagado en cómo ciertos artistas idean los métodos y cánones que emplean en la elaboración de sus respectivas obras, ampliamente utilizados y considerados a lo largo de numerosos siglos hasta la actualidad.

El interés sobre este tema aparece por diversas razones:

- Por un lado, el mundo del arte resulta atractivo en todas sus formas. La capacidad de las personas de transmitir una idea, sentimiento o ideales de un periodo histórico mediante obras desde completamente abstractas hasta extremadamente realistas es realmente fascinante.

Guardo especial atención en las piezas realistas, en concreto por todos los pequeños detalles tan bien estudiados que no aparentan haber sido plasmados desde cero.

Un factor que me motiva a realizar este proyecto es haber visto a mi abuelo pintar cuadros desde que nació. Una vez jubilado, mi abuelo materno dedica su tiempo libre a pintar cuadros de paisajes, que a mi parecer eran tan realistas como una fotografía o la propia realidad. Aun teniendo ese gran talento, sus capacidades se veían limitadas. Ninguno de sus cuadros muestra rastro humano, pues no se ve capacitado de representarlo. Así pues, resulta irónico realizar un trabajo de investigación sobre la representación del cuerpo humano. Parece que, de alguna forma, complemento la pequeña exigüidad con la que él se encuentra en realizar sus obras.

- Por el otro lado, el ámbito matemático despierta de la misma forma que el arte, una gran curiosidad. Existen muchas interrelaciones entre lo que se podrían considerar diferentes ramas del conocimiento humano. Las matemáticas han llegado a explicar en gran medida como está formado el universo, están presentes en la naturaleza que nos rodea y de ahí que tengan también su reflejo en el arte.

Los ejemplos de esta relación de las matemáticas con el arte son innumerables. Este estudio es un viaje que nos sumerge en el mundo que hay detrás de dos grandes obras de arte.

Muchas personas han oído hablar del número áureo y del hombre de Vitruvio, pero pocas conocen la complejidad matemática que hay tras ellos y los hace

elementos clave en el arte clásico y renacentista. A través de este proyecto quiero hacer llegar al público general la idea de unión entre el arte y la ciencia a través de dos obras que han marcado la historia del arte gracias al uso que sus autores hacen de las matemáticas.

Viajaremos al siglo V y I a.C. para estudiar las obras “El Doríforo de Policleto” y “El Hombre de Vitruvio”. Pasaremos también por los siglos XV y XVI para estudiar la influencia de Da Vinci en el hombre creado por Vitruvio.

- En primer lugar, “El Doríforo”, una escultura en la que Policleto ejemplariza las proporciones del hombre perfecto que propone en su libro, “el *Kanon*”. Esta obra, perdida hace siglos, se estudiará mediante hipótesis realizadas por diversos estudiosos a lo largo de la historia. El proceso de búsqueda de la proporción entre las partes del cuerpo, las herramientas empleadas, el novedoso *Contrapposto* y la finalidad de realizar una figura perfecta, serán los principales aspectos por destacar.
- La segunda obra de la que se hablará es “El hombre de Vitruvio”, la cual se puede coronar como el ejemplo más popular a nivel global. Se investigarán los principales objetivos de Vitruvio a la hora de establecer al hombre como base para el diseño de templos de culto junto a la información añadida que nos proporciona el boceto realizado por Leonardo Da Vinci, dentro del movimiento artístico del Renacimiento. Se tratará, también, de buscar la relación de la altamente reconocida obra con el número áureo.

1.2. Objetivos

Los objetivos principales del estudio consisten:

- En primer lugar, indagar acerca de cómo los artistas desarrollan sus métodos de representación realista de una figura humana, es decir, a partir de qué conocimientos o bases denominan las diferentes proporciones y reglas de progresión anatómica del cuerpo humano. En cuanto al “Hombre de Vitruvio” se quiere hallar, complementariamente, el uso del número dorado en el boceto de Da Vinci.
- En segundo lugar, comprender como aplican cada uno de los artistas las teorías y los tratados sobre proporciones que emplean para desarrollar sus respectivas creaciones. Se hace hincapié en el contexto histórico del artista, el cual es de gran ayuda en la búsqueda de este objetivo.
- En tercer lugar, conocer los recursos materiales con los que el artista cuenta para así conocer con más exactitud las habilidades que posee para realizar tal obra sin ayuda de tecnología como con la que contamos en nuestra actualidad.
- En quinto lugar, descubrir que objetivo persigue cada artista en el uso de fórmulas o métodos, presuntamente exactos, con base al cuerpo del hombre humano al aplicarlo en su obra.
- Por último, descubrir qué tipo de relación tienen arte y ciencia en las obras escogidas, es decir, conocer si ambas dependen una de la otra o alguna de ella es prescindible.

1.3. Metodología

La búsqueda de información del proyecto está basada en diferentes técnicas. Principalmente se ha recurrido a la búsqueda bibliográfica mediante libros, archivos, artículos e ilustraciones explicativas; tanto en formato físico como digital. Gran parte de las fuentes empleadas son de origen extranjero, concretamente en las lenguas inglesa, italiana y alemana.

La recogida de los datos necesarios para la investigación se da mediante observación directa de la obra, interpretación de tratados originales, teorías realizadas por expertos sobre las obras desde una perspectiva científica y la entrevista a un experto, Francisco Javier Roldán-Medina, arquitecto y doctor por la Universidad de Granada con la tesis “Principios de metrología en la arquitectura del pasado”.

El doctor es antiguo profesor de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada y de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación. Ha realizado comunicaciones como “El origen de la proporción en

la arquitectura clásica”. Se ha contactado con él para responder al objetivo sobre la sección dorada en el Hombre de Vitruvio.

1.4. Estado de la cuestión

El estado de la cuestión del tema de investigación se encuentra en una situación limitada. A pesar de que son numerosas las páginas en internet que se pueden encontrar sobre las matemáticas en el arte, su profundidad en la materia es escasa.

Obras como el hombre de Vitruvio, altamente globalizadas en el primer mundo son alabadas por muchos usuarios, pero estos son desconocedores de la información necesaria para cumplir los objetivos de la investigación. El Doríforo, por otro lado, fue una obra muy reconocida hasta después del imperio romano, cuando comenzó a ser ignorada.

Son escasos los estudios realizados sobre las matemáticas de la anatomía del hombre empleadas en la realización de obras artísticas. La gran mayoría de la información proviene de fuentes extranjeras o fuentes nacionales que emplean la lengua inglesa en sus tesis.

1.4.1. Estudios similares

Se han encontrado los siguientes estudios similares a este:

- Berdan, R. (2004). Geometrical construction of the Vitruvian Man by Leonardo da Vinci.
- Gobierno de Canarias. *TEMA: Anatomía artística*
- McCague, H. (2013). *Pythagoreans and Sculptors: The Canon of Polykleitos*
- Navarro, J. (2013). *Comentario del Doríforo de Policleto*
- Takashi, I. (2012). “Vitruvian Man” by Leonardo da Vinci and the Golden Ratio.
- Widey Periodicals, Inc. (2015). *More than a neuroanatomical representation in The Creation of Adam by Michelangelo Buonarroti, a representation of the Golden Ratio.*

1.5. Hipótesis

Las hipótesis que se presentan son:

- Para el primer y segundo objetivo, se plantea la hipótesis de que los conocimientos que permiten a los artistas desarrollar sus obras proceden principalmente de unos posibles estudios previos de medicina, anatomía o simplemente de la observación y perfeccionamiento de obras anteriores a las de su época. Se puede pensar que, si sus conocimientos no provienen de estudios superiores, puedan ser impulsados por grandes maestros mediante clases particulares. Se baraja también la posibilidad de que los artistas escogidos tengan un talento innato en sus respectivos campos profesionales. Planteamos por el momento que la combinación de todos estos elementos

sea la más favorable para la creación de un tratado que requiere conocimientos de ámbitos comúnmente diferenciados como son el arte y la ciencia. En cuanto a la relación del 'Hombre de Vitruvio' con el número dorado, se plantea la hipótesis de que la proporción divina no es explícitamente usada por Da Vinci.

- Para el tercer objetivo, se plantea la hipótesis de que en cuanto a los recursos materiales que los artistas emplean para poder crear su obra lo mejor posible, estos no cuentan con un gran número de utensilios o herramientas que faciliten su trabajo. El proceso de creación de sus obras, a la hora de realizar ciertos procesos que requieren una alta precisión, se complica debido a la limitada tecnología disponible. Con el motivo de dicha escasez tecnológica, los artistas no pueden emplear una amplia gama de herramientas que faciliten su trabajo y por ello, se plantea la hipótesis de que los recursos esenciales para ello son sus estudios y habilidades.
- Se plantea que el objetivo de que los artistas persiguen con sus respectivas obras es encontrar el aspecto del hipotético hombre perfecto con tal de hallar en el ser humano el significado de belleza y perfección.
- La hipótesis para el último de los objetivos es que un artista nato con gran capacidad de observación es capaz de representar la figura humana de forma completamente realista, debido a que conoce cierta relación matemática entre cada una de sus partes. El artista que observa la naturaleza y la plasma de una forma realista inconscientemente emplea las matemáticas. Las matemáticas definen el aspecto de todos los elementos de la naturaleza, por tanto, el estudio de su estética comporta el conocimiento de sus proporciones desde una perspectiva no solo artística sino científica.

Mi hipótesis es que las matemáticas y las artes en las obras escogidas tienen una dependencia circular. El conocimiento que el artista tiene de unas y otras no se discierne, sino que crea su obra desde un punto de vista en que ambas ramas del conocimiento están unificadas en un solo concepto.

2. El Canon de Policleto

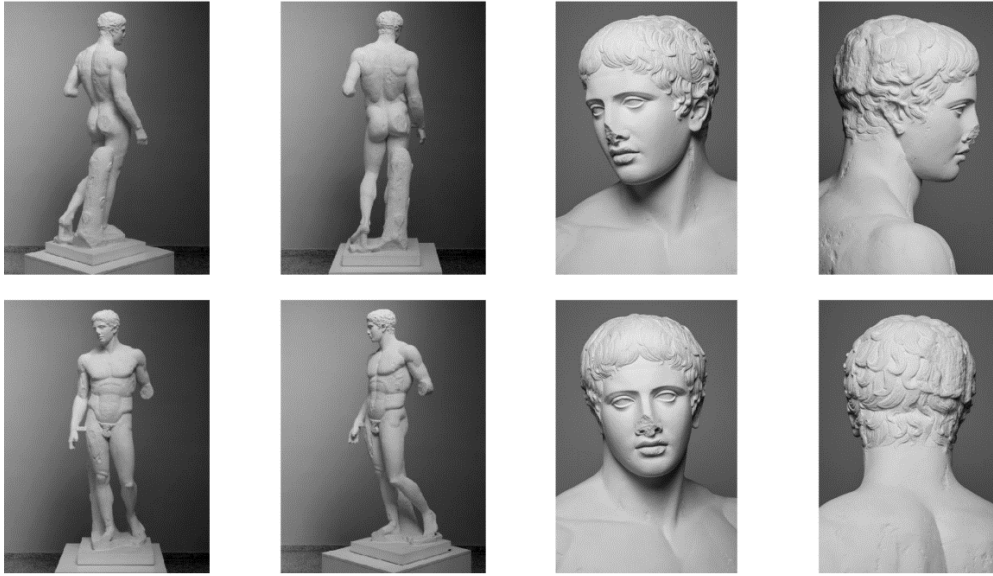


Ilustración 1: (A 1526 Statue des Doryphoros, Georg-August-University of Goettingen Archaeological Institute, 2020).

2.1. Policleto

Policleto es un escultor griego del siglo V a.C., ciudadano de la ciudad de Argos. Su fecha de nacimiento se aproxima entre los años 480 y 475 a.C. en la ciudad de Sicione, en el Peloponeso. Es mejor conocido como Policleto el Viejo cómo diferenciación a Policleto el Joven, seguidor de su legado.

2.1.1. La educación que Policleto recibe

La información más detallada disponible sobre la formación académica de Policleto es propuesta por el escritor y naturalista Plinio el Viejo – diferenciado de su sobrino e hijo adoptivo Plinio el Joven. Su teoría consiste en que el maestro que enseñó a Fidias y Mirón – dos grandes artistas contemporáneos a Policleto, también fue maestro suyo. Propone en su escrito más famoso, *Historia Natural*¹, que Agéladas de Argos² enseña a Policleto el arte de la escultura.

¹ Historia natural es la enciclopedia que Plinio el Viejo escribe con la intención de abarcar todo el conocimiento que se tenía en el Imperio Romano. Es una de las mayores obras individuales de la época que sobrevive. Se encuentra escrita en latín.

² Aunque es famoso globalmente por haber sido maestro de grandes artistas, los datos también se consideran dudables históricamente.

2.1.2. La obra de Policleto

Su trabajo se centra en los problemas de la representación del cuerpo humano desnudo mediante obras plásticas. Escribe un tratado llamado El Canon (*Kanon* en griego, que significa norma) diseñado para mostrar un sistema de proporciones anatómicas perfectas, teniendo en cuenta simetría y relación entre las diversas partes del cuerpo que se articulan sobre la base de un módulo³.

Esta obra cobra una influencia inmensa, no solo durante la Grecia clásica, sino también en el imperio romano. Aplica los conceptos matemáticos básicos de la geometría, como la relación, la proporción y la simetría, creando así un sistema capaz de describir la forma humana a través de diferentes series de continuas progresiones geométricas.

Su teoría se ejemplariza en su escultura “El Doríforo”, el cual se estima que Policleto la esculpe entre los años 440-450 a.C. El nombre de la obra significa: estatua de un joven portador de lanza. De esta obra, solo se han conservado réplicas romanas en mármol. Lo mismo ocurre con todas las otras obras del autor. Expertos afirman que la original era de bronce pues se conoce que fue el material que el artista emplea por excelencia.

2.2. Réplica de Pompeya



Se considera a la réplica de Pompeya como la más exacta, esta se encuentra en el Museo Arqueológico de Nápoles (*Museo Archeologico di Napoli*). Es encontrada en el Gimnasio Samnita (*Palestra Sannitica*) y está fechada entre los años 27 a.C. y 14 d.C. Otros expertos fechan la obra entre los siglos II y I a.C. La *Palestra Sannitica* se abre en el lado oriental del Foro Triangular de Pompeya.

La excavación de la *Palestra* comienza en el año 1768 y finaliza aproximadamente 10 años después.

Ilustración 2: (Doriphore, Museo Archeologico di Napoli, 2016).

³ El módulo es la medida que se toma convencionalmente como norma o regla para medir o valorar cosas de la misma naturaleza.



Ilustración 3: (Colonia Cornelia Veneria Pompeianorum, ovvero l'esperimento dell'oligarchia, École française de Rome, 2015).

El nombre de la *Palestra* se debe a una inscripción que se remonta a la época prerromana, cuando la ciudad es habitada por personas pertenecientes a los samnitas⁴. Según el modelo griego, el gimnasio se emplea para el entrenamiento físico de hombres y niños. En uno de los lados se encuentra un pedestal donde se celebran ceremonias y se entregan premios. La estatua de mármol de Doríforo se encuentra situada en el patio del gimnasio.

La réplica tiene la intención de recordar a los aristócratas de la época su pertenencia al mundo clásico y sus ideales mediante la escultura griega.

2.3. Intencionalidad de la creación del Doríforo

Aunque no existe documentación alguna respecto al tratado del Canon de Policleto o de la estructura del Doríforo, entre los expertos se cree que el Doríforo es la ejemplificación de sus normas propuestas. A pesar de que la escultura original no se conserva y tampoco el tratado escrito, es a través de las copias, también consideradas versiones, que es posible estudiar las ideas que Policleto pudo haber planteado en su Canon.

Sí se sabe, en cambio, que el arte griego no busca una representación real del cuerpo humano en un sentido física sino el concepto de lo ideal. A través del cuerpo humano se trata de encontrar y a la vez transmitir el concepto filosófico de aquello que es bello.

⁴ Samnita: miembro de las antiguas tribus belicosas que habitan el centro montañoso del sur de Italia. Estas tribus, que hablaban osco y probablemente eran una rama de los sabini, aparentemente se referían a sí mismas por la forma osca de la palabra samnita, que aparece en latín como *Sabine*.

En una sociedad antropocéntrica, los dioses son representados en el arte a semejanza del hombre, el cual es centro y medida de todas las cosas. La representación del humano idealizado transmite la idea de perfección y belleza más allá de un físico.

2.3.1. El papel del deporte en el arte griego

Como muchas otras grandes obras de la época, el deportista es el gran protagonista de la obra. Probablemente ningún otro movimiento artístico o periodo histórico da un lugar tan importante a los atletas en el arte. El arte se utiliza como herramienta para documentar diferentes actividades deportivas – en este caso la escultura y en otros, cerámica – y para dar un espacio exclusivo a dichas actividades – en el ámbito arquitectónico.

El deporte es para la sociedad de la antigua Grecia un deber del ciudadano pues se considera un factor esencial en la formación del hombre. La formación del ciudadano no ha de ser solamente intelectual sino también física. El desarrollo físico mediante el ejercicio reglado es vital porque ayuda a alcanzar, también, la perfección moral.

2.3.2. El Doríforo como un posible encargo

Un grupo reducido de estudiosos baraja la posibilidad de que la escultura es encargada por un particular para la reconstrucción de la Acrópolis de Atenas⁵, mientras que por otro lado Fidias⁶ es el encargado de crear las obras más importantes. El grado de importancia de los encargos se da por el hecho de que Fidias es considerado el escultor de los dioses a diferencia de Policleteo, escultor de los hombres.

2.4. La aparición de nuevas características de la escultura

A raíz de la creación de esta obra escultórica, Policleteo introduce nuevos aspectos en el mundo de la escultura.

- Se presenta el principio de “diartrosis” por el cual se acentúan las divisiones entre las extremidades y el tronco del cuerpo. Para realizar la acentuación, el escultor marca los pliegues en la zona inguinal, de la cintura, y de los pectorales. Cada miembro del cuerpo se trata separadamente, se elabora de manera particular y posteriormente se integra en el conjunto.

⁵ La Acrópolis de Atenas es considerada la más importante entre todas las acrópolis de la Grecia clásica. Su nombre tiene el significado de alta ciudad – en griego antiguo Ἀκρόπολις. La ciudad en ruinas se reconstruye bajo el liderazgo del abogado y orador Pericles en la Edad Dorada de Atenas.

⁶ Fidias es considerado el mejor escultor de todos los tiempos. Es contemporáneo a Policleteo.

- Se introduce la postura del *Contrapposto*⁷ donde la pierna derecha es encargada de soportar todo el peso del cuerpo mientras la pierna izquierda descansa flexionada. A causa de la posición de las piernas, se desnivela la línea, usualmente recta, de las caderas. La cadera derecha, opuesta a la pierna flexionada, aparece más elevada y el hombro del mismo lado se encuentra a menor altura. El brazo derecho cae relajado a lo largo del cuerpo y el izquierdo se dobla para sostener una lanza⁸. Por último, el torso presenta una ligera inclinación la derecha, mismo sentido al que la cabeza gira inclinándose levemente.

Policleto marca con claridad el eje vertical del hombre, indicando que la obra está diseñada para ser vista de frente. No obstante, con la nueva postura, opone cada miembro del cuerpo a su simétrico respecto al eje vertical marcado y rompe el concepto de simetría tradicional⁹. Por ende, rompe el estado erecto y antinatural de las esculturas tradicionales. La oposición de los elementos simétricos aporta a la escultura sensación de movimiento, de volumen y de profundidad, aportada por los contrastes. La tensión de unas partes se compensa con las ligeras inclinaciones que sugieren actitud de marcha. Con esta obra, Policleto crea un punto de inflexión en el mundo de la escultura respecto a los *Kuroi*.¹⁰



Ilustración 4: (Marble statue of a kouros (youth), The Metropolitan Museum of Art, n.d).

⁷ *Contrapposto* proviene del participio del verbo en latín *contraponēre*, formado por el prefijo *contra-* (enfrente, en contra) y el verbo *ponēre* (situar). El significado del verbo compuesto es oponer o equilibrar

⁸ La lanza se trata de un objeto hipotético dado a que no se conserva en la figura replicada. A pesar de ello, por la colocación de los dedos se intuye que la figura debería encontrarse sujetando una lanza o un objeto similar.

⁹ La simetría tradicional o simetría central es un movimiento en el plano en el cual un punto A se convierte en A' alineado con otro punto central O de manera que AO es equivalente a OA'.

¹⁰ Los *Kuroi* o *Korai* son estatuas creadas en la Grecia Arcaica con la intención de representar la idea de la juventud. La anatómica y musculatura humana es reducida a patrones decorativos en la superficie de un bloque de mármol. Son obras que buscan belleza y armonía, y son la base de la escultura griega clásica.

2.4.1. Elementos sensoriales

El concepto de diartrosis y la postura del Contrapposto se emplean con tal de enfatizar la percepción sensorial de la pieza. Por consiguiente, diversos elementos que constituyen la escultura se acentúan para captar la atención de los sentidos de una manera distinta a la que se emplea hasta la fecha. Los elementos son los siguientes:

- La forma: De acuerdo con el principio de la diartrosis todas las formas del cuerpo son estudiadas meticulosamente en cuanto a su morfología, es decir, forma propia, evolución al encontrarse en movimiento y disposición anatómica.
Aunque el estudio de las diferentes partes del cuerpo se basa en la realidad, no se presenta del modo más realista posible, sino que se separan y se idealizan, para después unirlos en una sola obra y dar un sentido al conjunto. A pesar de buscar la perfección, el objetivo no era representar la vida humana de forma divinizada como hicieron los egipcios anteriormente, sino que se trata de un arte figurativo y naturalista, que trata de plasmar de forma natural y claramente comprensible la figura de un hombre.
- El volumen: Policleto es pionero al considerar que la escultura es un elemento que se ha de observar con naturalismo y es por eso por lo que la dota de un volumen realista que aporta total armonía y perfección a la pieza. A pesar de que queda claro que el punto de vista objetivo por el autor es el frontal, su aspecto voluminoso es el que aporta a la obra un aspecto más humano y novedoso, por excelencia.
- El tamaño ideal: Se busca en cada uno de los elementos de la figura, que mide en total 2,12m de altura. El autor busca el concepto filosófico de belleza ideal en el hombre, que debe ser alto, delgado y esbelto. Policleto elimina cualquier deformación que se pueda percibir visualmente al observar la figura, para así conservar la sensación de perfección con tamaños ideales que se relacionan armónicamente en el todo.
- La iluminación de la figura es diáfana, esta no recibe una luz intensa y directa. Policleto consigue esta característica modelando todas las formas gradualmente, sin presencia de cambios bruscos ni ángulos cortantes sobre la superficie de la escultura. A diferencia de las figuras egipcias que buscan cierto efecto de contraste entre luz y sombras, en la Grecia clásica se requiere de una iluminación lo más homogénea posible.
- Las texturas: Mientras que los egipcios rellenarían un contorno con formas convencionales en repetición, Policleto consigue texturas mediante la naturalización de las formas, libres de reglas y estructuras. Pule la figura con la intención de recrear la blandura y el aspecto realista de la piel.
Las texturas no tienen alteraciones particulares como pecas u hoyuelos, ya que se mantienen homogéneas con el fin de mostrar una figura idealizada

- Otro elemento que complementa la postura y técnica de escultura de la obra es el color. El canon de Policleto pudo contemplar indicaciones para la aplicación de la policromía en las esculturas, que favoreciera la sensación de vida humana en ellas. Debido a que tanto el *Kanon* como el Doríforo original están perdidos no se puede asegurar la existencia de policromía en este caso en particular. La mayoría de los expertos afirman con seguridad que el material más empleado por Policleto es el bronce, así pues, el color natural de este metal sería el único color presente en la obra original.

2.4.2. Objetivo de las nuevas características introducidas en la obra

- La proporción: Consiste en que todas y cada una de las partes del cuerpo guardan una relación de equilibrio con todas las demás. Este aspecto es uno de los más conocidos de su obra, ya que establece por primera vez la regla de las 7 cabezas. Para Policleto la altura perfecta y esbelta de una figura humana a partir de relaciones proporcionales fraccionarias consiste en 7 veces la altura de su propia cabeza.
- El movimiento: Junto con la proporción es la unidad que permite alcanzar la armonía. La armonía, además del equilibrio son estudiados por Policleto a través de una simetría a la que se llega oponiendo conceptos, compensándolos. Observa que músculos están relajados mientras otros se contraen, cuáles se encuentran flexionados y cuáles están extendidos, que partes deben soportar peso o no.

Combinando todos estos elementos, Policleto nos induce a pensar que era un gran observador de la biomecánica del cuerpo humano, que aplica a sus figuras racionalizando todos esos movimientos en armonía y perfección. Esta manera de trabajar con la representación del movimiento y posición de cada músculo de la figura es el anteriormente mencionado: *Contrapposto*, que busca reforzar la idea de naturalización y vida en el arte.

El *Contrapposto* y el hecho de que todo el peso de la figura se apoye en una sola pierna provocan que la figura tenga una sensación de movimiento en forma de “S”, que muchos escultores posteriores a Policleto asumen como norma general en el futuro.

La forma de “S” que forma la escultura se refuerza intencionadamente mediante un recorrido visual. Este recorrido viene dado por la contraposición de los miembros simétricos. Policleto tiene en cuenta como el ojo busca las partes más tensas de la escultura, en consecuencia, la mirada va – empezando por el rostro

de la misma figura—desde el brazo izquierdo hasta la pierna del lado opuesto. De esta manera, el artista hace un uso significativo del peso visual¹¹ en su obra.

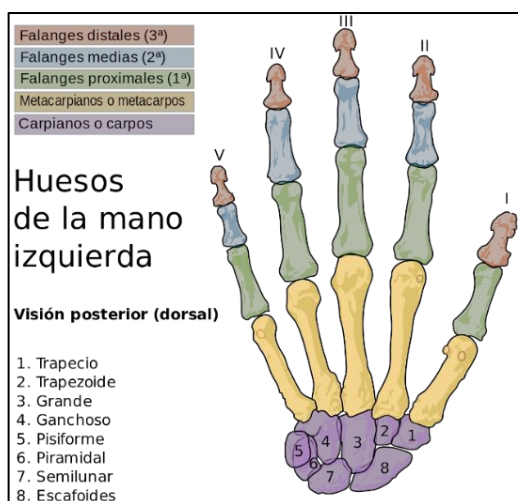
2.5. Descripción de las proporciones, una hipótesis por Richard Tobin

2.5.1. Materiales empleados para el diseño de la escultura

De acuerdo con la propuesta de Richard Tobin¹², el proceso matemático que Policleto pone en práctica no requiere nada más lejos del uso de una cuerda con diversos nudos, como guía para definir las longitudes de las distintas dimensiones del cuerpo.

2.5.2. La falange distal del dedo meñique como módulo

Policleto empieza a describir las proporciones del hombre por la falange distal del dedo meñique, parte del cuerpo que establece como módulo básico para determinar las posteriores proporciones del cuerpo.



En la siguiente ilustración podemos observar los huesos de la mano. Desde las puntas de los dedos hasta la palma de la mano. Las falanges, los huesos de los dedos, reciben los nombres de falanges distales, falanges medias y falanges proximales.

Ilustración 5: (Huesos de la mano, LadyofHats, n.d).

El punto de inicio de su propuesta dice que el Canon es generado a partir de las dimensiones de la falange distal del dedo meñique de la mano, que en este caso concibe como número espacial - una unidad bidimensional. Policleto determina las dimensiones de la falange distal que usará como punto inicial deliberadamente. Se dice que las determina “por naturaleza”, es decir, a elección propia basándose en sus previos conocimientos del cuerpo humano. El número espacial se trata de un rectángulo con las dimensiones del hueso.

¹¹ El peso visual es la capacidad que tiene un elemento de una composición de atraer a aquel quien la observa.

¹² Arqueólogo colaborador del *American Journal of Archaeology*.

2.5.3. La progresión numérica en el diseño de la mano

La diagonal de la unidad bidimensional que define la falange distal también define la longitud de la falange media, por tanto, sus longitudes son equivalentes. La distancia de esta diagonal, ahora longitud de la segunda falange o falange media forma otro número espacial cuya diagonal es la longitud de la falange proximal, también llamada primera falange.

2.5.4. La ratio del Canon de Policleto

La ratio en la antigua Grecia se define como un tipo de relación respecto a la medida de dos magnitudes del mismo tipo.

A partir de esta metodología se consigue que la ratio entre la primera y la segunda falange sea el mismo el que hay entre la segunda y la tercera. El artista establece la proporción mediante una ratio constante, ya que las magnitudes con la misma ratio son consideradas proporcionales. Aunque Policleto nunca trabaja con números, su metodología a la hora de determinar las dimensiones de las diferentes partes del cuerpo presenta claramente el uso de una ratio constante. Se calcula que esta ratio es aproximadamente 1:1,4142. Esta cifra es equivalente a $\sqrt{2}$, exactamente la relación del lado de un cuadrado con su diagonal.

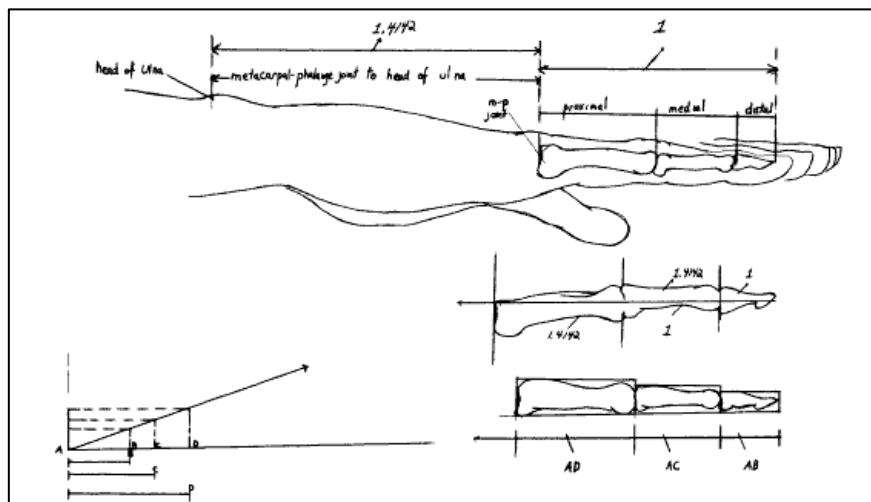


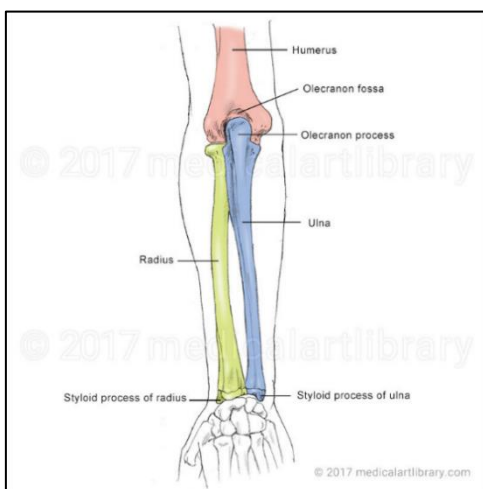
Ilustración 6: (Richard Tobin, 1975).

En la ilustración se observa la relación de las dimensiones de los huesos de la mano. Determinando la longitud de todo el dedo meñique como una unidad, la de la palma equivale a la cifra anteriormente mencionada 1,4142. La misma relación es la que da las dimensiones de los dedos. Siendo la falange distal una unidad, la falange media equivale a la cifra 1,4142. Lo mismo ocurre relacionando la falange media con la proximal.

En la esquina inferior izquierda se demuestra como la ratio se muestra constante al emplear la diagonal de un número espacial como la longitud del siguiente.

2.5.5. Uso de las dimensiones de la mano para determinar las del brazo completo

La misma ratio se usa continuamente. La longitud del dedo meñique respecto a la distancia del inicio de la palma hasta la muñeca continúa siendo aproximadamente $\sqrt{2}$. Policleto forma un nuevo número espacial, cuya diagonal determina la distancia del número espacial que comprende la longitud y grosor del carpiano y metacarpiano (mostrados en la *Ilustración 3* en morado y amarillo respectivamente), del nudillo al cúbito.



A partir de la longitud de la mano completa, teniendo en cuenta el dedo meñique, la palma y la muñeca (hasta el inicio del cúbito), se produce el largo del antebrazo hasta el final del cúbito (hueso representado de color azul).

Ilustración 7: (Forearm Bones, Medical Art Library, 2017).

Con la misma ratio Policleto traslada las medidas hasta a la parte superior del brazo, que termina en lo más alto del hombro, precisamente en el acromion.

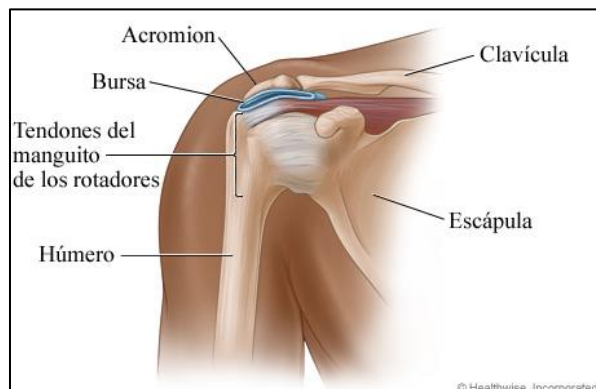


Ilustración 8: (Hombro, Healthwise, 2015).

2.5.6. La progresión numérica en el tronco del hombre

La largura de la parte superior del brazo se traslada al tronco del cuerpo, donde se establece como la distancia desde lo más alto de la cabeza hasta la coyuntura de las clavículas (en el manubrio del esternón, mostrado en color verde en la siguiente imagen). De esta manera la distancia entre el codo y el acromion es la misma que del manubrio del esternón hasta lo más alto del cuerpo.

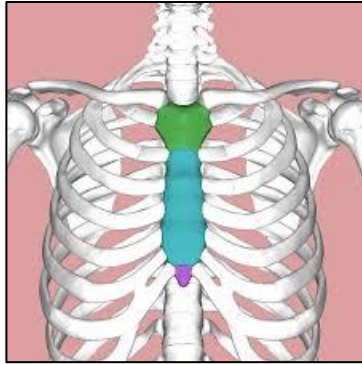


Ilustración 9: (Esternón, Anatomía Topográfica, 2020)

La ratio se sigue manteniendo en la construcción de todo el tronco de la figura.

Policleto imagina un rectángulo que forman las clavículas con la cabeza. Su diagonal se extiende de nuevo desde la parte más alta de la cabeza, pero esta vez hasta la altura de los pezones. El proceso por el cual imagina un rectángulo y toma su diagonal como longitud de la siguiente parte del cuerpo se denomina “encuadramiento”.

El “encuadramiento” de esta nueva distancia cabeza-pezones da una diagonal cuya largura se extiende desde la cabeza hasta el abdomen, sobre el ombligo y a la altura de los codos. La distancia cabeza-abdomen es “encuadrada” cediendo una diagonal cuya largura se extiende hasta la ingle, considerada el punto medio del cuerpo.

Esta longitud de cabeza a ingles cede una diagonal que se prolonga de nuevo desde la cabeza hasta las rótulas. Esta última longitud es encuadrada y su diagonal se amplía hasta la base de la figura, es decir, la planta del pie.

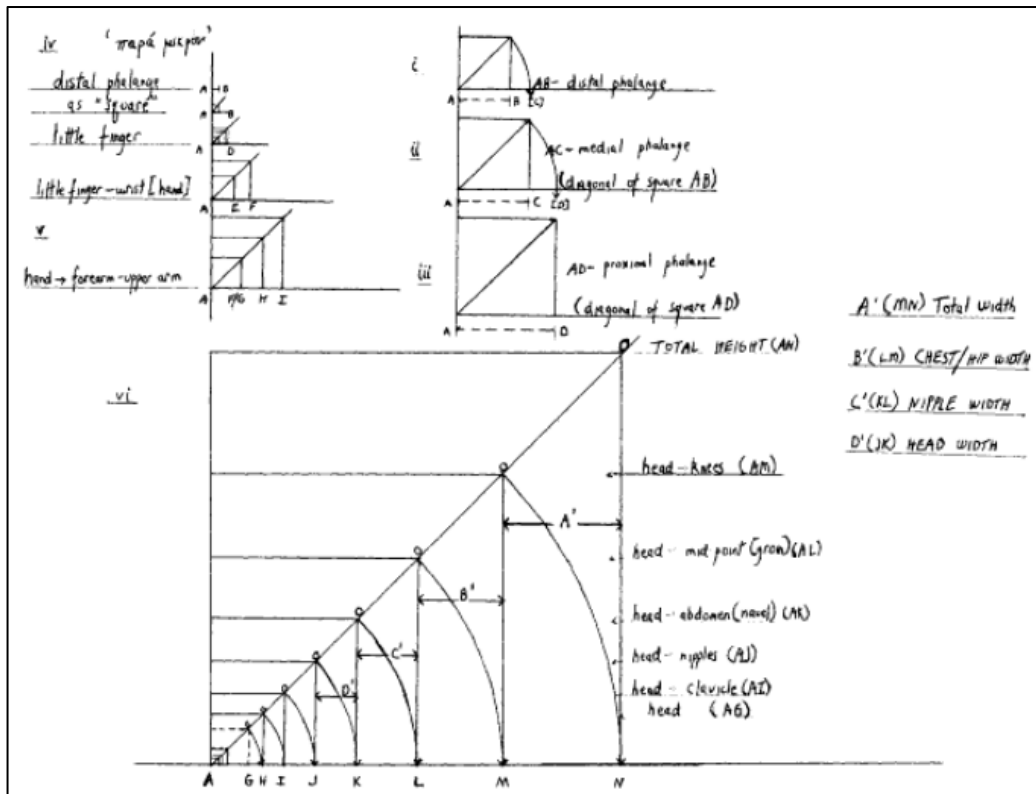


Ilustración 10: (Richard Tobin, 1975)

2.5.7. El planteamiento teórico del Doriforo

Policleto desarrolla toda la figura mediante este método. Utiliza un módulo que es único al mismo tiempo que múltiplo: una unidad geométrica que genera una serie de proporciones basadas en una ratio constante. La ratio, 1,4142... ($\sqrt{2}$), es la relación de longitud de cada número espacial con la diagonal de su cuadrado. Esta serie de proporciones permite encontrar las dimensiones del área (largura y anchura) de cada sucesiva parte del cuerpo, cada una concebida como un número geométrico. Los números evolucionan mediante una progresión geométrica, empezando con la unidad inicial de la falange distal del dedo meñique de una mano.

Policleto trabaja con un módulo de área, número espacial; establece la largura y anchura de la falange distal del dedo meñique, ya que le encuentra una existencia perfecta en la naturaleza. Una vez el módulo es colocado en la progresión, la nueva largura de cada sucesiva parte del cuerpo produce su anchura correspondiente. Por consiguiente, este crecimiento nombrado crecimiento de gnomon¹³ produce una serie de figura geométricas relacionadas unas con otras en tamaño y prácticamente idénticas en forma bidimensional.

¹³ Gnomon (del griego γνῶμων): aguja o vara cuya sombra proyectada sobre una escala predispuesta en el suelo indica las horas en un reloj de sol. La palabra griega también acoge el significado de 'concedor'.

2.5.8. Aplicación práctica del sistema

La aplicación práctica de este sistema probablemente implica un proceso similar al siguiente:

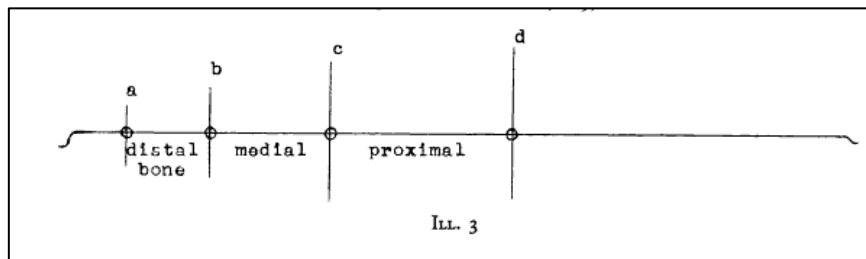


Ilustración 11: (Richard Tobin, 1975)

Se plantea que, a la hora de llevar el Canon a la práctica, el primer paso que Policeto realiza es anotar solo las alturas de cada una de las partes. La anotación de distancias se realiza con el uso único de una cuerda que ha de exceder la altura total de la figura que se planea esculpir.

Para establecer el punto de partida de la anotación, anuda uno de los extremos, que recibe el nombre "a". Tomando la dimensión que había determinado para la longitud de la falange distal del dedo meñique, transfiere este largo a la cuerda atando un nuevo nudo (b) a la distancia determinada del punto inicial (a). De este modo la dimensión lineal inicial (que recibe el nombre de ab) de la progresión ya está "anotada".

Policeto dibuja un cuadrilatero con esa dimensión inicial como longitud de su lado, y toma su diagonal. La longitud de la diagonal representa la siguiente altura en la progresión, y el escultor la marca en la primera cuerda con un nuevo nudo (c), a la distancia apropiada del previo. Teniendo en cuenta esta nueva distancia (bc), la "encuadra". La diagonal del nuevo número espacial representa la longitud de la siguiente altura en la progresión y una vez más la "anota" en la primera cuerda con un nuevo nudo (d). Ahora la cuerda cuenta con tres medidas sobre ella, "ab", "bc", y "cd", que corresponden a la longitud de cada una de las falanges del dedo meñique, distal, medial y proximal respectivamente.

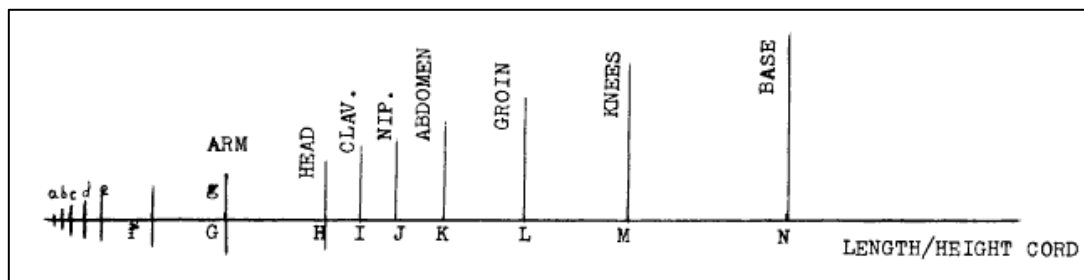


Ilustración 12: (Richard Tobin, 1975)

La progresión de las longitudes en el tronco no es individual como en el caso de la mano y el brazo. Sin embargo, cada nueva longitud incluye la anterior al extenderse desde la parte superior de la cabeza.

El último nudo utilizado para marcar las longitudes del brazo es “g”, este indica la longitud justo hasta el acromion. Policleto toma este mismo punto como punto inicial para marcar cada una de las nuevas dimensiones con inicio en la parte más alta de la cabeza.

Otra alternativa a este método es añadir cada nueva dimensión en la cuerda usando como punto de inicio el nudo que marca el límite de la longitud previa, de la misma manera que en la búsqueda de las longitudes de la mano y el brazo. Esto podía conllevar una cuerda de hasta 6 metros de largo. Por esa razón la cuerda de superposición se prefiere como herramienta de trabajo.

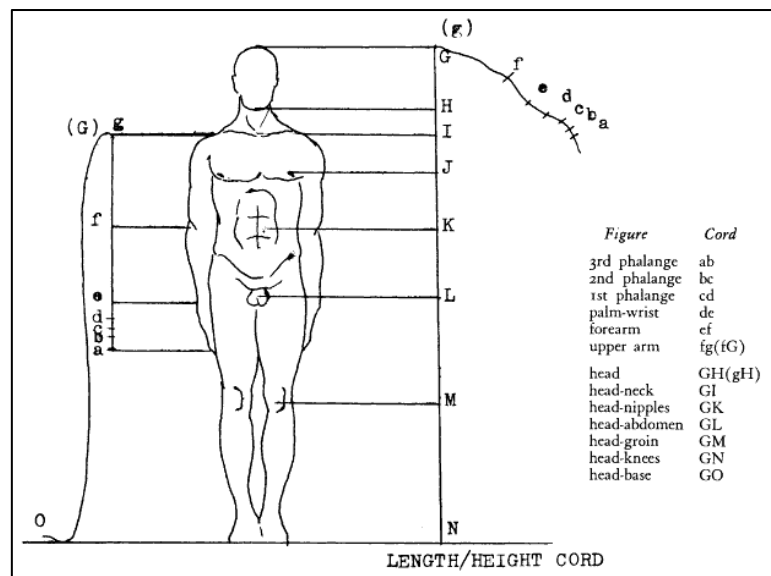


Ilustración 13: (Richard Tobin, 1975)

Es posible que con tal de anotar las anchuras del cuerpo y conocer tridimensionalmente cada una de sus partes, Policleto haga uso de una segunda cuerda.

2.5.9. La utilización de una segunda cuerda en el sistema de proporciones

Una vez Policleto ya ha determinado la ratio de anchura y largura para el número espacial que compone la falange distal del dedo meñique, construye el rectángulo de ese número con una cuerda en un tamaño que pueda conducir a una altura apropiada para la figura total. Coloca este rectángulo en una línea recta que excede la altura total de la figura que ha planeado tal como se muestra en la *Ilustración 15*. El punto de inicio de esta recta recibe el nombre de “A” y su extremo final “B”.

Después toma la diagonal del rectángulo que inicia en “A” y acaba en un tercer punto “C”. Esta diagonal se la extiende hasta quedar paralela a “B” alcanza un punto (C¹).

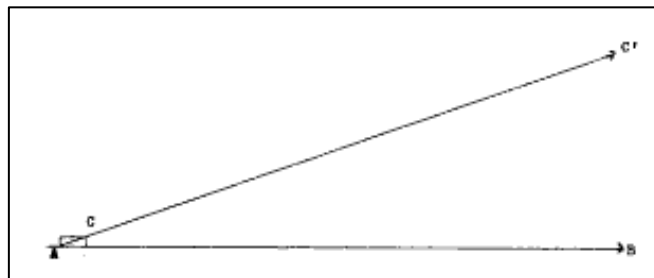


Ilustración 14: (Richard Tobin, 1975)

Siempre midiendo desde el inicio de la progresión en el punto “A”, el escultor produce la serie de anchuras según transfiere las longitudes en la cuerda de anchuras.

Poniendo de ejemplo el rectángulo que se muestra en la *Ilustración 15*, el cual muestra la longitud y anchura de la falange distal del dedo meñique, Policeto transfiere la longitud de la falange media a esta segunda cuerda, midiendo desde el punto “A”.

Con el uso de una segunda cuerda se consigue evadir una repetición de distancias en la primera cuerda. Su repetición interrumpiría la progresión cuyos resultados dependen de una representación geométrica apropiada. Para cada punto sobre la línea base¹⁴ “AB” en la que se documenta una medida de longitud de la primera cuerda, su correspondiente anchura es la línea que cae dentro de la diagonal extendida (“AC¹”) perpendicular a ese punto.

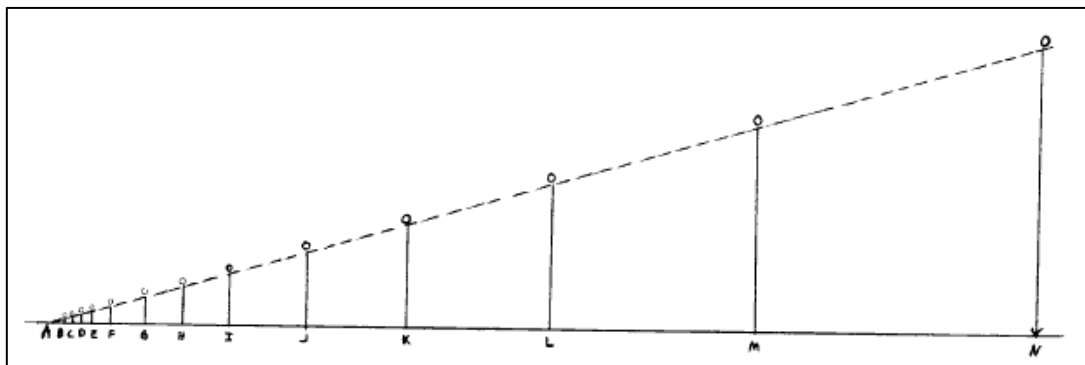


Ilustración 15: (Richard Tobin, 1975)

¹⁴ La línea base es la cuerda que se emplea con tal de anotar las anchuras de las partes del cuerpo. Esta línea empieza en un punto nombrado “A” y extiende hasta un segundo punto “B”. De la misma forma que Policeto marca las longitudes mediante nudos, es probable que estos dos puntos sean nudos y no simples extremos de una cuerda.

2.5.10. Elecciones personales de Policleto en el diseño del sistema

Hay dos pasos en la aplicación del módulo a la progresión geométrica que implican una elección propia en cuanto a cómo se emplea el sistema.

En el primer caso Policleto anota las longitudes que derivan de las partes del cuerpo junto al brazo (falanges, palma, muñeca, antebrazo y parte superior del brazo) en el punto donde la anterior acaba. En el torso, en cambio, las longitudes derivadas se aplicadas “internamente”, con la nueva medida siempre empezando, en el mismo punto que la anterior, la coronilla.

Por tanto, el sistema produce una proporcionada división de las partes del tronco del cuerpo al mismo tiempo que relaciona las partes del brazo entre ellas mediante un proceso de “añadidos”. En la mano misma, las tres falanges del dedo meñique han de ser tomadas juntas para que su longitud total pueda dar paso a la longitud palma-muñeca; y en la manera que la palma y la muñeca se toman junto a la longitud completa del dedo para conseguir la siguiente longitud, el antebrazo. Por consiguiente, el proceso no es siempre el mismo y según la parte del cuerpo cuyas medidas Policleto necesita, el proceso experimenta ligeras modificaciones.

En el segundo caso el escultor ha de transportar la progresión del brazo al tronco del cuerpo. Desplaza la longitud de la parte superior del brazo para que sea la misma distancia entre la cabeza y la clavícula. Se considera que la clavícula se encuentra sobre la línea imaginaria que va de un acromion a otro. Dentro de esa longitud de la cabeza a la clavícula, Policleto marca que el tamaño de la cabeza ha de ser igual a la longitud de antebrazo.

Para Policleto, es importante descubrir las entidades numéricas que el cuerpo humano oculta bajo su forma visible antes de determinar cómo esos números trabajaban en la totalidad del cuerpo y todas sus partes. La progresión geométrica, que se trabaja acumulativamente en el brazo e internamente en el tronco, corresponde a la construcción de la figura humana en la naturaleza. En la naturaleza, el brazo es ciertamente una parte del cuerpo total, pero los separa del tronco y sus partes (parte superior del brazo, antebrazo, muñeca, palma y cada dedo con sus tres distintivos huesos) son considerados tanto visual como funcionalmente como partes en un sentido que las partes del tronco no poseen.

Por tanto, Policleto no considera arbitrarias las diferentes maneras en las que el sistema se expresa dentro del cuerpo humano. Para él, el traslado de la longitud del brazo no es solamente conveniente sino una respuesta a una realidad que existe en la naturaleza, tanto en su esencia matemática como en su expresión visual. La longitud de la parte superior del brazo en la naturaleza es extremadamente similar a la distancia de la coronilla a la clavícula, en la misma

línea donde la longitud de la parte superior del brazo se mide (al nivel del acromion).

Policleto no transgrede el sistema mediante una aplicación arbitraria, en cambio descubre la manera en la que puede trabajar eficientemente dentro del cuerpo humano. Las leyes de la geometría complementan y no rigen la creatividad del sistema. Policleto mismo es quien determina la forma “ideal” de su figura humana, una forma en que el cuerpo completo y todas sus partes se determinan desde la falange distal del dedo meñique.

Su elección es puramente estética y se fundamenta en el concepto de belleza abstracto que contiene el cuerpo humano, como todas las cosas en el cosmos es un ser sujeto que expresa una meticulosa concepción del mundo geométrica. Se concibe la belleza visual como una expresión numérica.

Policleto descubre la teoría numérica que corresponde a las proporciones visuales del cuerpo, destapa la realidad que lo forma y los medios por los cuales expresarla. Representa al hombre tal como es en la realidad.

2.5.11. El Doríforo de Nápoles, réplica romana

Con tal de obtener una visión más clara de la aplicación del canon, resulta de utilidad aplicarlo primeramente a una estatua hipotética. Una vez la construcción del sistema está ilustrada, la reconstrucción del Canon con base en la estatua de Nápoles es más clara.

El primer paso que Policleto realiza, como se ha descrito anteriormente es determinar el número espacial que forma la falange distal del dedo meñique. Este contiene una ratio de 1:3,4142, es decir que la longitud de la falange sería 3,4142 veces más grande que se anchura. De esta manera, a una falange que tenga de longitud 1.68 centímetros le corresponde un ancho de 0.48 centímetros. Esta forma concreta es la que se toma posteriormente como módulo constante. Este módulo se ejemplariza construyendo un ángulo recto que cumple las correspondientes medidas, este es el proceso del “encuadramiento”. Una vez el módulo está ejemplarizado, se toma su diagonal que corresponde a 2.33 centímetros. Se puede comprobar el valor mediante el teorema de Pitágoras. Los valores “C” corresponden a los lados o catetos del módulo materializado en forma de rectángulo y “D” a la diagonal resultante. Las incógnitas propuestas en la siguiente fórmula no se corresponden a los nombres otorgados a los nudos de la progresión numérica.

$$C^2_1 + C^2_2 = D^2$$

En ningún momento Policleto hace uso de ninguna cifra numérica, todos los números que emplea se encuentran materializados geoméricamente. En la cuerda donde está marcada la longitud de la falange “ab” de 1.68 cm, se marca un tercer punto “c”, que determina la longitud “bc” de 2.33cm,

Como se describe anteriormente, la evolución práctica de la distancia a lo largo de la primera cuerda continua hasta la altura total de la figura según la ratio 1:1,4142.

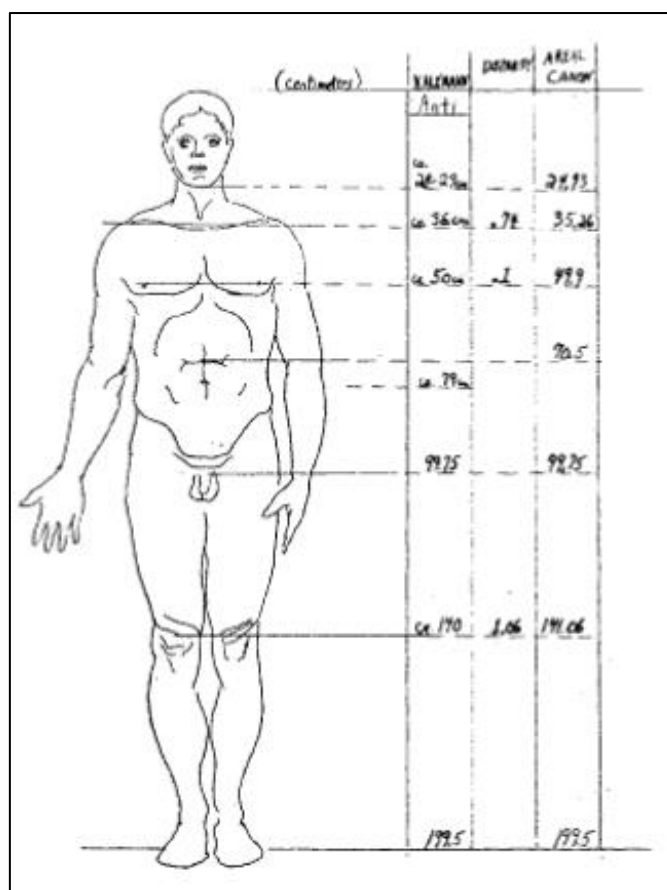


Ilustración 16: (Richard Tobin, 1975)

		Cuerda de alturas o primera cuerda
Falange distal	ab	1,65 cm
Falange media	bc	2,33 cm
Falange proximal	cd	3,3 cm
Dedo meñique / Suma de las falanges	ad	7,3 cm
Palma y muñeca	de	10,3 cm

Mano (desde la falange distal hasta la muñeca en la ulna)	ae	17,6 cm
Antebrazo	ef	24,9 cm
Parte superior del brazo (hasta el acromion)	fg	35,2 cm
Cabeza / longitud del antebrazo	AH	24,9 cm
Desde la cabeza hasta la clavícula / Longitud de la parte superior del brazo	AI	35,2 cm
Desde la cabeza hasta los pezones	AJ	49,8 cm
Desde la cabeza hasta el abdomen	AK	70,5 cm
Desde la cabeza hasta la ingle	AL	99,7 cm
Desde la cabeza hasta las rodillas	AM	141 cm
Altura total	AN	199,5 cm

Una vez las longitudes están marcadas en la primera cuerda, se construye el número espacial original¹⁵ y extiende su diagonal y la línea base¹⁶ más allá de la altura de la figura determinada por el sistema (199,5 cm). Se delimitan las longitudes de la primera cuerda sobre la diagonal empleando el número espacial como punto de inicio para cada una de ellas. Si se traza una recta perpendicular a la base que pasa por el punto que delimita una longitud, se toma el punto por el que la recta cruza con la línea base y la distancia entre ellos es la anchura correspondiente a la longitud antes tomada. De esta forma se cumple la ratio 1:3,4142 como previamente mostraba la *Ilustración 15*.

En la tabla siguiente se muestran las anchuras correspondientes a cada parte del cuerpo según el sistema de Policleto, empleando la ratio 1:3,4142.

“O” es el punto inicial de la segunda cuerda, esta cuerda es la diagonal mostrada en la *Ilustración 14*, cuyo punto de comienzo coincide con el punto “A” de la línea base.

		Longitud (primera cuerda)	Anchura (segunda cuerda)
OB	Falange distal	1,65	0,48 cm
OC	Falange media	2,33	0,69 cm
OD	Falange proximal	3,3	0,97 cm

¹⁵ Las dimensiones del número espacial original son de 1,65 x 0,48 cm

¹⁶ Base de la figura, largada del rectángulo en posición horizontal según la *Ilustración 14*

OE	Dedo meñique	7,3	2,14 cm
OF	Palma y muñeca	10,3	3,02 cm
OG	Mano	17,6	5,17 cm
OH	Antebrazo / Cabeza	24,9	7,3 cm
OI	Parte superior del brazo / De la cabeza a la clavícula	35,2	10,3 cm
OJ	Desde la cabeza hasta los pezones	49,87	14,6 cm
OK	Desde la cabeza hasta el abdomen	70,5	20,6 cm
OL	Desde la cabeza hasta la ingle	99,7	29,2 cm
OM	Desde la cabeza hasta las rodillas	141	41,3 cm
ON	Desde la cabeza hasta la base de la figura	199,5	58,4 cm

Según la progresión, se determina que la altura total de la figura en posición erecta y con los pies juntos es de 199,5 cm. Si tenemos en cuenta que la escultura se encuentra en la posición de *Contrapposto*, la figura hipotética reduce su altura a aproximadamente 196 cm.

Se ha de tener en cuenta que todas las medidas son aproximadas debido a la gran cantidad de decimales que se presentarían en el caso de querer ser anotadas con exactitud. Ya que Policleto no emplea números como tal si no nudos en cuerdas, tan gran detalle en su obra original no es posible.

2.5.12. El aumento voluntario del tamaño de la cabeza

Policleto va más allá de su Canon en el interés de efectuar su obra con una forma más idílica. Si se compara la figura hipotética con la copia del Doríforo de Nápoles se puede apreciar como la cabeza se muestra más grande de lo que marcaría la progresión numérica. Se plantea que Policleto aumenta su tamaño por elección propia fuera del sistema. Para determinar cuál sería la altura de la cabeza de la figura hipotética se ha de encontrar la correspondencia de la altura de la cabeza ampliada en la copia con otra medida del cuerpo.

La cabeza de la figura hipotética está marcada con una longitud de 24,5 cm, mientras que la del Doríforo de Nápoles presenta una altura de aproximadamente 28,5 cm. Si tomamos como correspondencia la distancia entre los pezones se observa que en ambas figuras es de 29cm, por lo tanto, las cabezas deberían ser también de igual tamaño. Así pues, se observa como Policleto habría realizado deliberadamente un aumento en el tamaño de la cabeza alrededor de 3,6 centímetros. Ahora la altura total de la escultura hipotética erecta con los pies juntos es de 203,1 centímetros. Al considerar la

postura en *Contrapposto*, la altura real se reduce a 199,5cm. Si se observa la tabla de medidas anterior se aprecia como la pérdida de la altura de la escultura debido a la postura se compensa al aumentar el tamaño de la cabeza.

2.5.13. Otras medidas externas a la progresión numérica

- Cara, 19.95cm
- Cabeza-Ombliigo, 79.6cm
- Barbilla-Punto medio, 71.05cm
- Punto medio-Ombliigo, 19.55cm
- Anchura de los hombros, 59.4cm
- Distancia entre pezones, 29.7cm

Algunas medidas conviene ser medidas respecto al tamaño de la cabeza. Unos ejemplos son los siguientes.

Nudos correspondientes		Equivalente en nº de cabezas	Longitud aproximada (cm)
AH	- Distancia entre pezones / Ombliigo - Pezones	1	29
KL	- Base de la zona genital - Media intersección del abdomen / Tuberosidad mayor ¹⁷ - Articulación interna del codo / Articulación interna del codo - Apófisis estiloides del radio ¹⁸	1	29
MN	Nivel del suelo - Rodillas ¹⁹	2	58
MN	ancho de los hombros	2	58

2.5.14. Las proporciones faciales según August Kalkmann²⁰

August Kalkmann publica el año 1893 su libro *Die Proportionen des Gesichts in der griechischen Kunst*, las proporciones de la cara en la antigua Grecia. Richard Tobin compara la propuesta de Kalkmann con el hipotético Canon de Policleto y

¹⁷ Tuberosidad mayor: Área prominente del húmero.

¹⁸ Apófisis estiloides del radio: Se vértice presenta la inserción del radio al ligamento lateral externo de la articulación de la muñeca.

¹⁹ Concretamente la ranura entre la rótula y el músculo vasto medial en la pierna de apoyo

²⁰ August Kalkmann fue un historiador y arqueólogo de arte clásico nacido en Alemania

afirma que coinciden. La comparación se muestra en la siguiente ilustración. A la derecha se muestra la figura hipotética realizada mediante el Canon de Policleto y a la izquierda la figura descrita por Kalkmann.

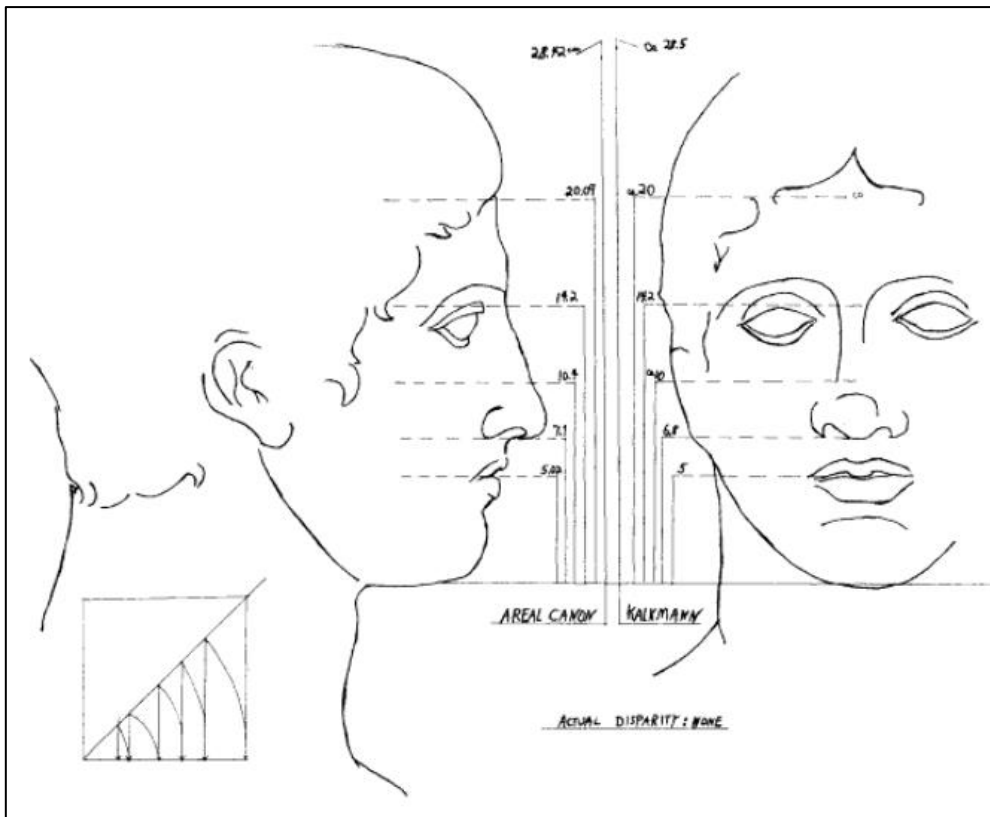


Ilustración 17: (Richard Tobin, 1975)

Concretamente las proporciones que se describen el libro de Kalkmann son estas:

Dimensiones faciales	Cm
Cabeza – Cuello	36,7
Coronilla - Nacimiento del pelo	8,35
Coronilla – Cejas	14,214
Cejas – Nariz	7,6
Ojo – Nariz	5,6
Ojo – Boca	7,5
Ojo – Barbilla	12,437
Ceja – Barbilla	14,214

Nacimiento del pelo-nariz	13,266
Nacimiento del pelo-boca	14,925
Boca- Barbilla	4,975
Longitud del ojo	3,316
Longitud de la nariz	6,633
Nariz – Barbilla	6,837
Ceja – Ojo / Ojo – Párpado inferior	1,77

2.5.15. Otro uso del sistema

Finalmente, las dimensiones de la figura hipotética realizada son idénticas a las de la réplica de Nápoles. Se confirma así el sistema y ratios del Canon. Se calcula al comparar ambas figuras que la disparidad entre ellas es de un 1% en el tronco y un 0.9% en la cabeza. Estos porcentajes se corresponden con valores menores a los 2 centímetros en cuanto a la totalidad de la figura.

Ya que se conoce la correspondencia total del Canon con de la réplica de Nápoles es posible afirmar que teniendo al alcance cualquiera de las mediciones o secciones²¹ de la escultura, al ser parte de la serie, sería posible encontrar la progresión numérica completa. El proceso puede realizarse a la inversa si, por ejemplo, la parte por la que se empezase a realizar la progresión geométrica no fuese la falange distal como se propone al inicio.

El hecho de que Policleto haya concedido el sistema a raíz de la falange distal del dedo meñique es una mera propuesta. Se cree en ello por su gran conocimiento en teoría numérica griega, pero es posible que comenzase con las dimensiones de la figura entera, tomando la altura total y ancho máximo del hombre como número espacial original. De esa manera la altura total del número espacial es la diagonal del rectángulo imaginario que envuelve la coronilla y las rodillas, y así progresivamente.

En caso de que el sistema se hubiese realizado de forma inversa es también posible que solo se hiciera uso de la segunda cuerda. Para esta cuerda, una representación geométrica de la progresión cede no sólo los anchos correspondientes a las longitudes²² como las verticales caídas perpendicularmente a ellas. En cambio, repite las dimensiones en la línea base

²¹ Galeno, un importante médico de la época clásica denomina secciones del cuerpo a la cabeza, el brazo y el tronco. Su mote acoge el significado de. Persona autorizada para ejercer la medicina.

²² Las correspondientes longitudes se marcarían en la línea base.

misma. Un ejemplo es la distancia MN entre las rodillas y el punto más alto de la figura, que es equivalente a la anchura de la altura total (ON).

En otras palabras, la distancia entre cada punto en la línea base y el punto siguiente es idéntica a la distancia vertical desde la diagonal extendida perpendicular al punto a continuación. (por ejemplo. LM = OM, KL = OL).

2.5.16. La tercera dimensión en el sistema

Hasta el momento las dimensiones que se encuentran anotadas son solamente dos, aún es necesario determinar la profundidad de cada parte con tal de que la escultura tenga volumen. Un ejemplo es la anchura del tronco del cuerpo, la envergadura que cruza el cuerpo frontalmente.

En el caso de las anchuras del brazo, la aplicación del sistema involucra algunas partes en que las dimensiones de ancho y profundidad son totalmente intercambiables con el desplazamiento frontal de las posiciones de partes del brazo y la mano. En este caso se necesita especificar las posiciones sobre el brazo en las cuales las anchuras se miden.

Hasta la fecha las medidas completas tanto del ancho como la profundidad de varias partes del brazo y mucho menos del tronco del cuerpo no han sido publicadas por ningún medio. Para conocerlas se requiere determinar donde fueron medidas las anchuras y si a las medidas de la tercera dimensión es posible llegar siguiendo el mismo proceso utilizado durante todo el Canon.

Es altamente probable que Policleto resolviese la cuestión de las medias de profundidad “a ojo” mientras procedía a construir un modelo mediante las medidas bidimensionales previamente determinadas con el sistema canónico en arcilla o cera. La tercera dimensión de las partes como el tronco del cuerpo y el brazo cuyas profundidades se hallan repitiendo las anchuras con ligeras variaciones. Eso es posible ya que las profundidades de estas partes son respectivamente uniformes y visualizadas con facilidad. Se ven marcadas en la *Ilustración 15* aquellas partes cuyo ancho sea igual desde perspectiva lateral y frontal.

El Canon produce las siguientes medias para el ancho a lo largo del brazo:

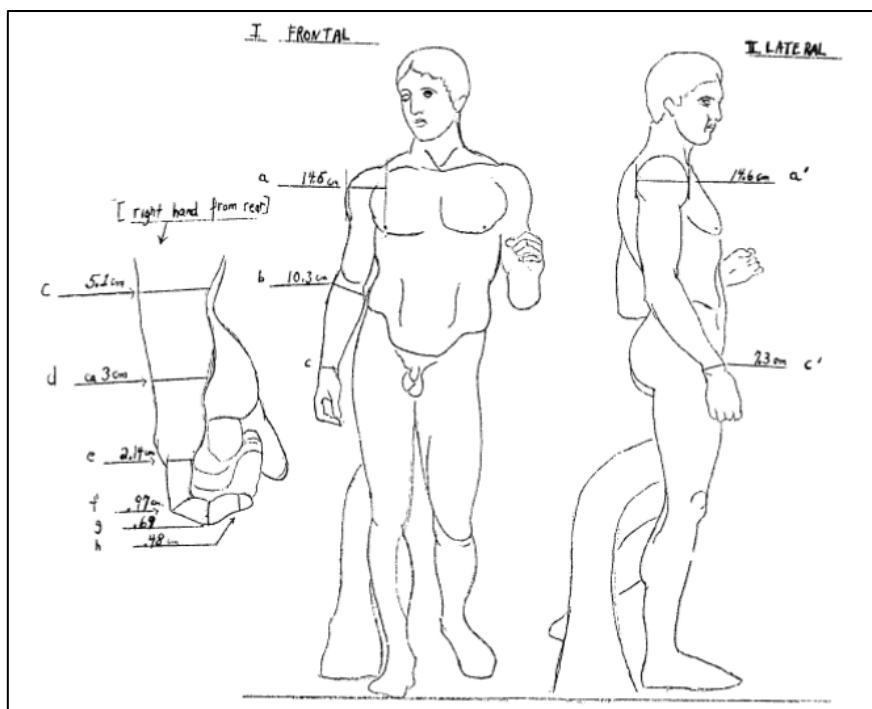


Ilustración 18: (Richard Tobin, 1975)

		Tipo de vista	Dimensiones (cm)
a	Deltoides ²³	frontal ²⁴	14.6
a'	Deltoides	lateral ²⁵	
b	Brazo hasta el codo	frontal	10.3
c	Mano en la muñeca	frontal	5.1
c'	Antebrazo en la muñeca	lateral	7.3
d	Palma en su punto más ancho	frontal	3
e	Dedo meñique ²⁶		2.14
f	Falange proximal hasta la articulación con la falange medial		0.97
g	Falange medial hasta la articulación con la falange distal		0.69

²³ Deltoides: Músculo del hombro en forma de semi cono hueco que rodea la articulación del propio hombro y une el omóplato a la porción central del húmero.

²⁴ Desde su origen en el límite anterior al último tercio de la clavícula, hasta su mayor ancho en el brazo

²⁵ En un ancho mayor junto a la parte superior del brazo

²⁶ En la base del hueso metacarpiano junto a la falange proximal

h	Falange distal hasta el final del hueso (bajo la uña)		0.48
---	---	--	------

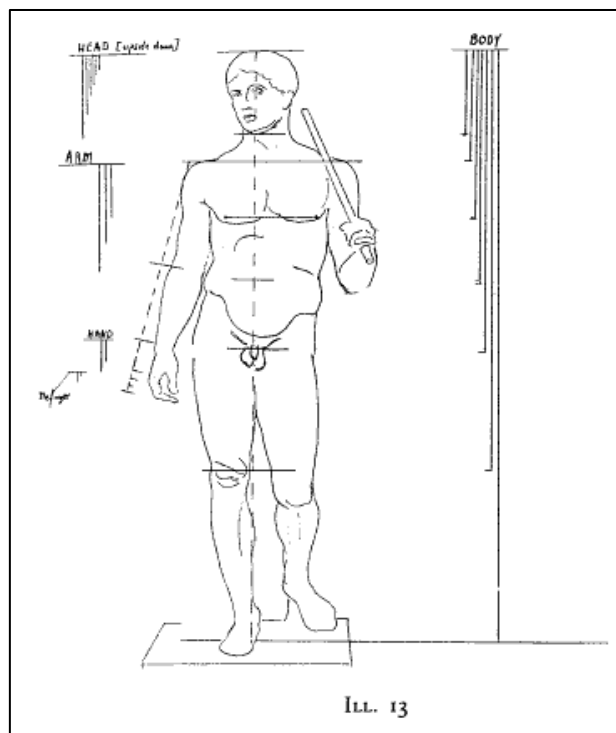


Ilustración 19: (Richard Tobin, 1975)

Mientras Policleto basa su número espacial en los huesos del dedo meñique, la aplicación de esos números es directa a las dimensiones superficiales del cuerpo, es decir la dimensión no acoge solamente el tamaño del esqueleto. La traducción del esqueleto a las formas en detalle tiene lugar sin una distorsión notable para permitir el aumento de tamaño, ya que las partes del cuerpo utilizadas en el sistema²⁷ mayoritariamente no incluyen los detalles de la forma viva.

Como efecto de la carne viva en grosor de las partes, el único ajuste que se ha de realizar respecto a la cuerda de longitudes es en la punta del dedo meñique, en la cual la uña y la carne se extienden más allá del final del primer hueso.

La mayor parte de los anchos se cogen en la coyuntura de un hueso con otro, punto en el cual el hueso es física y visiblemente evidente justo bajo el fino revestimiento de piel.

Es comprensible que el escultor use el ancho resultante del sistema para el hueso y otro para el hueso ya cubierto de carne y piel. Tal acción es justificable en las proporciones del cuerpo humano en la naturaleza. El hecho de que las

²⁷ Huesos de los dedos y brazos, cabeza, clavícula, etc.

partes del esqueleto estuviesen ya cubiertas, es decir con un volumen mayor que el del hueso, pero no realmente ocultas en la apariencia de una forma con vida se relaciona como la mentalidad pitagórica. Según esta mentalidad, la esencia numérica de las cosas se haya escondida bajo la realidad física.

Fuera de un contexto filosófico, la incorporación de la carne viva en los números espaciales de las partes del esqueleto en el cuerpo de ninguna forma distorsiona su forma o interrumpe la progresión. No se produce ninguna distorsión debido a que la progresión numérica se inicia en las longitudes de las partes, que no se ven variadas con el añadido voluminoso de la carne viva. La única modificación de las longitudes se realiza al final, como se menciona anteriormente, en la falange distal del dedo meñique.

3. El hombre de Vitruvio

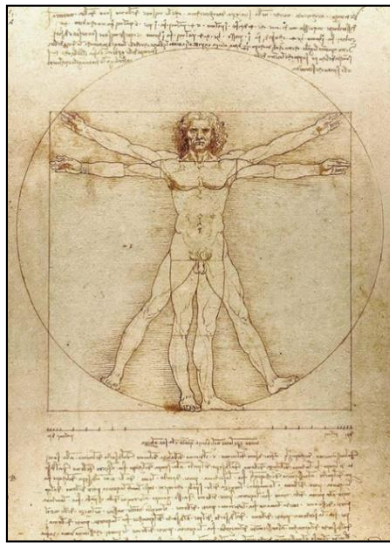


Ilustración 20: (Vitruvian Man, Amazon, 2019)

El hombre de Vitruvio se trata de una de las obras más destacadas del artista italiano, Leonardo Da Vinci, a pesar de no ser una creación suya auténtica. Este dibujo es nombrado por él mismo: “Las proporciones del cuerpo humano de acuerdo con Vitruvio”.

La pieza une a la perfección el ámbito científico y artística, ya que se trata al mismo tiempo de una obra de arte y de un diagrama matemático que expresa la creencia en el pensamiento de los Viejos Maestros (artistas de renombre durante el periodo de la Grecia clásica). Su pensamiento consiste en considerar que todo tiene una conexión con todo lo demás, es decir que existe una conexión universal (en este caso entre el arte y las matemáticas plasmadas en el boceto de Da Vinci).

El dibujo representa un hombre desnudo idealizado en postura de pie dentro de un cuadrado y un círculo simultáneamente. Ingeniosamente es representado con 4 piernas y 4 brazos, hecho que permite que hasta 16 posturas diferentes estén plasmadas en un mismo dibujo.

El origen de esta pieza tiene lugar en el libro *De Architectura*. Se trata de una guía de edificación creada únicamente por el arquitecto e ingeniero romano Marcus Vitruvius Pollio. El arquitecto trata en su libro tanto los deberes y cualidades que debe tener un arquitecto hasta los problemas urbanísticos en relación con la distribución de las edificaciones, el amurallamiento de recintos y el trazado de las calles. Teniendo un foco principalmente arquitectónico, el tratado también explora el cuerpo humano, más específicamente la geometría de las proporciones perfectas en un hombre joven adulto.

Estas proporciones son señaladas en el capítulo primero del libro tercero de la guía de edificación bajo el subtítulo “Origen de las medidas de los templos”. Al inicio de la obra nombra a su teoría arquitectónica “*rationario*” y a su construcción “*fabrica*”. Posteriormente define que la arquitectura ha de contar con las siguientes cualidades: firmeza, utilización y belleza. Todas estas características son las que busca plasmar en los templos que construye en honor a los dioses.

3.2. Marcus Vitruvius Pollio (Vitruvio)

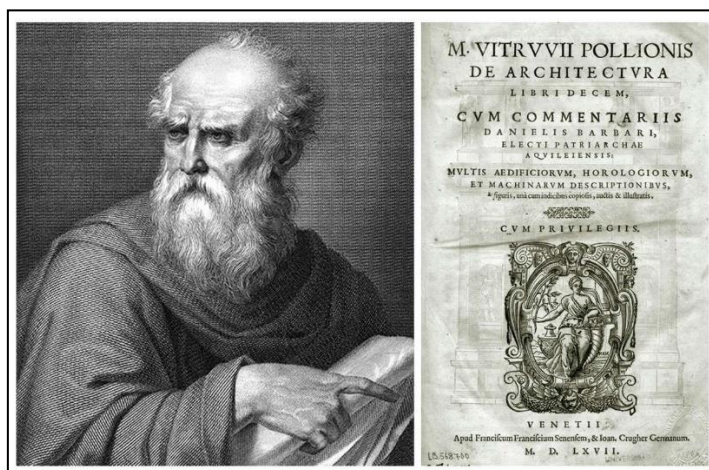


Ilustración 21: (Izquierda: Grabado del arquitecto romano Marco Vitruvio Polión (siglo I a. C.). Derecha: Portada del libro X del tratado *De Architectura* de Vitruvio, en la edición publicada en Venecia en 1567, *Meteored*, 2018)

3.2.1. Fecha y lugar de nacimiento

La biografía de Marcus Vitruvius Pollio se encuentra escasamente documentada. Su fecha de nacimiento y muerte se aproximan a los años 75 – 10 a.C. Fue contemporáneo a Julio César y Octavio Augusto. Aunque se desconoce su lugar de nacimiento, investigadores barajan la posibilidad de que el arquitecto e ingeniero fuese originario de Verona, Placencia o la antigua Formia.²⁸

La única fuente de información documentada contemporánea disponible es su propio tratado *De Architectura*. Más información sobre su vida no aparece hasta un siglo después de su fallecimiento.

3.2.2. La educación que Vitruvio recibe

Vitruvio obtiene gran parte de su formación desde joven y de forma autodidacta mediante libros de antiguos intelectuales griegos. En su camino de especialización hacia el campo de la arquitectura unos mentores – arquitectos

²⁸ Verona, Placencia y la antigua Formia son todos municipios situados al norte de Italia, antiguamente la República Romana.

teóricos y de profesión—, nombres de los cuales se desconocen, supervisan sus trabajos. Algunos estudiosos proponen que los maestros de Vitruvio son principalmente concedores de la arquitectura griega en el periodo helenístico y que uno de ellos podría ser Gai Muci²⁹.

Los conceptos principales de su pensamiento se encuentran inspirados en el racionalismo aritmético de la escuela Pitagórica.³⁰ Los conocimientos que Vitruvio posee para realizar su tratado no vienen dados únicamente por observación sino por experiencias constructivas y el estudio de materias tradicionales junto a grandes maestros.

3.2.3. El papel de Vitruvio en el cuerpo militar

Vitruvio se traslada a Hispania y Grecia para acompañar a Julio César en campañas militares y la guerra civil, concretamente actúa como ingeniero militar en categoría de *praefectus fabrum*³¹.

Aunque sus construcciones no se mantienen en pie en la actualidad, a Vitruvio se le debe la invención del módulo quinario³² en la construcción de acueductos.

3.2.4. Final de su participación en el cuerpo militar

Durante su ancianidad Julio César y Augusto ayudan a Vitruvio con una subvención vitalicia. Una vez Julio César muere, el arquitecto dispone sus dotes al servicio de Marco Antonio, líder del partido cesariano. Octavio, hijo del difunto emperador, Julio César, entra en conflicto con el líder del partido, pero una vez valora la fidelidad que Vitruvio mantuvo frente a su padre, Octavio concede al arquitecto un trabajo muy bien remunerado y derechos privilegiados. Así pues, Vitruvio muestra su agradecimiento mediante una dedicatoria en el prefacio³³ del libro primero de su obra *De Architectura*.

²⁹ Se cree que Gai Muci podría haber sido maestro de Vitruvio ya que este alaba su sabiduría en un fragmento de su obra. Gai Muci fue discípulo de Hermodo, un arquitecto griego de mediados del siglo II a.C. que imparte clases en la ciudad de Roma. En sus últimos años de vida se dedicó a educar a futuros arquitectos, probablemente uno de ellos fuese Vitruvio.

³⁰ Consultar *Apéndice 2*.

³¹ Jefe de los artesanos especializados, encargado de dirigir a los ingenieros, topógrafos y obreros del ejército.

³² El sistema quinario es el sistema de numeración quinario de base 5 usando únicamente los símbolos del 0 al 4. Para convertir un número al sistema quinario se realiza una división sucesiva entre 5, el último cociente y todos los residuos son las cifras de número quinario. De acuerdo con este método, el número cinco se escribe 10, el número veinticinco 100 y el sesenta se escribe 220.

³³ Cosa que se dice o se escribe como introducción para lo que es el asunto principal de un discurso o tratado.

Se calcula que para poder dedicarse a la escritura de su tratado y por motivos de vejez, ya habría dejado su posición como ingeniero militar hacia el año 37.aC.

3.2.5. Difusión del tratado *De Architectura*

Gracias a la invención de la imprenta el año 1440, la obra empieza a obtener una gran difusión principalmente durante el siglo XVI. Todo y que su tratado ya es conocido y empleado en la Edad Media, la edición realizada en Roma en 1486 ofrece a los artistas renacentistas un canal privilegiado para reproducir sus creaciones. El neoclasicismo arquitectónico se basa en los órdenes griegos que Vitruvio esquematiza y hasta hoy en día su obra parece ser una base de información insustituible.

3.2.6. Intención de la escritura del tratado

Si bien la intención de Vitruvio no es el desarrollar un tratado exclusivamente sobre las proporciones humanas, sí describe los que él considera unos principios generales sobre la aplicación que pueden tener, no solo en arquitectura, sino también en el campo de la ingeniería. Es el arquitecto quien decide aplicar el sistema proporcional en cada caso particular. Vitruvio no sugiere estos principios arbitrariamente, en cambio justifica que su aplicación se ha de emplear como criterio objetivo de belleza de la siguiente forma:

“Los ojos son los que buscan la belleza, por lo tanto, si no se satisface su gusto tanto con las proporciones con estas adiciones³⁴ que agrandan oportunamente lo que parecía deficiente, el conjunto resultaría desproporcionado y feo a quien lo contemplara”.³⁵

Por consiguiente, Vitruvio describe como diversas correcciones se han de llevar a cabo en el proceso de *fábrica* de un templo. Esas correcciones han de realizarse de acorde al sistema de proporciones basado en el cuerpo humano con tal de que contenga su misma belleza.

El cuerpo humano es bello si se rige por una serie de proporciones y en su conjunto es contemplado satisfactorio. La belleza es consecuencia de la *Eurythmia*, cuya base es el sistema de proporciones.

La concepción de Vitruvio sobre el concepto es que cada parte es una fracción alícuota del todo, es decir que cada una de las partes que lo forman ha de estar hecha proporcionalmente al total. La unidad de media que indica que se ha de emplear es la dimensión de una parte importante de la totalidad del edificio.

³⁴ Adiciones: correcciones ópticas

³⁵ Extracto de “*Los diez libros de arquitectura*”.

Francisco Javier Roldán-Medina cree que la finalidad de conocer las proporciones humanas en la arquitectura es establecer un sistema de medidas con fracciones duodecimales (base aritmética) identificables³⁶ con las partes del cuerpo humano.

3.2.7. Aplicación de las proporciones a la construcción de los templos

Vitruvio aplica el sistema de proporciones humanas a la construcción de las columnas de los templos. Así es como emplea la columna como su módulo o unidad de medida. Concretamente el módulo consiste en la longitud que conforma el diámetro del fuste³⁷ de la columna, pero debemos saber que este módulo se extrae inicialmente de la parte más significativa del edificio, la fachada. Desde la anchura de la fachada se determina proporcionalmente el diámetro de la columna.

Una posibilidad de relación proporcional entre la anchura de la fachada y la altura de las columnas es tomar directamente la altura de las columnas de una tercera parte de la anchura de la fachada. Por otro lado, la altura que tendrá la columna que es igual a la profundidad del pórtico³⁸. depende del tipo de intercolumnio que tengan las columnas del pórtico.

Una vez el módulo de la construcción ya está definido, este da paso a las medidas de las diferentes partes de la columna. La columna se construye a semejanza del cuerpo humano, este rige la columna y en consecuencia la totalidad del templo. El hombre también actúa como módulo. La relación entre el módulo, el hombre y la columna es totalmente proporcional y por tanto mantienen una relación circular.

³⁶ Se ha de tener en cuenta que la identificación del sistema de medidas en la arquitectura con el cuerpo humano es en todo momento aproximada.

³⁷ Un fuste, palabra proveniente del latín *fustis*, es la parte de la columna que se encuentra entre el capitel y la basa. Corresponde al cuerpo principal o básico de las columnas utilizadas en muchos de los edificios desde la época egipcia hasta el neoclásico del siglo XIX.

³⁸ Un pórtico es un espacio arquitectónico conformado por una galería de columnas adosada a un edificio, (principalmente de los templos o de otros edificios monumentales), abierto al aire libre, y situado generalmente ante su acceso principal.

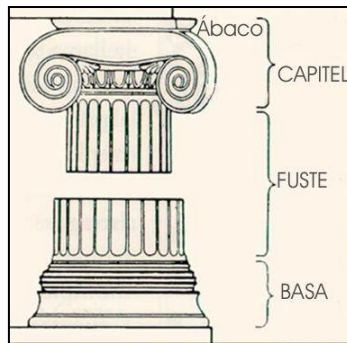


Ilustración 22: (Reproducciones de columnas piedra artificial, Columnas de piedra, 2020)

En su tratado, Vitruvio relata el estado de desconocimiento de proporciones que se debían dar a las columnas. La solución del problema se da tomando como unidad de medida la huella del pie de un hombre para aplicarla en la altura. Teniendo en cuenta que el pie constata, según Vitruvio, una sexta parte del cuerpo, dan a la altura total de la columna la longitud de seis veces su imoscapo³⁹. De esta manera, la relación humana es reflejada en la columna.

3.3. Leonardo Da Vinci

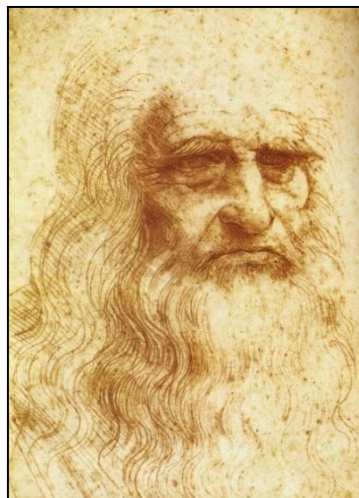


Ilustración 23: (Leonardo Da Vinci – Autoritratto, Leonardo Da Vinci, 1513)

3.3.1. Contexto social

El periodo anterior al Renacimiento da lugar a grandes cambios en Italia. Las ciudades-estado se convierten en la forma usual de estructura política y una de ellas, Florencia, lidera el intento de difusión de la ideología humanista. Este espíritu apuesta por retomar la idea de que el hombre es la medida de todas las

³⁹ El imoscapo es el diámetro inferior del fuste de una columna.

cosas. Así es como se convierte en capital del Renacimiento europeo. También es una época de grandes descubrimientos que aumentan las dimensiones del conocimiento humano. Tal conmoción intelectual hace que entre los artistas nazca una gran necesidad de transportar la naturaleza en su máxima pureza al realizar sus obras. De esta forma nace la ciencia moderna.

El gran crecimiento económico y social de la época permite que el Renacimiento y el humanismo supongan un gran impulso artístico e intelectual a lo largo de los siglos XV y XVI. A mediados del siglo XV se inicia un período de paz que causa un significativo aumento demográfico en el continente europeo -que pasa de 60 a 105 millones de habitantes-. Al disminuir la mortalidad del grupo de edad más afectado por conflictos bélicos, la nupcialidad y la natalidad aumentan.

En el ámbito social, el modelo de organización social se agrieta. La sociedad se divide en tres grupos: aristócratas, clero y trabajadores. En este tercer grupo se observa un cambio. La bonanza económica permite la aparición de la sociedad burguesa, la cual anhela el estilo de vida aristócrata. El ascenso social de algunas familias trabajadoras es un acontecimiento importante para el arte del Renacimiento. Las familias acomodadas actúan como mecenas⁴⁰ para los artistas -pintores y escultores- y ordenan construir numerosos monumentos y palacios.

El periodo renacentista lleva la pintura occidental a su máximo esplendor. Se reflejan los cambios que los nuevos descubrimientos causan en la concepción del mundo. En un contexto de tensión política, social y religiosa, se unen conceptos opuestos a través del arte.

3.3.2. La educación que recibe Leonardo Da Vinci

El toscano nace en la ciudad de Vinci el 15 de abril del 1452. Fallece un 2 de mayo de 1519 en Ambroise.

En su niñez sus conocimientos se basan plenamente en clases privadas probablemente en su casa, ya que nunca recibe una educación oficial. A pesar de encontrar problemas para elegir profesión, a los 15 años de edad se muda a Florencia, gracias a contactos de su padre, para aprender de Andrea de Verrocchio⁴¹, uno de los artistas más influyentes de la capital, en su polifacético taller.

⁴⁰ Un mecenas es una persona o fundación rica y poderosa que protege a los artistas y adquiere o promueve sus obras.

⁴¹ Andrea de Verrocchio es comparado con Donatelli pues es influenciado por sus últimas obras en el ámbito de la escultura.



Ilustración 24: (ANDREA DEL VERROCCHIO, INSTITUTO DE LOS ANDES, 2008).

Allí aprende a crear sus propios materiales como colores y pinceles además de los conceptos de la perspectiva⁴² y la composición⁴³. Se forma también en técnicas de creación de sombras y las normas de la anatomía. Su experiencia en el taller es decisiva en su formación ya que aprende las técnicas artísticas a través del dibujo.

3.3.3. El talento e interés de Da Vinci por la ciencia

El término “*modus operandi*” se utiliza para describir su afán por ir más allá del conocimiento establecido en la época y experimentar con todos los elementos del arte que le sean posibles.

Desde niño observa la naturaleza de Toscana⁴⁴ desde la perspectiva de un exigente artista y científico. De esta forma utiliza la ciencia para investigar los secretos de la naturaleza que la especie humana no había percatado hasta el momento. No sólo se interesa por la naturaleza científica, sino que se interesa por el campo del arte, que puede hacer de la vida algo más interesante dentro de la comodidad. No por eso da la espalda a los elementos naturales que conforman el mundo, sino que trata de imitarlos en las creaciones más bellas habidas y por haber. Sus creaciones son tan diversas y avanzadas a la época que no se consigue mejorar sus dibujos de botánica y anatomía hasta 3 siglos después.

⁴² La perspectiva es la manera de representar uno o varios objetos en una superficie plana, que da la idea de la posición, volumen y situación que ocupan en el espacio con respecto al ojo del observador.

⁴³ La composición, en el lenguaje visual, consiste en la organización de los elementos que forman el conjunto de imagen, con tal de obtener un efecto de orden y unidad.

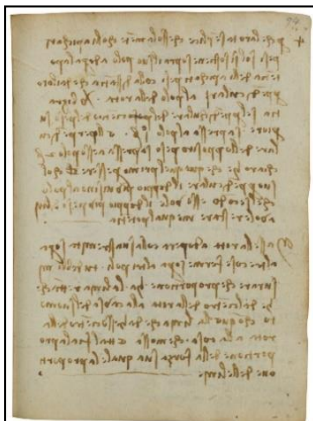
⁴⁴ Toscana ubicada en el centro de Italia, con Florencia como capital. Limita al noroeste con Liguria, al norte con Emilia-Romagna, al este con Marche y Umbría, y al sur con Lazio.

3.3.4. La vida adulta de Leonardo Da Vinci

En 1482 -una vez cumple 30 años-, se traslada a la corte milanese de Ludovico Sforza⁴⁵, donde transcurre gran parte de su carrera. Durante su primer periodo en Milán crea *La última cena* (1494-1498), entre otras obras. Con motivo de un ataque en Milán por parte de soldados franceses, Da Vinci huye de la corte pasando por diversas ciudades italianas. Una vez retorna a Florencia, empieza el retrato de la *Gioconda* (1503-1507), además de continuar su formación científica y técnica. En 1506 vuelve finalmente a Milán y el 1513 se traslada a Amboise por invitación del rey de Francia, Francisco I. El rey le ofrece una generosa renta vitalicia y una casa propia conectada a su castillo. En Francia, Leonardo encuentra la tranquilidad necesaria para realizar investigaciones y escribir a su antojo. Se convierte en decorador de la corte y para gusto de rey crea disfraces para sus bailes de máscaras. Diseña piezas mecánicas, juguetes y dibuja sin objetivo establecido. Su interés por la pintura se pierde al completo.

A lo largo de su vida establece contacto con otros artistas como Miguel Ángel, Botticelli, Perugino, Foppa, Bramante y Rafael.

3.3.5. La escritura espejo de Leonardo Da Vinci



En la mayoría de sus obras se puede observar una escritura bastante peculiar que realiza con un efecto de espejo (también llamado escritura especular). Muchos estudiosos consideran de esta especial forma de escribir una prueba de que el artista hubiese sido zurdo o en otro caso ambidiestro. Afirman que esa forma de escribir es más natural para un zurdo que la usada comúnmente, para así evitar emborronar el papel de tinta.

Ilustración 25: (Escritura espejo, Walker's Chapters, 2016).

Otras hipótesis sugeridas respecto la escritura espejo de Leonardo Da Vinci son: que intenta dificultar la lectura para que otras personas no puedan plagiar sus ideas y que esconde sus innovaciones científicas de la Iglesia Católica Romana⁴⁶, la cual imparte enseñanzas que a menudo discrepan de las observaciones del artista.

⁴⁵ Ludovico Sforza, también llamado el Moro (*il Moro*) por su color de piel moreno, duque de Bari desde 1479, ocupa la regencia de su sobrino Gian Galeazzo con el apoyo de Fernando I de Nápoles.

⁴⁶ Católico romano es un término utilizado para diferenciar a los miembros de la Iglesia católica en plena comunión con el Papa en Roma de otros cristianos que también se identifican a sí mismos como "católicos". También se emplea para diferenciar a los seguidores de la Iglesia latina y su rito romano de otros católicos.

3.3.6. Da Vinci: Un medio de comunicación entre arte y ciencia

A finales de los años 50 se identifican dos culturas intelectuales dispares, la humanista y la científica. El científico y escritor británico C.P.Snow⁴⁷, profesional en ambos campos, afirma en la conferencia Rede en la Universidad de Cambridge que la comunicación entre los dos grupos podía ser en diversos casos desde mínimamente difícil a prácticamente inexistente. En la actualidad el abismo del que el británico hablaba no se ha conseguido reducir.

Sin embargo, en la Italia de hace 500 años un gran número de intelectuales eran expertos y especialmente buenos en campos tan diferentes como los que estamos tratando. Se les nombraba “Los hombres del Renacimiento”. El más trascendente de todos ellos es el gran conocido Leonardo da Vinci, siendo el mejor en todas aquellas materias que llamaban su curiosidad por muy discernidas que fueran.

A pesar de haber pasado a la historia como uno de los más grandes artistas, además de haber destacado en el ámbito científico tecnológico, solamente se dedica al arte a tiempo parcial. A pesar de contar con 20 posibles cuadros, solo 7 han sido autenticados hasta el día de hoy.

Su forma de trabajar, sin embargo, le proclama también como el primer científico moderno, ya que anticipa y define con creces el “*modus operandi*” de la ciencia moderna. Por esto, y por su largo legado en la ingeniería adelantado a su tiempo, es evidente su genialidad en las dos culturas intelectuales enfrentadas. En las ocasiones que Leonardo se dedica al arte, el más riguroso método científico siempre se encuentra presente. Esa compenetración de ideas es la que le permite alcanzar sus innovadores resultados.

Al ser las matemáticas una de las materias que más trabaja, podría utilizar parámetros como la perspectiva, la proporción y la simetría presentes en la naturaleza, de forma intuitiva y natural. Muchos expertos afirman que el uso de las matemáticas es premeditado en todos sus proyectos con tal de alcanzar la máxima perfección posible.

⁴⁷ En una de sus obras más destacadas “Las dos culturas”, publicada en 1959, lamenta la brecha existente en la realidad entre científicos e intelectuales literatos.

3.3.7. El dibujo de Da Vinci inspirado por el tratado de Vitruvio⁴⁸

3.3.7.1. Materiales empleados para la creación del boceto por Da Vinci

El boceto globalmente conocido fue creado en el año 1492 con nada más que los siguientes materiales:

- Una punta de plata⁴⁹
- Tinta
- Papel
- Pluma

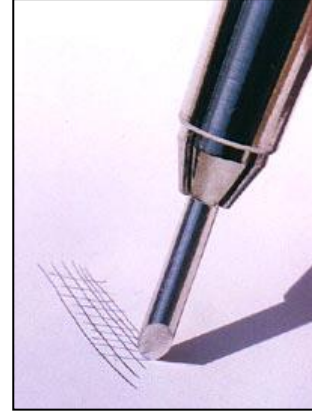


Ilustración 26: (About Silverpoint, Doug Gillette, n.d)

3.3.7.2. Las proporciones del dibujo de Da Vinci

Las proporciones declaradas en el tratado de Vitruvio apelan al interés de Leonardo en el campo de la anatomía y lo inspiraran a realizar el dibujo. Esta obra se convierte en la más importante representación de las proporciones marcadas por el ingeniero romano y una de las obras de arte más destacadas desde el Renacimiento hasta la actualidad.

Da Vinci ilustra el concepto que Vitruvio tiene sobre el cuerpo humano con perfectas proporciones. El canon consiste en el cumplimiento del *homo ad circulum y ad quadratim*, es decir, aquel que se inscribe simultáneamente en una circunferencia y un cuadrado.

Actualmente la obra de Da Vinci forma parte de la colección permanente de la *Gallerie dell'Accademia* en Venecia, Italia. Es parte de esta colección desde 1822 y desde entonces ha sido raramente exhibida, tratándose de una pieza muy frágil. Se considera una pieza clave de la colección y uno de los trabajos más importantes de todo el periodo renacentista.

El dibujo viene acompañado con 2 bloques de texto separados en anotaciones según el tratado original de Vitruvio y la descripción del cuerpo modelo en fracción, según la propia perspectiva de Da Vinci.

⁴⁸ Consultar Apéndice 3: Unidades de medida según Vitruvio

⁴⁹ La punta de plata es una herramienta de dibujo y escritura que consiste en una varilla de plata fina con punta, de diferentes tamaños, que se adjunta a un mango o un portaminas. Se utiliza como un lápiz para dibujar sobre un soporte de papel o pergamino preparado con una sustancia blanca o de color originalmente hecha de harina de hueso, llamada al Renacimiento carta tinta y que puede ser sustituida por una preparación de yeso o gouache. El término se refiere a la herramienta, la técnica y el trabajo obtenido.

El primer bloque consta de los siguientes datos:

- El cuerpo humano es formado de tal manera que el rostro, desde la barbilla hasta la parte más alta de la frente, mide $1/10$ de su altura total. ⁵⁰
- 24 palmos equivalen a la altura total del hombre.
- 1 palmo equivale a 4 dedos.
- 4 codos forman la altura total del hombre y son también equivalentes a un paso o 5 pies romanos.
- 4 palmos son un pie.
- 6 palmos son igual a un codo.
- La longitud del cuerpo desde el esternón hasta las raíces del pelo se trata de $1/6$ de la altura completa.
- Desde la parte media del pecho hasta la coronilla se encuentra $1/4$ de la altura total.
- El pie del hombre⁵¹, equivale a $1/6$ de la altura del cuerpo; el codo a una $1/4$, y el pecho $1/4$ de igual forma.
- El rostro se divide en tres partes exactas: la primera desde el mentón hasta la base de nariz, la segunda hasta las cejas y la tercera hasta la raíz del pelo.

En este primer bloque también observamos el siguiente texto con las palabras exactas de Leonardo:

“Si bajas tus piernas hasta haber descendido $1/14$ de tu altura y extiendes los brazos alzándolos hasta que ambos de tus dedos tocan el nivel de la parte más alta de la cabeza, has de saber que el centro de las extremidades extendidas estará en el ombligo y el espacio entre las piernas será un triángulo equilátero. Además, la longitud de tus brazos extendidos es igual a tu altura”.

En el segundo bloque Leonardo describe lo siguiente:

- La longitud con inicio en la raíz del pelo y final en la barbilla constituye $1/10$ de la altura total del hombre.
- La longitud con inicio en la barbilla y final en la coronilla es igual a $1/8$ de la altura total del cuerpo.
- La longitud desde la parte más alta del pecho hasta la coronilla equivale a $1/8$ de la altura total.
- La distancia entre la línea horizontal imaginaria en la que se encuentran los pezones y la coronilla es $1/4$ de la altura del hombre.
- El ancho máximo de los hombros es también $1/4$.

⁵⁰ Algunos documentos indican que se trata, en cambio, de una octava parte.

⁵¹ En este caso no como unidad de medida sino como parte del cuerpo

- La distancia del codo con el ángulo que forma la axila es $1/8$ mientras que la del codo con la punta de la mano⁵² es de $1/5$ de la altura total.
- La dimensión vertical de una mano equivale a $1/10$ de la altura total del hombre.
- La longitud máxima del pie es $1/7$ de la altura total.
- La distancia entre la suela del pie y el punto justo debajo de la rodilla constituyen $1/4$ de la altura total. De la misma manera que la distancia que comienza en el punto bajo la rodilla y finaliza en el principio del área genital.
- El principio de los genitales marca el centro del cuerpo desde una visión vertical.
- La distancia desde el mentón hasta la nariz es igual a la que comienza en la raíz del pelo y acaba en las cejas, equivalente al tamaño de la oreja, que es igual $1/3$ de la cara.

Las anotaciones que Leonardo realiza en su boceto con tal de complementar la información original de Vitruvio son muy significativas. Se introduce el valor $1/10$, que, en la época de Vitruvio, al no ser duodecimal no se emplea. También modifica el valor oficial del pie a $1/7$, que oficialmente se indica como $1/6$. Por último, indica que separando las piernas hasta descender un $1/14$ de la altura éstas forman un triángulo equilátero.

3.3.8. La importancia del hombre de Vitruvio

Toda la teoría de proporciones se ve aplicada a los templos. Se comprende como entre cada una de las partes del hombre y del proyecto arquitectónico se encuentra una proporción al mismo tiempo que con la totalidad del conjunto.

Se ha extendido globalmente la teoría de que el ombligo establece el punto central natural del cuerpo humano. Si la figura se encuentra boca arriba con las extremidades estiradas, se puede trazar, con un compás situado en el ombligo, un círculo que tocaría la punta de las manos y los pies. Este trazo circular permite también lograr un cuadrado debido a que la medida desde la planta de los pies a la coronilla es igual a la dada entre las puntas de los dedos de las manos una vez los brazos se encuentran extendidos en un ángulo de 45° respecto al tronco del propio cuerpo.

Mediante el cuerpo humano, los griegos hallan el cálculo de distintas medidas imprescindibles en cualquier construcción reconocida de la época. Estos son, los anteriormente mencionados, pies, codo, dedo y palmo. Distribuyen estas medidas en el *teleon*, un cómputo perfecto. Este número perfecto, a diferencia de como los matemáticos afirman que es el número seis, se trata principalmente

⁵² Se denomina punta de la mano al final del dedo corazón.

del número diez y sus posteriores decenas. El número se establece tomando en consideración el número total de dedos de la mano de un humano común.

La elección del número diez como el número perfecto da paso a numerosas disputas frente a quienes creían que este título había de pertenecer al seis. Con el tiempo se llega a asumir la perfección de ambos y se consigue así el tercer número perfecto, el dieciséis. Esta cifra tiene su origen en la unidad de medida del pie. El pie encuentra su equivalencia en dieciséis dedos.

Los antiguos intelectuales observan que la naturaleza ha formado el cuerpo humano de modo que todos los miembros que lo conforman guardan una exacta proporción respecto a la totalidad del conjunto. En consecuencia, fijan esta relación en la realización completa de sus obras de manera que cada una de las partes guarda una exacta y puntual proporción respecto a la forma total de la pieza. Si más no, esta relación que se observa entre obras arquitectónicas y la proporcionalidad humana solamente se tiene en cuenta en la construcción de templos en honor a los dioses, considerados dignos de la máxima perfección.

La importancia de la utilización de las proporciones observadas en el mismo cuerpo humano recae en el importante dato de que la sociedad griega del momento es antropocéntrica. El hombre es un ser dueño de sí mismo, libre y que se desarrolla en comunidad al formar parte de una *polis*⁵³. El hecho de que la figura humana sea tan destacada es causa de que los dioses de su cultura tengan tantas similitudes con los humanos y que por tanto la misma figura humana sea la perfecta referencia para construir sus templos de culto.

A pesar de la aparente arbitrariedad que inicialmente se pueda encontrar, la perfección está constantemente relacionada con el ser humano, sin excepciones, en todos los campos del saber. Así pues, muchos creen que el hecho de que el número perfecto se halle a partir de las articulaciones del cuerpo humano es lógico y sobre todo conveniente.

3.3.9. La cuadratura del círculo

Esta obra altamente reconocida que Leonardo responde a una pregunta planteada siglos atrás a la que no se encuentra respuesta.

La cuadratura del círculo es un problema propuesto en la antigüedad y que, como muchas otras ideas planteadas en el mundo antiguo, recobra vida en el periodo del Renacimiento con nuevos artistas y puntos de vista. El problema consiste en: ¿Cómo podemos coger el área de un círculo y crear un cuadrado de igual área?

⁵³ El término griego *polis* tiene el significado de ciudad autónoma y económicamente eficiente respecto a otras ciudades o estados

Este problema es hasta hoy considerado irresoluble debido a la naturaleza del número pi. El teorema de Liendemann-Weierstrass, en 1882 demuestra que π es un número trascendente⁵⁴. Por tanto, las construcciones geométricas exactas no se pueden realizar, si no aproximaciones en números reales.

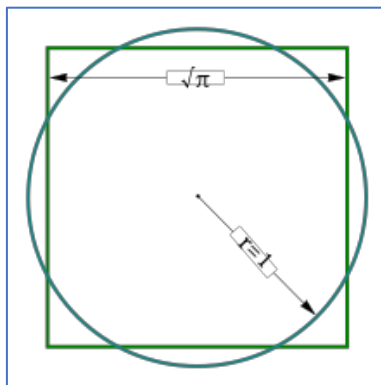


Ilustración 27: (La cuadratura del círculo, Sentenac, 2016)

El boceto de Leonardo presenta a un hombre colocado en el centro de un círculo y un cuadrado simultáneamente. Analicemos ambos elementos por separado.

La naturaleza del círculo podría afirmar que el ombligo es el centro del cuerpo humano y que como se ha mencionado anteriormente es el punto fijo donde un compás sería colocado para trazar un círculo alrededor del cuerpo.

La colocación del hombre en el cuadrado confirma que la amplitud de los brazos extendidos en ángulo recto y la altura total se corresponden de forma casi perfecta.

Mediante las ideas de Vitruvio, el problema planteado siglos atrás es resuelto metafóricamente utilizando la humanidad como el área conformante de ambas figuras, de acuerdo con la concepción espiritual del problema que se muestra en la Edad Media.

La representación del hombre *ad circulum* y *ad quadratum*, deja de ser solo el diagrama que permite comprender la coordinación existente entre el hombre y el cosmos. Principalmente se convierte en un símbolo de canon de belleza como resultado de la armonía del universo plasmada en la figura humana.

El arte se funde con el mundo de las matemáticas y de la geometría. Mismamente, expresa racionalmente la belleza del ser humana al mismo tiempo que la ciencia fundamental para conseguir la exacta imitación de la naturaleza. Que la obra comporte en el Renacimiento la unión de arte y ciencia no anula la concepción espiritual que se aprecia en el medievo. Su significado connotativo

⁵⁴ Un número trascendente es aquel número real irracional que no es solución de ninguna ecuación polinómica formada por coeficientes racionales

libre de infinitas interpretaciones no se rompe. Es más, su nueva imagen comporta la superposición de diversos pensamientos medievales con un cambio de acentuación de perspectiva racionalista.

3.3.10. Incoherencias corregidas por Da Vinci

Las proporciones que Vitruvio propone presentan varias incoherencias anatómicas. El arquitecto afirma que las medidas que toma son las del hombre ideal. Una vez comparadas con un humano común se observa que la propuesta de medida del pie, de aproximadamente 30 centímetros resulta demasiado grande. Vitruvio describe que la altura del hombre era igual a 6 pies⁵⁵ y no 7 como se propone más tarde, en la Alta Edad Media⁵⁶.

⁵⁵ Próxima a 1.80 metros

⁵⁶ La Alta Edad Media se comprende desde el año 476 hasta el año 1000.

4. El número Phi (Φ)⁵⁷

4.2. Fidias

Fidias (500 a. C.- 431 a. C.) es el escultor más famoso de la antigua Grecia, encuadrado en la época del primer clasicismo griego durante el siglo⁵⁸ de Pericles⁵⁹, quien fue su principal protector.

En su honor se conoce a la proporción divina como número Phi, (de su nombre traducido al inglés como *Phidias*) ya que se dice que hace un gran uso de dicho número en sus obras escultóricas en numerosas ocasiones.

Se cree que solo emplea la proporción divina con la finalidad de representar dioses, como por ejemplo en la estatua de Zeus en Olimpia. Esta figura en la actualidad no se conserva debido a diversos incidentes, como terremotos e incendios además de traslados, y se cree que su aspecto pudo ser similar al que se muestra en la siguiente ilustración.

Para esculpir mortales, en cambio, no hace uso de la proporción divina. Otro caso muy discutido de su utilización es en la estructura externa del Partenón.

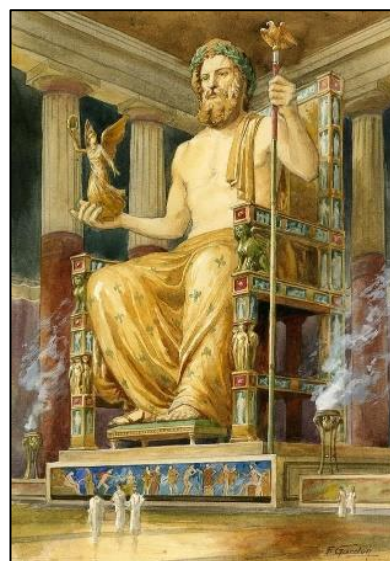


Ilustración 28: (Estatua de Zeus en Olimpia, sietemaravillas, n.d.)

Decir que el número dorado se emplea en la estructura del Partenón es aportar información injustificada. A pesar de que es la teoría más conocida sobre las proporciones, es la que más artículos científicos tiene en su contra. Al tratarse de un valor irracional, quien sostiene la teoría debe explicar racional y científicamente como pudo haberse utilizado de forma exacta. La divina proporción sí se utiliza en la arquitectura, pero no precisamente en este caso.

⁵⁷ El número Phi recibe una amplia variedad de nombres, por ejemplo, proporción áurea, número dorado o relación divina.

⁵⁸ Pericles da nombre a todo el siglo V a.C.

⁵⁹ Pericles es denominado el primer ciudadano de Atenas, ciudad donde fomenta el arte y la literatura.

esporádicamente a Constantinopla y Alejandría, y se instala después de forma permanente en Pisa para ejercer como matemático.

Su profesión en la escala social de la Europa medieval no es altamente reconocida, sino que se encuentra muy por debajo de lo que en la época se considera un hechicero e incluso un barbero. A pesar de ello, es el matemático más destacado del medievo europeo.

4.3.2. El sistema numérico decimal

Al principio del último capítulo de su obra *Liber Abaci*, se introduce el sistema numérico decimal, que adopta de sus maestros árabes.

A diferencia de las cifras romanas, estos símbolos no solo cuentan con un valor concreto en sí mismos, sino que su valor real que depende de la posición que ocupan respecto a otros.

Primeramente, muestra como en números romanos un mismo número podría representarse de una gran variedad de formas para proceder a mostrar los nuevos símbolos del 0 al 9. Como demostración:

1999: MCMLLIL, MDCCCCIC, MCMIC, MIM.

Para todos los casos similares siempre se normaliza el uso del más corto con la finalidad de optimizar.

Aquí se introduce otro gran avance, y es que anteriormente el número cero no existía, debido que no se le puede asociar ningún valor, y por lo tanto para los romanos no hubiese tenido ninguna utilidad.

Los únicos símbolos que toma directamente de la cultura árabe antigua son el 0 y el 9. El 2 y el 3 consisten en 2 y 3 líneas curvas unidas, respectivamente. En todos los números que Fibonacci crea, intenta que el número de líneas que posea el símbolo sea equivalente al valor que este representa. Aunque estos estaban inspirados en los usados por los árabes en la época, hoy solo conservan un leve parecido. El número 1 se sigue representando prácticamente igual y los números 2 y 3 girados 90° en sentido opuesto a las agujas de un reloj guardan alguna semejanza con los que propuso el autor en su libro (situados en la línea inferior de la *Ilustración 31*).

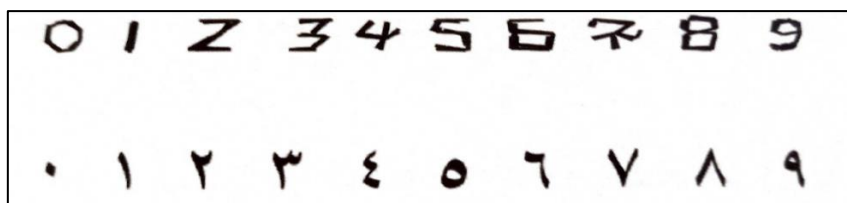


Ilustración 31: (Los símbolos del sistema decimal, Atalay, 2008)

4.3.3. El problema de los conejos

Antes de ver el origen de la serie Fibonacci, hemos de tener en cuenta que este problema se trata de una situación hipotética. En el espacio cerrado del que se plantea en ningún momento será presente la falta de espacio u alimento, la muerte de los conejos presentes y futuros o su salida del espacio.

La progresión numérica en la serie de parejas de conejos empieza con una sola pareja joven que no maduran hasta 2 meses después. Un par de conejos en etapa de madurez siempre da luz a otra pareja nueva cada mes, dentro de este escenario utópico. La nueva pareja también debe madurar antes de ser capaz de reproducirse en sus primeros 2 meses de vida.

En los primeros 2 meses desde el inicio de la progresión solo contamos con la pareja de conejos inicial y encontramos una nueva en el tercer mes. En el cuarto, los retoños todavía no han podido emparejarse por lo tanto solo dan a luz una nueva pareja los conejos de la pareja original. Entonces el espacio cuenta con un total de 3 parejas de conejos. En el tercer mes de vida de la segunda pareja, es decir, el quinto mes de la progresión, tanto esta pareja como la original dan luz a otra, teniendo así un total de 5 parejas en el espacio imaginario.

A continuación, se muestra una tabla numérica de como continuaría aumentando el número de parejas de conejos en el lugar según pasan los meses y los conejos continúan emparejándose entre ellos, produciendo siempre una nueva pareja mensualmente a partir de su tercer mes de vida.

Mes	Número de parejas total
Primero	1
Segundo	1
Tercero	2
Cuarto	3
Quinto	5
Sexto	8

Séptimo	13
Octavo	21
Noveno	34
Décimo	55
Décimo primero	89
Décimo segundo	144
Décimo tercero	233
Décimo cuarto	377
Décimo quinto	610
Décimo sexto	987
Décimo séptimo	1597
Décimo octavo	2584

Una vez vista la teoría y aplicada numéricamente en la situación hipotética del paso de 18 meses en nuestro espacio inventado, puede parecer que cuanto más tiempo transcurre y más grandes son las cifras numéricas, el problema se vuelve más complicado. Pero, si observamos los valores con atención, podemos distinguir un patrón continuo en la serie numérica.

Empecemos a ver el patrón de una forma sencilla, con los primeros números que encontramos:

La cifra del primer mes (1) sumada a la del segundo mes (1), nos da como resultado la del tercero (2). Primeramente, puede parecer una relación fortuita entre los números así que comprobemos con los siguientes. La cifra del cuarto

mes (3) más la de su anterior (2), nos da como resultado el número de parejas del mes posterior (5).

<i>Mes¹</i>	<i>Número de parejas – Mes¹</i>	<i>Mes²</i>	<i>Número de parejas – Mes²</i>	<i>Mes³</i>	<i>Resultado suma mes¹ y mes²</i>
Anterior al comienzo del experimento	0	Primero	1	Segundo	1
Primero	1	Segundo	1	Tercero	2
Segundo	1	Tercero	2	Cuarto	3
Tercero	2	Cuarto	3	Quinto	5
Cuarto	3	Quinto	5	Sexto	8
Quinto	5	Sexto	8	Séptimo	13
Sexto	8	Séptimo	13	Octavo	21
Séptimo	13	Octavo	21	Noveno	34
Octavo	21	Noveno	34	Décimo	55
Noveno	34	Décimo	55	Décimo primero	89
Décimo	55	Décimo primero	89	Décimo segundo	144
Décimo primero	89	Décimo segundo	144	Décimo tercero	233

Décimo segundo	144	Décimo tercero	233	Décimo cuarto	377
Décimo tercero	233	Décimo cuarto	377	Décimo quinto	610
Décimo cuarto	377	Décimo quinto	610	Décimo sexto	987
Décimo quinto	610	Décimo sexto	987	Décimo séptimo	1597
Décimo sexto	987	Décimo séptimo	1597	Décimo octavo	2584

4.3.4. Historia de la progresión numérica de Fibonacci

Esta progresión numérica comienza a tener relevancia tanto en ciencia como en matemáticas un tiempo más tarde. Muestra la conexión entre ciencias y humanidades que a primera vista parecen tan alejadas la una de la otra. En ambos casos a esta serie se la denomina: “los números de la naturaleza”.

El número también es utilizado en milenios previos al planteamiento de la secuencia de Fibonacci. Probablemente la serie no sea conocida por los matemáticos, aunque sí el valor que esta proporción representa y que pudo ser empleada por artistas muy antiguos. Unos claros ejemplos son la espiral logarítmica y el rectángulo áureo que Euclides⁶³ da como solución geométrica con las proporciones de Φ .

En el caso del rectángulo, la proporcionalidad entre su ancho y altura es el número áureo mientras que en la espiral logarítmica la relación se encuentra en su crecimiento.

⁶³ Euclides es un matemático griego nacido en Alejandría durante el siglo IV a.C. Es conocido como el padre de la geometría.

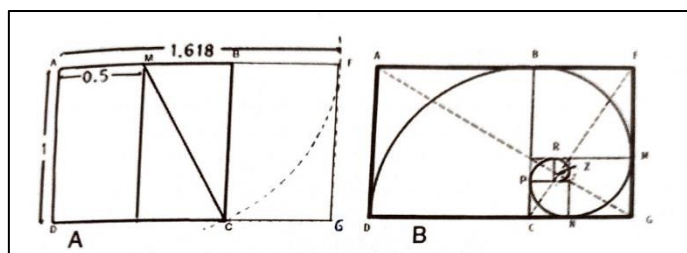


Ilustración 32: (El rectángulo áureo y la espiral logarítmica, Atalay, 2008)

Con tal de crear una espiral logarítmica hay que seguir los siguientes pasos:

1. Dibujar un rectángulo dorado, de manera que un lado sea 1,618 veces mayor que otro.
2. Dentro del rectángulo anterior, dibujar a uno de los lados un cuadrado.
3. Dentro del rectángulo que conforma el espacio restante de haber dibujado el cuadrado, dibujar un segundo cuadrado.
4. Repetir los pasos hasta donde se prefiera, pues el proceso puede continuar infinitamente.
5. Unir los cuadrados por sus puntos principales como muestra la figura B mediante una línea continua.

4.3.5. La progresión numérica con cualquier par de números

Examinando los números nuevamente desde otra perspectiva podemos observar un patrón. En cualquier par de números seguidos de la serie Fibonacci, dividiendo el primer término entre el segundo encontramos resultados con valores próximos a 1.62 unidades.

Veamos los siguientes ejemplos:

$$\frac{5}{4} = 1.66\dots; \frac{8}{5} = 1.6; \frac{89}{55} = 1.61818\dots; \frac{610}{377} = 1.618\dots; \frac{2584}{1597} = 1.6180$$

El último de los ejemplos redondeado a seis decimales resulta en 1.618034, una cifra bastante aproximada al número irracional ϕ (Φ). Este también es conocido actualmente por muchos nombres como “proporción divina” o “medida áurea”.

Esta clase de progresión numérica puede realizarse con cualquier par de números, utilizando el mismo método. Con el siguiente ejemplo veremos como la proporción entre pares sucesivos de números de la serie se convierte en el número áureo 1.618034...

Para el siguiente ejemplo emplearemos los números de la fecha de nacimiento de Leonardo da Vinci (15 de abril de 1452): 4-15

4, 15, 19, 34, 53, 87, 140, 227, 367, 594, 961...

$140/87 = 1,6091954$; $227/140 = 1,62142857$; $367/227 = 1,61674009$; $594/367 = 1,61852861$; $961/594 = 1,61784512$

4.3.6. El funcionamiento del número áureo (Φ)

“Phi” es un concepto único y una herramienta importante entre las composiciones más armoniosas de todas las artes a lo largo de la historia.

Este número es descubierto como la relación entre dos segmentos de una recta. Se busca que la razón entre la parte mayor de la recta y la parte menor coincida con la razón entre la longitud total y la de la parte mayor. Al segmento menor se le asigna el valor de una unidad mientras que al segmento mayor se le asigna la incógnita “x”. El desarrollo de la ecuación hasta llegar al número dorado es el siguiente.

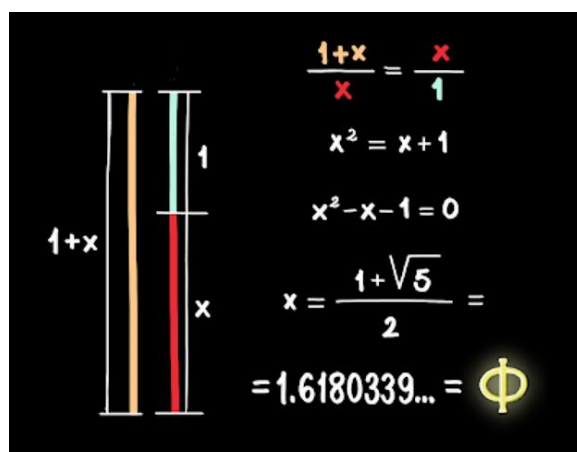


Ilustración 33: (Desarrollo de la ecuación a partir de la recta, Verslalune, 2013)

Phi es un número algebraico irracional, es decir que surge de resolver una ecuación algebraica, escribiéndose con un número finito de radicales libres o anidados⁶⁴.

Sus decimales son infinitos y no periódicos, se muestran en un orden completamente aleatorio e impredecible.

⁶⁴ Generalmente raíces no exactas de cualquier orden

4.3.7. Propiedades curiosas

El número ϕ cuenta con unas propiedades poco comunes en otros números irracionales similares a él. Tanto su cuadrado como su inverso mantienen los mismos decimales que el número original.

$$\phi = 1.618034\dots; \phi^{-1} = 0.618034\dots; \phi^2 = 2.618034\dots$$

4.4. La sección dorada en el “Hombre de Vitruvio”

4.4.1. Teoría sobre el ombligo localizado en divina proporción

La afirmación sobre la presencia de la divina proporción en el ombligo del “Hombre de Vitruvio” es generalmente considerada correcta. Muchos dan por supuesto que la divina proporción marca la posición en la que se encuentra localizada el ombligo del hombre, el cual marca el centro de la totalidad de la figura. La globalización de esta teoría es impulsada por arquitectos como Rafael de La-Hoz Castanys⁶⁵ y Charles-Édouard Jeanneret-Gris⁶⁶ (Le Corbusier) en una época en la que se pone de moda encontrar la ratio dorada en todos los lugares posibles.

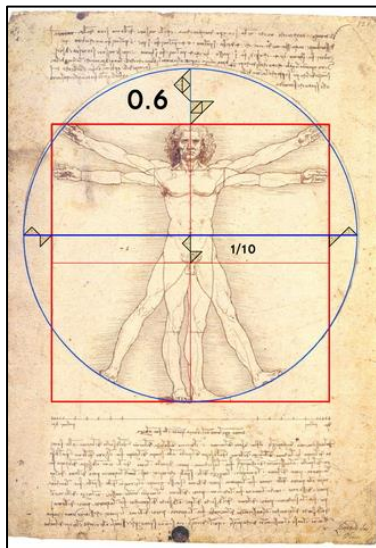
Una vez se dibuja la sección dorada sobre el dibujo de Da Vinci, se observa que el centro del círculo se encuentra más arriba del ombligo y no en el ombligo mismo.

En la ilustración, Leonardo indica que las piernas del hombre yacen separadas, pero no concreta su forma salvo por el dato de descender $1/14$ de la altura inicial en un triángulo equilátero. En el caso de que el ángulo de separación fuese la sección dorada, su círculo y el del dibujo coincidiría.

Este caso, tal como se muestra en la siguiente ilustración, el ombligo se sitúa a una distancia de una décima parte de la altura total del hombre del centro de la figura. Su posición también se puede interpretar como tres quintas partes de la altura total ($3/5 = 0.6$).

⁶⁵ Rafael de La-Hoz Castanys es un arquitecto cordobés de tercera generación y uno de los más importantes de España pues su firma es conocida como la mejor del país.

⁶⁶ Le Corbusier escribe “El Modulor”, un ensayo sobre las medidas armónicas de la escala humana aplicables a la arquitectura.



De esta forma, si el ombligo realmente se encontrase en el centro, el círculo que dibujaría sería más pequeño que el que Leonardo da Vinci dibujó. Estas proporciones resultan irracionales teniendo en cuenta la tesis Vitruviana, aunque no son nada contradictorias al legado de Da Vinci o al sistema de proporciones antropomórficas que se emplean en la arquitectura práctica.

Por consiguiente, la extendida teoría no es más que un mito.

Ilustración 34: (Is the navel of the Vitruvian Man of Leonardo da Vinci in golden section?, Roldán-Medina, 2016)

4.4.2. Otras teorías

A pesar de que la teoría sobre el ombligo no se cumple, Leonardo sí emplea el número dorado para ubicarlo de cierta manera. Ja que el triángulo equilátero con vértice en el ombligo y base en los pies abiertos tiene de lado 0,618 de la altura del hombre. Esta teoría es defendida por Francisco Javier Roldán-Medina⁶⁷. Él también explica que cualquier teoría sobre el número dorado en cualquier obra debe ser estudiada en detalle. El estudio debe ser justificado matemáticamente, ya que las coincidencias que puedan encontrarse nunca son exactas al tratarse de un número tan complejo.

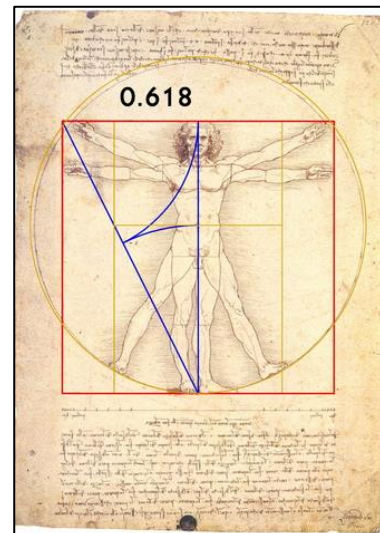


Ilustración 35: (Is the navel of the Vitruvian Man of Leonardo da Vinci in golden section?, Roldán-Medina, 2016)

⁶⁷ Para acceder a la información que el doctor Roldán-Medina propone, consulte la siguiente página web: <https://www.researchgate.net/post/Is-the-navel-of-the-Vitruvian-Man-of-Leonardo-da-Vinci-in-golden-section>

Una publicación de “*International Symmetry Association*⁶⁸” relata haber encontrado un código simétrico dentro de cada número (de 1 hasta 144) de la progresión numérica de Fibonacci. Cada número se representa con un círculo formando un mapa que cumple la función de ecuación visual. Debido a que cada uno de sus diámetros corresponde a un número de los mostrados en el problema de los conejos, la relación entre ellos construye la proporción áurea. La única ilustración en relación a esta teoría es la siguiente.

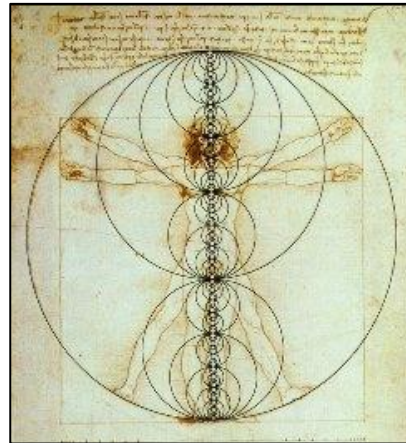


Ilustración 36: (What is the relationship between Da Vinci's Vitruvian Man and the golden ratio, also known as a Fibonacci series? Are there people on Quora interested in discussing either topic?, International Symmetry Association 2009, 2020)

Otra opción que es comúnmente asumida es que el número dorado es la proporción entre el círculo y el cuadrado.

Debido a que el número Phi es un valor complicado a causa de su naturaleza a primera vista muchos consideran que la relación entre el radio del círculo y el lado del cuadrado es el número dorado. Estudiando el dibujo más a fondo se observa que el cuadrado original del boceto de Da Vinci es ligeramente mayor que el cuadrado que cumpliría la teoría.

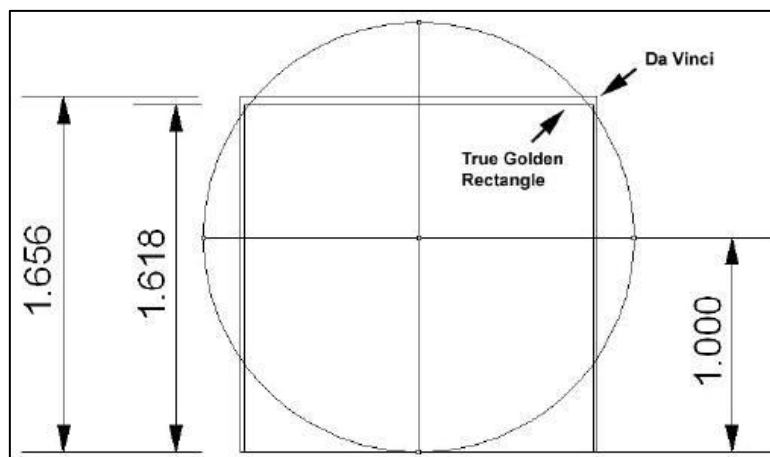


Ilustración 37: (Comparison of true Golden Rectangle with Vitruvian Man drawing, Lunarpages, 2009)

⁶⁸ La *International Symmetry Association* es una organización no gubernamental que trabaja con el propósito de unir expertos y personas interesadas en el campo artístico y científico. Tratan de proporcionar a un público general, información sobre nuevos desarrollos de la mineralogía.

Si se busca el círculo por el cual la proporción se cumple en relación con el cuadrado original, se observa como las manos no alcanzan a tocar ambas figuras simultáneamente. Por consiguiente, se concluye que dentro de las intenciones de Leonardo Da Vinci al crear el boceto no se encuentra incluir la proporción divina en la cuadratura del círculo.

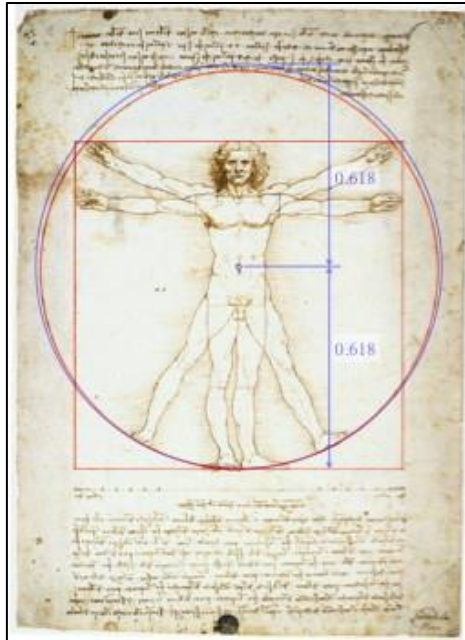


Ilustración 38: (Square and circle drawn by da Vinci (red) and a circle with the radius of golden ratio (blue), Ida, 2021)

5. Conclusiones

Al principio del estudio se establecían una serie de objetivos, los cuales se pasan a enumerar y establecer las conclusiones extraídas de cada uno de ellos:

Objetivo primero y segundo:

- Descripción de los objetivos: Indagar acerca de cómo los artistas desarrollan sus métodos de representación realista de una figura humana, es decir, a partir de qué conocimientos o bases denominan las diferentes proporciones y reglas de progresión anatómica del cuerpo humano.
Comprender como aplican cada uno de los artistas las teorías y los tratados que desarrollara en sus respectivas creaciones.
Se hace hincapié en el contexto histórico del artista, el cual es de gran ayuda en la búsqueda del objetivo anterior.

- Conclusiones:

En el desarrollo del estudio he podido observar como la época histórica y el grado de conocimiento disponible de cada una de ellas influyen la obra de sus respectivos autores.

- Policleto es un ciudadano de la Grecia del siglo V a.C., por ende, la información disponible sobre su vida y concretamente de su educación es muy escasa. No se conoce la posibilidad de que imparta estudios dentro de la rama científica pero sí es apoyada la teoría de que aprende el arte de la escultura de la mano de uno de los escultores más destacados del siglo, Agéladas de Argos. Si más no, al observar el método que emplea para crea la escultura “El Doríforo”, queda claro que debió haber tenido al menos un conocimiento básico de la geometría.
Solo empleando las dimensiones de la falange distal del dedo meñique como módulo de una progresión numérica es capaz de encontrar las dimensiones de las demás partes del cuerpo, creando así la figura de un hombre realista.
- Vitruvio, vive cuatro siglos después de Policleto, en la República Romana. Se forma a través de libros de antiguos intelectuales griegos de manera autodidacta. Es de esa manera que adquiere los conceptos del racionalismo aritmético de la escuela Pitagórica. Más tarde recibe lecciones sobre arquitectura. Gran parte de sabiduría es gracias a experiencia laboral durante las campañas militares de Julio César, en las cuales trabaja como jefe de ingeniería.
- Leonardo Da Vinci vive en la capital del Renacimiento europeo, Florencia. Habita en una sociedad que se encuentra simultáneamente en su auge artístico y científico-tecnológico, combinado con una mejora económica que fomenta el desarrollo de ambas materias. A partir de los 15 años, Andrea

de Verrocchio le enseña, en su taller de Florencia, diversas competencias sobre dibujo. En el ámbito científico, Da Vinci es un excelente observador de la naturaleza toscana. Durante su vida adulta reside en Francia, junto a personalidades adineradas que financian su trabajo principalmente artístico. No es hasta que retorna a Italia que encuentra más libertad para dedicarse a diseñar piezas mecánicas y dibujar autónomamente. En su caso, no es atrevido decir que cuenta con un talento excelente que le permite ser un gran referente en el mundo de la ciencia y la tecnología sin haber sido instruido para ejercer una profesión de la rama.

Objetivo tercero:

- Descripción del objetivo: Conocer los recursos materiales con los que el artista cuenta para así conocer con más exactitud las habilidades que posee para realizar tal obra sin ayuda de tecnología como con la que contamos en nuestra actualidad.
- Conclusiones:
 - Policleto solo utiliza el material bronce para realizar sus esculturas. Se desconocen las herramientas que emplea en su construcción. Antes de crear la escultura definitiva, anota las medidas de cada una de las partes que la constituyen mediante nudos en una larga soga.
 - Vitruvio no crea ninguna obra en sí. Propone las proporciones de un hombre ideal para aplicarlas a la construcción de un templo que se realizará en mármol.
 - Leonardo Da Vinci es con diferencia el que más tecnología tiene al alcance de los tres. Eso se debe a que vive más de 1500 años después de los anteriores artistas. En su respetado boceto emplea herramientas que realizan las funciones de los bolígrafos y compases actuales. Para las líneas rectas debió haber utilizado un utensilio similar a la regla. Gracias a estas herramientas tan modernas, presenta un boceto de gran calidad y con una presentación totalmente limpia e inteligible.

Objetivo cuarto:

- Descripción del objetivo: Descubrir que objetivo persigue cada artista en el uso de fórmulas o métodos, presuntamente exactos, con base al cuerpo del hombre humano al aplicarlo en su obra.
- Conclusiones:
 - Policleto posiblemente crea el Doríforo para cumplir con un encargo para la Acrópolis de Atenas. El Canon en el que expone las proporciones de la escultura, sin embargo, es creado con tal de buscar el significado de belleza como concepto abstracto mediante la figura del ser humano.
 - Vitruvio redacta durante su vejez el tratado *De Architectura*, obra en la que describe las proporciones del hombre físicamente perfecto. Su objetivo es

emplear el funcionamiento de las proporciones del ser humano perfecto en la construcción de templos de culto a los dioses romanos. No busca una representación real del cuerpo humano en un sentido física sino el concepto de lo ideal. A través del cuerpo humano se trata de encontrar y a la vez transmitir el concepto filosófico de aquello que es bello.

- Se desconoce la intención del dibujo de Leonardo Da Vinci. Es posible hubiese creado el boceto en los últimos años de su vida, que dedica a crear obras de su propio interés. Se baraja la idea de que Da Vinci quisiese responder a la cuestión clásica de la cuadratura del círculo a través del hombre, considerado por su sociedad como la medida de todas las cosas.

Objetivo quinto:

- Descripción del objetivo: Descubrir qué tipo de relación tienen arte y ciencia en las obras escogidas, es decir, conocer si ambas dependen una de la otra o alguna de ellas es prescindible.
- Conclusiones:
 - Policleto, a pesar de presentar el sistema de proporciones más complejo es el único de los tres artistas que no recibe una educación científica. La formación que recibe es basada únicamente en el arte de la escultura. Debido a que los cánones de belleza de la época buscan una presentación totalmente realista de la realidad, es deducible que mediante el arte de la escultura le fuesen proporcionados todos los conocimientos necesarios sobre anatomía humana. Sin embargo, el método que emplea para encontrar las dimensiones de cada una de las partes del cuerpo sigue un sistema de progresión geométrica. A partir de un rectángulo que denomina número espacial, toma su diagonal y la emplea como longitud de la siguiente parte del cuerpo. Como adquiere conocimientos sobre geometría es una cuestión que se encuentra sin resolver. Sin la geometría su Canon no hubiese existido, pero sin conocimientos de la escultura la geometría no hubiese sido suficiente para crear la pieza y el tratado.
 - Vitruvio a diferencia de Policleto recibe únicamente formación científico-técnica y no del ámbito artístico. Se ha de tener en consideración que los intelectuales clásicos no tienden a hacer una separación marcada de las ramas del conocimiento, es decir que la separación de arte y ciencia no es clara. Vitruvio puede haber adquirido esta filosofía de unión de las diferentes ramas del conocimiento en su juventud cuando se forma autodidactamente junto a libros de antiguos intelectuales griegos. Su profesión es la arquitectura, la cual aprende junto a grandes maestros concedores de la arquitectura griega helenística. En la actualidad, la arquitectura es considerada, por muchos, arte, debido a la estética que puede mostrar. Vitruvio crea al “Hombre de Vitruvio” con el único objetivo de plasmar la belleza de la proporcionalidad del ser humano en sus piezas

arquitectónicas. La idea de belleza que Vitruvio posee recae en la relación de proporción que se encuentra en la figura humana y puede ser expresada con números. El arte desde su perspectiva tiene una esencia matemática que la hace ser perfecta. No solo el arte es dependiente de las matemáticas, sino que esta es imprescindible en las piezas arquitectónicas de Vitruvio.

- Leonardo Da Vinci comporta una combinación extraordinaria de la unión de las artes y las ciencias. Su formación no es lo único que le hace destacar, sino su observación exhaustiva de la naturaleza desde una perspectiva tanto artística como científica. Da Vinci admira todo lo que le rodea espiritualmente y matemáticamente. Su manera de ser y estilo de vida remarcan como para él no existe una frontera entre ambas. Pese a no recibir una educación oficial y formarse únicamente en el arte del dibujo, su papel como ingeniero es uno de los más importantes de la historia del hombre. El boceto que él presenta corrige incoherencias que la propuesta original de Vitruvio contiene, muestra por primera vez en la historia un ejemplo de lo que el mundo clásico cree que es el humano perfecto y responde a la antigua cuestión de la cuadratura del círculo matemática y filosóficamente. En su obra, arte y ciencia no dependen una de la otra, si no que conforman un único concepto.

Me llena de satisfacción finalizar la investigación habiendo alcanzado todos los objetivos previamente propuestos y observando cómo se han cumplido las hipótesis planteadas al inicio del proyecto. A pesar de hallar dificultades para alcanzar la meta que me había propuesto, es gratificante haberlo conseguido.

Tal como mencioné en la introducción siempre sentí atracción por la ciencia y el arte. A medida que adquiría información sobre ambos temas sentía la necesidad de hallar algo que pudiese unirlos. Descubrí que la mentalidad griega clásica y la renacentista no separaba los campos de conocimiento como se hace actualmente y quise acercar al público general algunos ejemplos mediante esta búsqueda.

Es reconfortante ver la conexión que personas que habitaron nuestro mundo hace siglos encuentran en materias que el mundo moderno habitualmente opone. Querría hacer reflexionar a todos aquellos que enemistan las ciencias y las humanidades para que comprendiesen que ambas son esenciales y dependientes una de la otra. No ha de existir la separación dentro del conocimiento sino una unión de todas las materias que ayudan a comprender el universo que nos rodea y a nosotros mismos.

Hoy en día los cánones de la proporcionalidad humana que se han mostrado en esta investigación ya no se emplean a gran escala. Desde el siglo XX los artistas optan por un arte más personal, libre y abstracto. La perfección que griegos y

renacentistas buscaban, a través de una representación lo más realista posible, no es uno de los objetivos del arte contemporáneo. Creo que el arte actual depende de cada artista y no se puede comprender en un movimiento artístico con características marcadas.

No obstante, es gracias a los movimientos artísticos marcados y las reglas que en la antigüedad se establecieron las que permiten la libertad actual. Es a través del conocimiento de las proporciones y cánones que los artistas pueden romperlos para crear algo totalmente distinto a lo que se puede encontrar en la realidad.

Desde mi punto de vista el arte plástico actual busca plasmar la realidad de una forma que no puede ser apreciada solamente con la vista, sino que trata de reproducir los sentimientos de una manera que pueda ser compartida y apreciada mediante los sentidos.

Es por ello por lo que en mi opinión los artistas estudiados siguen siendo de gran influencia en el arte, aunque la forma en que influyen los nuevos artistas haya cambiado con el paso del tiempo.

6. Apéndice 1: Entrevista Francisco Javier Roldán-Medina

A continuación, se presenta la entrevista realizada al doctor y arquitecto por la Universidad de Granada, Francisco Javier Roldán-Medina. La entrevista fue realizada vía correo electrónico por elección del entrevistado y con motivo del cumplimiento de las medidas de seguridad sanitaria.

- Usted menciona que Da Vinci emplea el Golden ratio para colocar el ombligo, aunque este no se encuentra en la divina proporción ¿cómo lo emplea?

El triángulo equilátero con vértice en el ombligo y base en los pies abiertos tiene de lado 0,618 de la altura del hombre.

- Menciona también que el uso de la sección dorada en la arquitectura es un mito, ¿por tanto la siguiente ilustración es errónea?

Es engañosa, porque lo que demuestra es que las coincidencias son escasas y dudosas. Yo no soy el único que lo afirma. De hecho, aunque es la teoría más conocida (y utilizada por muchos como dogma), también es la que tiene mayor número de artículos científicos en contra. La divina proporción es conocida desde antiguo, y ocasionalmente utilizada en la arquitectura. En el Partenón no la he encontrado. En cualquier caso, se trata de un valor irracional. Quien sostiene esta teoría, o cualquier otra, debería explicar cómo se calculó con los conocimientos de entonces.

- ¿En qué consiste el 'Silver Navel'?

El ombligo de Plata plantea que Leonardo usó el sistema de lados y diagonales de cuadrado de la arquitectura clásica para dimensionar todo su dibujo. El Número de Plata, y no el de Oro.

- ¿Por qué cree que es tan conocida la idea errónea de que el ombligo se localiza en la sección dorada?

Le Corbusier lo usó para su Modulor. Otros también, como Rafael de la Hoz. Se puso de moda encontrar el Golden ratio en todas partes. La verdad es que está cerca.

- ¿Cuál cree que era la finalidad de conocer las proporciones humanas en la arquitectura?

Establecer un sistema de medidas con fracciones duodecimales (base aritmética), identificables con partes humanas (aproximadamente).

- ¿Cree que, si hubiese empleado un cuerpo femenino, las proporciones habrían sido las mismas? ¿Había cambiado algo?

Sería lo mismo.

- ¿Conoce el Doríforo de Policleto? Si es que sí, ¿cree que las proporciones propuestas por Vitruvio coinciden con las que propone Policleto?

Vitruvio describe el sistema de unidades antropométricas que se usó en todas partes, de 8 cabezas. Policleto divide al hombre en 7 cabezas (o 7,5), que es número primo y no admite divisiones enteras. Como canon humano es más cabezón, y como base aritmética un desastre.

- ¿Todo y que la divina proporción no sitúa el ombligo? ¿Se emplea de otra forma? ¿Pueden ser las siguientes un ejemplo?

Estudiadas en detalle, estas coincidencias nunca son exactas. Y sobre todo, no explican cómo se pudo calcular matemáticamente. Yo sólo he encontrado lo del triángulo, aunque pueden existir otras coincidencias.

- ¿Cree que los conocimientos que Vitruvio planta en su tratado De Architectura se dan por simple observación?

En absoluto, es un compendio de tradiciones y experiencias constructivas.

- ¿Son muy significativas anotaciones que Leonardo añade a las ideas primeramente propuestas por Vitruvio? ¿El dibujo coincide con estas?

Sí. Describe los valores que da Vitruvio incluido el 1/10, que no es duodecimal y no se usaba. Además introduce 1/7 para el pie, en vez de su valor oficial 1/6. También utiliza 1/14 para elevar los pies y que las piernas formen el triángulo...

7. Apéndice 2: Conceptos del racionalismo aritmético de la escuela Pitagórica

En el segundo capítulo del primer libro del tratado, *De Architectura*, Vitruvio enumera una serie de componentes por los cuales se rige, según su punto de vista, la arquitectura. Algunos de ellos ayudan a comprender la función de las proporciones humanas -Hombre de Vitruvio- en su tratado sobre arquitectura.

Estos los que ayudan a entender la función del hombre de Vitruvio.

1. *Ordinatio*. Ordenación de las partes del templo respecto a un módulo, que surge como división de la fachada, considerada la parte principal. La ordenación consiste en que las distintas partes tengan un tamaño adecuado, sean proporcionales y estén correctamente distribuidos. Dentro de él se encuentra el concepto *Commensus* que se define como el tamaño comparativo o la proporcionalidad⁶⁹ general de la pieza.
2. *Compositio*. Un templo necesita simetría y proporción⁷⁰ de la misma manera que hay una razón⁷¹ en los miembros del ser humano.
3. *Eurythmia*. La belleza resultante de la correcta disposición de todas las partes de una obra mediante la correspondencia entre la altura y la anchura y de estas con la longitud, de manera que el conjunto presente la debida proporcionalidad.
4. *Symmetria*. Es usada como el tamaño de las partes en comparación con el todo y un módulo que los relaciona. Este concepto nace de la proporción que surge de la razón y se emplea simultáneamente a la proporción, en conjunto forman la anteriormente descrita *Eurythmia*.
5. La comúnmente usada por Vitruvio, *Proportio* se trata de la razón de las partes en lo que se refiere al todo.

Vitruvio señala que la disposición de los templos depende de la simetría. La simetría tiene origen en la proporción que se define como la conveniencia de medidas a partir de un módulo constante y calculado junto a la correspondencia de los miembros de la obra y de su conjunto al completo. En griego a esta correspondencia se la nombra analogía⁷², cuyas normas se consideraba que han

⁶⁹ La proporcionalidad es la relación que hay entre las partes de una figura en relación con el todo y el resto de los objetos.

⁷⁰ La proporción es la igualdad entre dos razones. Si tomamos cuatro segmentos a, b, c i d, se dice que son proporcionales cuando, presos dos a dos, su razón es la misma.

⁷¹ La razón entre dos segmentos a i b -términos de la razón- es el valor de la relación entre sus longitudes. Este concepto permite comparar dos segmentos y saber cuántas veces uno está contenido en el otro.

⁷² Una analogía -del griego αναλογία ana y logos significan respectivamente comparación y razón- expresa una comparación o relación entre varias razones o conceptos; esta relación se expresa por comparación entre seres físicos u otros conceptos abstractos, mediante la apreciación y el señalamiento de

de ser observadas desde la perspectiva escrupulosa de un arquitecto para hallar así la máxima perfección posible en la pieza que iban a crear.

Si se carece de proporción y en consecuencia de simetría, es imposible que un templo posea una correcta disposición. Este fenómeno ocurre de una forma similar en los miembros que conforman el cuerpo de cualquier ser humano adulto bien formado.

características generales y particulares, y la generación de conductas o razonamientos basándose en la existencia de sus semejanzas.

8. Apéndice 3: Unidades de medida según Vitruvio

Antes de conocer las proporciones expuestas en el boceto debemos aclarar el significado de los diferentes términos que el autor de *los diez libros de arquitectura* emplea como unidades de medida. Estas medidas están basadas en lo que considera el cuerpo humano ideal.

- En primer lugar, el codo (*cubitus*) fue una unidad de longitud empleada en muchas culturas por su origen antropométrico. En casi todas ellas, era la distancia que mediaba entre el codo y el final de la mano abierta (codo real) o al puño (codo vulgar). El codo del Imperio romano equivale a aproximadamente 0,44 m. La medida es también equivalente a un pie y medio, 6 palmos o 24 dedos.
- En segundo lugar, el pie, concretamente el romano es una antigua unidad de medida que equivale a 0,296 m. Vitruvio concretamente describe esta cifra como la huella que deja marcado el pie al posicionarse sobre la arena. Encuentra su equivalencia en cuatro palmos, 4 dedos o 3 pulgadas (*uncia*).
- Después encontramos el paso (*passus*), que es una medida de intervalo usada por casi todos los pueblos antiguos. El paso griego contenía entre cinco o seis pies, o cuatro codos.

9. Tabla de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1: (GEORG-AUGUST-UNIVERSITY OF GOETTINGEN ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE. (2020). <i>A 1526 STATUE DES DORYPHOROS</i> [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTP://VIAMUS.UNI-GOETTINGEN.DE/FR/MMDB/D/SINGLEITEMVIEW?POS=0&INVENTARNUMMER=A%201526 .)	11
ILUSTRACIÓN 2: (MUSEO ARCHEOLOGICO DI NAPOLI. (2016). <i>DORIPHORE</i> [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTP://WWW.MUSEOARCHEOLOGICONAPOLI.IT/WP-CONTENT/UPLOADS/2016/06/6011.-SCULTURE-GRECO-ROMANE-681X1024.JPG9).	12
ILUSTRACIÓN 3: (COLONIA CORNELIA VENERIA POMPEIANORUM, OVVERO L'ESPERIMENTO DELL'OLIGARCHIA, ÉCOLE FRANÇAISE DE ROME, 2015).	13
ILUSTRACIÓN 4: (THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART. MARBLE STATUE OF A KOUROS (YOUTH) [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://IMAGES.METMUSEUM.ORG/CRDIMAGES/GR/ORIGINAL/DT263.JPG).	15
ILUSTRACIÓN 5: (LADYOFHATS. HUESOS DE LA MANO [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/THUMB/4/46/SCHEME_HUMAN_HAND_BONES-ES.SVG/350PX-SCHEME_HUMAN_HAND_BONES-ES.SVG.PNG).	18
ILUSTRACIÓN 6: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	19
ILUSTRACIÓN 7: (MEDICAL ART LIBRARY. (2017). FOREARM BONES [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://MEDICALARTLIBRARY.COM/IMAGES/ARM-BONES-3.JPG).	20
ILUSTRACIÓN 8: (HEALTHWISE. (2015). HOMBRO [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTP://WWW.QUIROMASSATGECARLES.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2015/02/BURSITIS2-300X195.JPG).	20
ILUSTRACIÓN 9: (ANATOMÍA TOPOGRÁFICA. (2020). ESTERNÓN [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.ANATOMIATOPOGRAFICA.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2018/07/ESTERN%C3%B3N.JPG).	21
ILUSTRACIÓN 10: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	22
ILUSTRACIÓN 11: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	23
ILUSTRACIÓN 12: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	23
ILUSTRACIÓN 13: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	24
ILUSTRACIÓN 14: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	25
ILUSTRACIÓN 15: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	25
ILUSTRACIÓN 16: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	28
ILUSTRACIÓN 17: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	32
ILUSTRACIÓN 18: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	35
ILUSTRACIÓN 19: (TOBIN, R. (1975). [PEN]. ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA; AMERICAN JOURNAL OF ARCHAEOLOGY).	36
ILUSTRACIÓN 20: (AMAZON. (2019). VITRUVIAN MAN NOTEBOOK [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://IMAGES-NA.SSL-IMAGES-AMAZON.COM/IMAGES/I/81ZPDAVTCOL.JPG).	38
ILUSTRACIÓN 21: (DOUG GILLETTE. ABOUT SILVERPOINT [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://LH3.GOOGLEUSERCONTENT.COM/PROXY/KKWJO2zBDOQPNUKOT1KJWG6UDPPAMn27VL7N2OUK276XOPHGOPYNM_9STPHQW5_yZkDHUIONG7kFAEZ9H29XwCfFJAFIVWUHKZYTWU)	48

ILUSTRACIÓN 22: (IZQUIERDA: GRABADO DEL ARQUITECTO ROMANO MARCO VITRUVIO POLIÓN (SIGLO I A. C.). DERECHA: PORTADA DEL LIBRO X DEL TRATADO DE ARCHITECTURA DE VITRUVIO, EN LA EDICIÓN PUBLICADA EN VENECIA EN 1567, METEORED, 2018)	39
ILUSTRACIÓN 23: (COLUMNAS DE PIEDRA. REPRODUCCIONES DE COLUMNAS PIEDRA ARTIFICIAL. (2020). [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://I.PINIMG.COM/ORIGINALS/1F/E5/92/1FE592D4AA3737D0C3D66959FACA6833.JPG.).....	43
ILUSTRACIÓN 24: (LEONARDO DA VINCI - AUTORITRATTO [AUTORRETRATO] [1513]. [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://I.PINIMG.COM/ORIGINALS/9C/2B/C1/9C2BC161DA4DA64C6D94F63DDA9DDD4B.JPG.).....	43
ILUSTRACIÓN 25: (INSTITUTO DE LOS ANDES. (2008). ANDREA DEL VERROCCHIO [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://INSTITUTODELOSANDES.BLOGIA.COM/UPLOAD/EXTERNO-E631AC1643BF08C7EE812E57379517C3.JPG.).....	45
ILUSTRACIÓN 26: (WALKER'S CHAPTERS. (2016). [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://MIRO.MEDIUM.COM/MAX/1000/1*3-Ugk3bWdVvKtQI_vz2w1g.jpeg.)	46
ILUSTRACIÓN 27: (SENTENAC, L. (2016). LA CUADRATURA DEL CÍRCULO [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://LACRONICADESALAMANCA.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2016/07/CUADRATURA-DEL-CIRCULO.JPG.)	52
ILUSTRACIÓN 28: (SIETEMARAVILLAS. ESTATUA DE ZEUS EN OLIMPIA [IMAGE]. RETRIEVED 8 NOVEMBER 2020, FROM HTTPS://LAS7MARAVILLAS.NET/WP-CONTENT/UPLOADS/2019/02/ESTATUA-DE-ZEUS-1-1.JPG.).....	54
ILUSTRACIÓN 29: (1.BP.BLOGSPOT.COM. (2011). EL PARTENÓN Y LA DIVINA PROPORCIÓN [IMAGE]. RETRIEVED 19 OCTOBER 2020, FROM HTTPS://1.BP.BLOGSPOT.COM/-GVRIT0OTNGE/XQTJNOIP3VI/AAAAAAAAATYK/Z5_AOZTBS_GHYTYVZTADWL_EP_XWDKSHACLcBGASyHQ/s1600/PARTENON1.PNG.).....	55
ILUSTRACIÓN 30: (WIKIWAND. LEONARDO PISANO [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/THUMB/9/9A/THORVALDSENS_MUSEUM_-_LEONARDO_PISANO2.JPG/640PX-THORVALDSENS_MUSEUM_-_LEONARDO_PISANO2.JPG.).....	55
ILUSTRACIÓN 31: (ATALAY, B. (2008). LOS SÍMBOLOS DEL SISTEMA DECIMAL [PRINTED]. LAS MATEMÁTICAS Y LA MONA LISA.)	56
ILUSTRACIÓN 32: (ATALAY, B. (2008). EL RECTÁNGULO ÁUREO Y LA ESPIRAL LOGARÍTMICA [PRINTED]. LAS MATEMÁTICAS Y LA MONA LISA.)	61
ILUSTRACIÓN 33: (VERSLALUNE, M. (2013). DESARROLLO DE LA ECUACIÓN A PARTIR DE LA RECTA [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTP://2.BP.BLOGSPOT.COM/-_IM3QHYZTIA/UMFFLXFbZRI/AAAAAAAAAASQ/NNntPZ4WJLE/s400/NUMERO+%25C3%25A1UREO+F%25C3%25B3RMULA+.PNG.).....	62
ILUSTRACIÓN 34: (ROLDÁN-MEDINA, F. (2016). IS THE NAVEL OF THE VITRUVIAN MAN OF LEONARDO DA VINCI IN GOLDEN SECTION? [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PROFILE/FRANCISCO_JAVIER_ROLDAN-MEDINA/POST/IS-THE-NAVEL-OF-THE-VITRUVIAN-MAN-OF-LEONARDO-DA-VINCI-IN-GOLDEN-SECTION/ATTACHMENT/59D623866CDA7B8083A1E2D6/AS%3A335874542850049%401457090139820/DOWNLOAD/243+PROPORCI%C3%B3N+DEL+CENTRO+DEL+HOMO+AD+CIRCULUM.JPG.).....	64
ILUSTRACIÓN 35: (ROLDÁN-MEDINA, F. (2016). IS THE NAVEL OF THE VITRUVIAN MAN OF LEONARDO DA VINCI IN GOLDEN SECTION? [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PROFILE/FRANCISCO_JAVIER_ROLDAN-MEDINA/POST/IS-THE-NAVEL-OF-THE-VITRUVIAN-MAN-OF-LEONARDO-DA-VINCI-IN-GOLDEN-SECTION/ATTACHMENT/59D623866CDA7B8083A1E2D6/AS%3A335874542850049%401457090139820/DOWNLOAD/243+PROPORCI%C3%B3N+DEL+CENTRO+DEL+HOMO+AD+CIRCULUM.JPG.).....	64
ILUSTRACIÓN 36: (INTERNATIONAL SYMMETRY ASSOCIATION 2009. (2020). WHAT IS THE RELATIONSHIP BETWEEN DA VINCI'S VITRUVIAN MAN AND THE GOLDEN RATIO, ALSO KNOWN AS A FIBONACCI SERIES? ARE THERE PEOPLE ON QUORA INTERESTED IN DISCUSSING EITHER TOPIC? [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://QPH.FS.QUORACDN.NET/MAIN-QIMG-3AE8ED43EE90AA3285C0F296CF23F12F.)	65
ILUSTRACIÓN 37: (LUNARPAGES. (2009). COMPARISON OF TRUE GOLDEN RECTANGLE WITH VITRUVIAN MAN DRAWING [IMAGE]. RETRIEVED FROM HTTPS://OLD.WORLD-MYSTERIES.COM/GOLDEN_VINCI.JPG.)	65

ILUSTRACIÓN 38: (IDA, T. (2021). SQUARE AND CIRCLE DRAWN BY DA VINCI (RED) AND A CIRCLE WITH THE RADUS OF GOLDEN RATIO (BLUE) [IMAGE]. RETRIEVED FROM [HTTP://WWW.CRL.NITECH.AC.JP/~IDA/EDUCATION/VITRUVIANMAN/VITRUVIUS_FIGURES/FIG02S.JPG.](http://www.crl.nitech.ac.jp/~ida/education/vitruvianman/vitruvius_figures/fig02s.jpg))66

10. Bibliografía

- Atalay, B. (2004). *Math and the Mona Lisa* (1st ed.). Almuzara.
- Bargueño Gómez. (2006). *CUTX Dibuix tècnic. 1r Batxillerat. Quadern de treball*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Bahn, P. (2003). *Atlas de arqueología mundial* (1st ed., pp. 90, 91, 94-97, 100, 101). Madrid: LIBSA Editorial.
- Bandinelli, R., 1976. *Introduzione All'archeologia Classica Come Storia Dell'arte Antica*. Bari: Laterza.
- Editorial Poseidón. (1953). *El Modulor: Ensayo sobre una medida armónica de la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica*. [PDF] (1st ed.). Retrieved from <https://fauufpa.files.wordpress.com/2013/07/el-modulor-por-le-corbusier.pdf>.
- Foat, F. (1915). Anthropometry of Greek Statues. *The Journal of Hellenic Studies*, 35, 225-259. doi:10.2307/624543
- KALKMANN, A., 1893. *Die Proportionen Des Gesichts In Der Griechischen Kunst, Etc*. Pl. IV. Berlin.
- Sassoon, D. (2006). *Leonardo and the Mona Lisa story*. New York: Overlook Duckworth.
- Tobin, R. (1975). The Canon of Polykleitos. *American Journal of Archaeology*, 79(4), 307-321. doi:10.2307/503064
- Vitruvio. (1995). *Los diez libros de Arquitectura* (1st ed., pp. 131-135). Madrid: Alianza Editorial.
- Walther, I. (2005). *Los Maestros de la Pintura Occidental* (pp. 145-162). Colonia: Taschen.
- Zuffi, S. (2020). *El siglo XV* (p. 298). Londres: Electa.

11. Webgrafía

1. *Arte como representación de la realidad*. Sites.google.com. Retrieved 2 May 2020, from <https://sites.google.com/site/portafolioartessandra/arte-como-representacion-de-la-realidad>.

1.3. *El canon griego: Policleto*. Lanubeartistica.es. Retrieved from http://www.lanubeartistica.es/Volumen/Unidad3/VO1_U3_T2_Contenidos_v02/13_el_canon_griego_policleto.html.

3con14 - *Matemáticas - A · Números Irracionales [Guía]*. 3con14.com. (2018). Retrieved 2 November 2020, from <http://3con14.com/%E2%94%80-an%C3%A1lisis/42-01-n%C3%BAmeros-reales/144-a-%C2%B7-n%C3%BAmeros-irracionales.html#:~:text=Resumiendo%3A,no%20exactas%20de%20cualquier%20orden>.

Acrópolis de Atenas. Es.wikipedia.org. (2009). Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Acr%C3%B3polis_de_Atenas.

Activity: Mirror Writing. Mos.org. Retrieved 19 August 2020, from <https://www.mos.org/leonardo/activities/mirror-writing>.

Agéladas. Es.wikipedia.org. (2016). Retrieved 12 November 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Ag%C3%A9ladas>.

Ageladas | Greek sculptor. Encyclopedia Britannica. Retrieved 12 November 2020, from <https://www.britannica.com/biography/Ageladas>.

Alvarez Fernández, F. (2015). *El Doríforo*. Es.slideshare.net. Retrieved from <https://es.slideshare.net/desperdicios/el-dorforo>.

Analogía. Ca.wikipedia.org. Retrieved from <https://ca.wikipedia.org/wiki/Analogia>.

Ancient Greek sculptors A-D - My Favourite Planet People. My-favourite-planet.de. Retrieved from <http://www.my-favourite-planet.de/english/people/greek-artists/sculptors-01.html>.

<http://dante.di.unipi.it/ricerca/>. Retrieved 6 November 2020, from <http://dante.di.unipi.it/ricerca/html/lia.html>.

Arquitectos en la historia: Marco Vitruvio - TEKTON. Tekton | Diseño y construcción de naves y edificios industriales. (2013). Retrieved 29 April 2020, from <https://www.tekton.es/arquitectos-en-la-historia-marco-vitruvio/>.

Ayén, F. (2014). *La Alta Edad Media: reinos germánicos, Imperio bizantino e Imperio carolingio*. Profesorfrancisco.es. Retrieved 8 December 2020, from <https://www.profesorfrancisco.es/2011/03/la-edad-media.html>.

Benimeli, E. (2012). *Arte y matemáticas: números escondidos en el Partenón, la Mona Lisa y la manzana de Apple*. Esferatic.com. Retrieved 7 September 2020, from <http://esferatic.com/2012/11/arte-y-matematicas-numeros-escondidos-en-el-partenon-la-mona-lisa-y-la-manzana-de-apple/>.

Benimeli, E. (2012). *Huracanes, conejos y piñas: matemáticas en la naturaleza y cómo calcular la sucesión de Fibonacci*. Esferatic.com. Retrieved 7 September 2020, from <http://esferatic.com/2012/11/huracanes-conejos-y-pinas-matematicas-en-la-naturaleza-y-como-calcular-la-sucesion-de-fibonacci/>.

Biografía de Ludovico Sforza el Moro. Biografiasyvidas.com. (2004). Retrieved 22 September 2020, from https://www.biografiasyvidas.com/biografia/l/ludovico_sforza.htm.

Biografía de Marco Vitruvio Polión. Biografiasyvidas.com. (2004). Retrieved 29 April 2020, from <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/v/vitruvio.htm>.

Biografía, h., & Montoya, L. (2018). *Vitruvio*. Historia y biografía de. Retrieved 15 June 2020, from <https://historia-biografia.com/vitruvio/>.

Bottero, A. *LA CULTURA EN LA GRECIA CLÁSICA*. calameo.com. Retrieved from <https://es.calameo.com/read/000724332d3052d9faabe>.

Cabañas, E. (2014). *Barricada Cultural. El sabio Vitruvio*. ciudadrealdigital.es. Retrieved 15 April 2020, from <https://www.ciudadrealdigital.es/barricada-cultural/612/El/sabio/Vitruvio>.

Campohermoso Rodríguez, O., Soliz Soliz, R., Campohermoso Rodríguez, O., & Zúñiga Cuno, W. (2016). *Galeno de pérgamo "príncipe de los médicos"*. Scielo.org.bo. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762016000200014&script=sci_arttext.

Canon (arte). Es.wikipedia.org. Retrieved from [https://es.wikipedia.org/wiki/Canon_\(arte\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Canon_(arte)).

Carrillo Luque, P. (2015). *Diartrosis*. Diccionarioarteconpedro.blogspot.com. Retrieved from <http://diccionarioarteconpedro.blogspot.com/2015/02/diartrosis.html>.

Clements, P. *Triangular Forum - AD79eruption*. Sites.google.com. Retrieved from <https://sites.google.com/site/ad79eruption/pompeii/public-buildings/triangular-forum>.

Codo (unidad de longitud). Es.wikipedia.org. Retrieved from [https://es.wikipedia.org/wiki/Codo_\(unidad_de_longitud\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Codo_(unidad_de_longitud)).

Composición. Es.wikipedia.org. Retrieved 15 March 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Composici%C3%B3n>.

Composición (artes visuales). Es.wikipedia.org. Retrieved 1 March 2020, from [https://es.wikipedia.org/wiki/Composici%C3%B3n_\(artes_visuales\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Composici%C3%B3n_(artes_visuales)).

CONTRAPOSTO. Etimologías de Chile - Diccionario que explica el origen de las palabras. Retrieved from <http://etimologias.dechile.net/?contraposto>.

De arquitectura. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/De_architectura.

di Maria Muccillo. (1997). *FIBONACCI, Leonardo in "Dizionario Biografico"*. Treccani.it. Retrieved 5 July 2020, from [https://www.treccani.it/enciclopedia/leonardo-fibonacci_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/leonardo-fibonacci_(Dizionario-Biografico)/).

Diadúmeno. Es.wikipedia.org. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Diad%C3%BAmeno>.

Diartrosis arte | Arte y Humanidades | Xuletas, chuletas para exámenes, apuntes y trabajos. Xuletas.es. (2013). Retrieved from <https://www.xuletas.es/ficha/diartrosis-arte/>.

Distal Phalanges (Hand) Anatomy, Function & Diagram | Body Maps. Healthline. (2018). Retrieved from <https://www.healthline.com/human-body-maps/distal-phalanges-hand#1>.

Doríforo. Es.wikipedia.org. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Doríforo>.

Doryphoros | Museum of Art and Archaeology. Maa.missouri.edu. (2019). Retrieved from <https://maa.missouri.edu/gallery/doryphoros>.

Doryphoros. En.wikipedia.org. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Doryphoros>.

Edge, M. (2019). *What is the relationship between Da Vinci's Vitruvian Man and the golden ratio, also known as a Fibonacci series? Are there people on Quora interested in discussing either topic?* - Quora. Quora.com. Retrieved 11 September 2020, from <https://www.quora.com/What-is-the-relationship-between-Da-Vincis-Vitruvian-Man-and-the-golden-ratio-also-known-as-a-Fibonacci-series-Are-there-people-on-Quora-interested-in-discussing-either-topic>.

El deporte visto desde el arte - Grecia | ARTIUM - Biblioteca y Centro de Documentación. Catalogo.artium.eus. (2010). Retrieved from <https://catalogo.artium.eus/dossieres/exposiciones/el-deporte-visto-desde-el-arte/grecia>.

Encuentra aquí información de Doríforo para tu escuela ¡Entra ya! | Rincón del Vago. Html.rincondelvago.com. (2018). Retrieved from <https://html.rincondelvago.com/doriforo.html>.

Escultura griega clásica. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Escultura_griega_clásica#Policleto.

Escultura griega clásica. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Escultura_griega_cl%C3%A1sica#Alto_clasicismo#Policleto.

Formia. Es.wikipedia.org. Retrieved 15 September 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Formia>.

Fuste. Es.wikipedia.org. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Fuste>.

Gai Muci Escèvola. Ca.wikipedia.org. Retrieved 11 December 2020, from https://ca.wikipedia.org/wiki/Gai_Muci_Esc%C3%A8vola.

Galo Sánchez, J. *Índice de la unidad didáctica: Las matemáticas en la Belleza y la belleza de las matemáticas.* Recursostic.educacion.es. Retrieved from http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/belleza/indicebelleza.htm.

Geometrical construction of the Vitruvian Man by Leonardo da Vinci. Old.world-mysteries.com. (2009). Retrieved from https://old.world-mysteries.com/sci_17_vm.htm.

GNOMON. Etimologías de Chile - Diccionario que explica el origen de las palabras. Retrieved from <http://etimologias.dechile.net/?gnomon>.

Gutiérrez Chamorro, J. (2013). *Phi con 10.000 dígitos.* Bitácora de Javier Gutiérrez Chamorro (Guti). Retrieved 8 July 2020, from <https://www.javiergutierrezchamorro.com/phi-con-10-000-digitos/>.

Hidden face. En.wikipedia.org. (2007). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_face.

Historia natural (obra de Plinio). Es.wikipedia.org. Retrieved from [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_natural_\(obra_de_Plinio\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_natural_(obra_de_Plinio)).

Hombre de Vitruvio. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Hombre_de_Vitruvio.

Ida, T. (2021). *"Vitruvian Man" by Leonardo da Vinci and the Golden Ratio.* Crl.nitech.ac.jp. Retrieved 28 September 2020, from <http://www.crl.nitech.ac.jp/~ida/education/VitruvianMan/>.

Isa.symmetry.hu. (2003). Retrieved from <http://isa.symmetry.hu/>.

Kessler, P. *Kingdoms of Italy - Samnites (Sabellians).* Historyfiles.co.uk. Retrieved from <https://www.historyfiles.co.uk/KingListsEurope/ItalySamnites.htm>.

Kouros (Getty Museum). The J. Paul Getty in Los Angeles. (2021). Retrieved from <https://www.getty.edu/art/collection/objects/10930/unknown-maker-kouros-greek-about-530-bc-or-modern-forgery/>.

Kuroi y Korai. Tesaurohistoriaymitologia.com. (2021). Retrieved from <https://www.tesaurohistoriaymitologia.com/es/1168-kuroi-y-korai>.

Las matemáticas en los cuadros de Leonardo Da Vinci. Kumon España. (2021). Retrieved from <https://www.kumon.es/blog/las-matematicas-en-los-cuadros-de-leonardo-da-vinci/>.

Leon Battista Alberti. Es.wikipedia.org. Retrieved 30 April 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Leon_Battista_Alberti#La_actividad_como_arquitecto.

Leonardo da Vinci. Ca.wikipedia.org. (2021). Retrieved 21 August 2020, from https://ca.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci.

Leonardo Da Vinci | Matemáticas y sus fronteras. Madrimasd.org. (2017). Retrieved 15 June 2020, from <http://www.madrimasd.org/blogs/matematicas/tag/leonardo-da-vinci>.

Leonardo de Pisa | Wikiwand. Wikiwand. Retrieved 10 June 2020, from https://www.wikiwand.com/ca/Leonardo_de_Pisa.

López Sancho, J., Refolio Refolio, M., & Moreno Gómez, E. (2007). *Medida del tiempo*. Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. Museovirtual.csic.es. Retrieved from <http://museovirtual.csic.es/salas/universo/astro6.htm>.

Luca Pacioli. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Luca_Pacioli#La_divina_proporci3n.

Ludovico Sforza. Es.wikipedia.org. Retrieved 18 September 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Ludovico_Sforza#Biograf%C3%ADa.

Marble statue of a kouros (youth). Metmuseum.org. (2021). Retrieved from <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/253370>.

Marino, A. (2018). *POLIS GRIEGAS*. <https://www.historiando.org/>. Retrieved 15 July 2020, from <https://www.historiando.org/polis/>.

Martija, I. (2011). *El cuerpo proporcionado*. Arte | Cuadros, esculturas, pinturas y autores. Retrieved from <https://blogs.eitb.eus/arte/2011/11/28/el-cuerpo-proporcionado/>.

Matemáticas y arte. Es.wikipedia.org. (2015). Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Matemáticas_y_arte#Análisis_de_la_historia_del_arte.

NUMEROS IRRACIONALES, TRANCEDENTALES Y ALGEBRAICOS - PRECALCULO ALICIA LOPEZ TORRES. Sites.google.com. Retrieved 3 May 2020, from <https://sites.google.com/site/precalculoalicialopeztorres/numeros-irracionales-trancedentales-y-algebraicos>.

Olécranon. Es.wikipedia.org. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/OI%C3%A9cranon>.

Palestra Sannitica - Pompeii Sites. Pompeii Sites. Retrieved 21 July 2020, from http://pompeisites.org/sito_archeologico/palestra-sannitica-2/.

Pericles. Es.wikipedia.org. Retrieved 28 July 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Pericles>.

Perspectiva. Es.wikipedia.org. Retrieved 4 May 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Perspectiva>.

Phalanges - an overview | ScienceDirect Topics. Sciencedirect.com. Retrieved 31 March 2020, from <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/phalanges>.

Piacenza. Google Maps. Retrieved 17 October 2020, from <https://www.google.com/maps/place/Piacenza,+Prov%C3%ADncia+de+Piacenza,+It%C3%A0lia/@45.0421987,0.7333031,5z/data=!4m5!3m4!1s0x4780e7f8f2c99505:0x60d323d99de42177!8m2!3d45.0526206!4d9.6929845?hl=ca>.

Pie romano. Es.wikipedia.org. (2020). Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Pie_romano.

Plinio el Viejo. Es.wikipedia.org. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Plinio_el_Viejo.

Policleto. Es.wikipedia.org. Retrieved 3 March 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Policleto>.

Polykleitos. Grove Art Online. (2021). Retrieved 3 March 2020, from <https://www.oxfordartonline.com/groveart/view/10.1093/gao/9781884446054.001.0001/oa-9781884446054-e-7000068526>.

Polykleitos: Ancient Greek Sculptor, Biography. Visual-arts-cork.com. Retrieved 3 March 2020, from <http://www.visual-arts-cork.com/sculpture/polykleitos.htm>.

Polykleitos and His Followers at Work: How the Doryphoros Was Used. Artistry in Bronze. Retrieved 6 March 2020, from <http://www.getty.edu/publications/artistryinbronze/the-artist/10-haga-et-al/>.

Pòrtic. Ca.wikipedia.org. Retrieved 15 July 2020, from <https://ca.wikipedia.org/wiki/P%C3%B2rtic>.

Praefectus fabrum (Ejército de la Roma clásica). Glosarios especializados. (2014). Retrieved 28 April 2020, from <https://glosarios.servidor-alicante.com/ejercito-roma-clasica/praeffectus-fabrum>.

Prefecto romano. Es.wikipedia.org. Retrieved 28 April 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Prefecto_romano.

Proceso de Olécranon Fotos e Imágenes de Stock. alamy.es. Retrieved 12 April 2020, from <https://www.alamy.es/imagenes/proceso-de-ol%C3%A9cranon.html>.

Proporción en la figura humana. Los cánones de belleza. Es.slideshare.net. Retrieved 12 April 2020, from <https://es.slideshare.net/srdellanos/proporcin-en-la-figura-humana-los-cnones-de-belleza>.

Punta de plata. Ca.wikipedia.org. Retrieved 1 August 2020, from https://ca.wikipedia.org/wiki/Punta_de_plata.

Punta de plata. <https://silverpointweb.com/>. Retrieved 1 August 2020, from <https://silverpointweb.com/>.

Quadratura del círculo. Ca.wikipedia.org. Retrieved 1 August 2020, from https://ca.wikipedia.org/wiki/Quadratura_del_cercle.

Quien inventó la imprenta - Inventor de la imprenta - Gutenberg. www.imprentaonline.net. Retrieved 29 March 2020, from <https://www.imprentaonline.net/quien-invento-la-imprenta>.

Richman-Abdou, K. *The Significance of Leonardo da Vinci's Famous "Vitruvian Man" Drawing*. My Modern Met. Retrieved 19 July 2020, from <https://mymodernmet.com/leonardo-da-vinci-vitruvian-man/>.

Roman Catholic (term). En.wikipedia.org. Retrieved 17 March 2020, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Roman_Catholic_\(term\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Roman_Catholic_(term)).

Samnite | people. Encyclopedia Britannica. Retrieved 12 September 2020, from <https://www.britannica.com/topic/Samnite-people>.

Santiago, M. *Pin en Términos de arte*. Pinterest. Retrieved 12 September 2020, from <https://www.pinterest.es/pin/529313762427086240/>.

Sculture della Campania romana. Museo Archeologico Nazionale di Napoli. (2016). Retrieved 17 July 2020, from <http://www.museoarcheologicoinapoli.it/it/sale-e-sezioni-espositive/sculture-della-campania-romana/>.

Shiel Jr., W. (2021). *Definition of Phalanges*. MedicineNet. Retrieved 17 March 2020, from <https://www.medicinenet.com/phalanges/definition.htm>.

Sición. Es.wikipedia.org. (2021). Retrieved 17 July 2020, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Sici%C3%B3n>.

Significado de Perspectiva. Significados. Retrieved 15 March 2020, from <https://www.significados.com/perspectiva/>.

Simetría. Simetría central. Simetría respecto al origen. Punto doble. Calculo.cc. (2012). Retrieved 15 March 2020, from https://calculo.cc/temas/temas_geometria/movimiento_plano/teoria/simetria.html.

Sistema quinario. Es.wikipedia.org. Retrieved 26 April 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_quinario.

Stewart, A. *Polykleitos of Argos*. Perseus.tufts.edu. Retrieved 12 April 2020, from <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0008%3Apart%3D2%3Achapter%3D2%3Asection%3D3>.

The Golden Ratio: Phi, 1.618 - Golden Ratio, Phi, 1.618, and Fibonacci in Math, Nature, Art, Design, Beauty and the Face. One source with over 100 articles and latest findings.. The Golden Ratio: Phi, 1.618. (1997). Retrieved 19 August 2020, from <https://www.goldennumber.net/>.


verslalune, m. (2013). "Phi" - II - El número de Fidias. Dissenyartproducte.blogspot.com. Retrieved 20 May 2020, from <http://dissenyartproducte.blogspot.com/2013/11/phi-ii-el-numero-de-fidias.html>.

Vitruvi. Ca.wikipedia.org. Retrieved 13 May 2020, from <https://ca.wikipedia.org/wiki/Vitruvi>.

Vitruvio. Es.wikipedia.org. Retrieved 13 May 2020, from https://es.wikipedia.org/wiki/Vitruvio#Biografía_y_obra.

What Is He Famous For?. Leonardo da Vinci Blog. Retrieved 31 May 2020, from <https://historyofleo.weebly.com/what-is-he-famous-for.html>.

ἀκρόπολις - Wiktionary. En.wiktionary.org. Retrieved 12 December 2020, from <https://en.wiktionary.org/wiki/%E1%BC%80%CE%BA%CF%81%CF%8C%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%82>.

>> *Todo sobre Euclides*  | Geometría y matemáticas - Euclides. Euclides. Retrieved 7 July 2020, from <https://euclides.org>.

12. Videografía

Canal á. (2019). *Conoce el número de oro - Proporción áurea, Da Vinci 500 años* [Video]. Retrieved 16 May 2020, from https://www.youtube.com/watch?v=2QtHS5uVOIQ&list=PLnbPL_P3MDxhLI9yo4FD17HX1vG3cVobx&index=33.

INAH TV. (2019). *El Doríforo y el canon de Policleto. Exposición Belleza y Virtud* [Video]. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=vl-Hv23v4I>.

Martín Gulias, N. (2017). *Método para saber dónde hay proporción áurea: "el Hombre de Vitruvio"* [Video]. Retrieved 3 May 2020, from https://www.youtube.com/watch?v=rLNHJ0Ota8E&list=PLnbPL_P3MDxhLI9yo4FD17HX1vG3cVobx&index=32.

Novaschool myAgora. (2015). *Comentario artístico de Doríforo de Policleto - Historia del Arte de Bachillerato* [Video]. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=XwVwB3r5GhY>.

parra, j. (2018). *20 Cosas que no sabías del Hombre de Vitruvio*. [Video]. Retrieved 9 June 2020, from https://www.youtube.com/watch?v=D-sAy8kTYIM&list=PLnbPL_P3MDxhLI9yo4FD17HX1vG3cVobx&index=34.

Romañach, J. *Algo pasa con phi - Capítulo 16 - Cómo dibujar la proporción áurea I* [Video]. Retrieved 16 September 2020, from https://www.youtube.com/watch?v=Qh3Y1k-kr4k&list=PLnbPL_P3MDxhLI9yo4FD17HX1vG3cVobx&index=35.

TED-Ed. (2013). *El hombre matemático vitruviano de Da Vinci - James Earle* [Image]. Retrieved 24 August 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=aMsaFP3kggQ>.