En este dibujo están reunidos varios temas del estudio de la "Simetría", o sea relación de proporciones, que estuvieron en boga en el Renacimiento y en el Barroco posterior. A este último pertenecen la columna y entablamento de Orden Compuesto, copiados de la Perspectiva ("Direzioni A'Giovani Studenti nel Disegno, etc.") de Fernando Galli Bibiena, Bolonia, 1745. Las únicas cosas que he puesto aquí de la Antigüedad son las dos sentencias de San Agustín, elegidas entre el gran número de las que se encuentran esparcidas en sus libros, con alusiones a este tema de la simetria del universo.

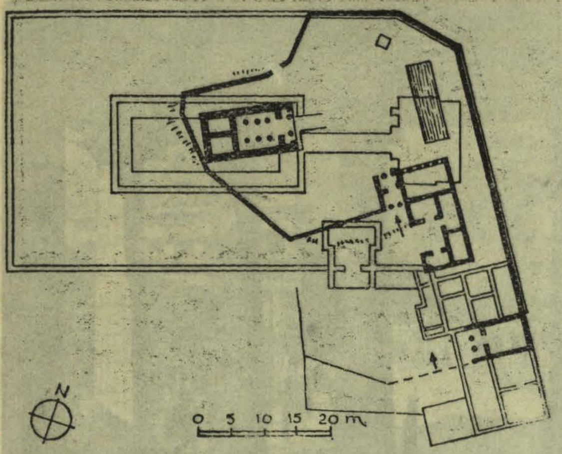
DATOS SOBRE LA COMPOSICION ARQUITECTONICA EN LA GRECIA CLASICA

Por LUIS MOYA, Arquitecto

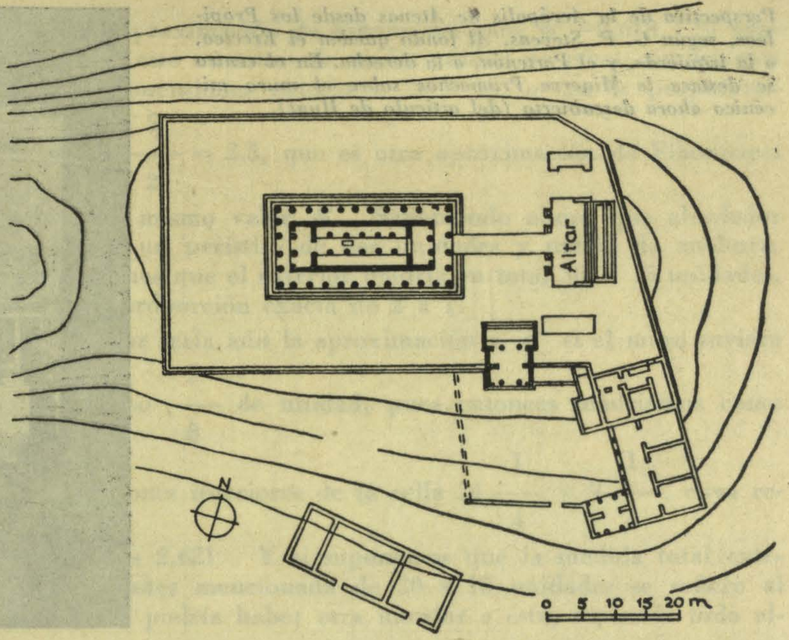
El número de agosto de 1949 de "The Journal of the Royal Institute of British Architects" publica un articulo titulado "Measured Symmetry in Architecture", de W. P. Hunt, que propone de nuevo la cuestión del empleo de trazados geométricos por los griegos antiguos para el emplazamiento y composición de sus edificios, a la vista de las investigaciones de G. P. Stevens sobre la Acrópolis de Atenas. La importancia del problema obliga, primero, a comentar dicho articulo y, después, a avanzar en el estudio del mismo o, por lo menos, a tratar de las posibilidades de hacer ese estudio.

1.—*Trazado descubierto por G. P. Stevens en la Acrópolis de Atenas.*

El trazado recién descubierto hace ver que la Acrópolis no era una gran plaza rodeada de templos y monumentos, sino una verdadera ciudad, con calles y plazas. La primera plaza era la de los Propileos, cerrada al fondo por un gran muro de contención, delante del que se levantaba la estatua de Minerva. Por la derecha y al fondo salía la calle principal, que ascendía entre dos tapias hasta el nivel de la tribuna de Cariátides del Erecteo, donde había la segunda plaza, que en su lado derecho estaba limitada por el muro de cierre del recinto del Partenón, cuya plataforma estaba a mayor altura. De allí seguía la calle, subiendo con pendiente suave, hasta



Plantas del Santuario de Aphaia, en Egina (según Walter), tomadas del artículo de Hunt que aquí se comenta. La primera se refiere a su forma primitiva y la segunda a su reconstrucción en el año 490 antes de Cristo, o sea antes de la reconstrucción de la Acrópolis de Atenas. Se observa en la segunda el dominio del ángulo recto.



el extremo oriental de la Acrópolis, donde torcía bruscamente a la derecha para dar entrada a la plaza del Partenón, situada delante de su fachada este.

Los edificios secundarios, como el Santuario de Minerva Braurionia, tenían sus recintos cerrados por tapias, a algunas de las cuales se adosaban soportales por la parte interior de dichos recintos.

En conclusión, el que recorría la calle principal no veía la parte baja de ningún edificio, sino sólo capiteles, entablamentos y frontones. Cada edificio no podría verse entero más que desde dentro de su propio recinto.

Este trazado no debe extrañar, pues es idéntico al de cualquier ciudad griega de las que se han descubierto hasta ahora, o al de Pompeya, o al de gran parte de la antigua Roma. Templos sin recintos se ven en muy pocos casos en Roma y Pompeya. Empiezan a abundar en el Norte de Africa, pero son de épocas tardías. La regla de situar los edificios dentro de espacios pequeños, aislados, se observa durante la Edad Media y en el Renacimiento. Un ejemplo es la creación de las Lonjas de El Escorial en plena montaña, para encerrar en ellas las dos fachadas donde están las entradas del Monasterio.

2.—*Datos incompletos sobre los que hicieron Choisy y Doxiadis sus estudios de esta composición.*

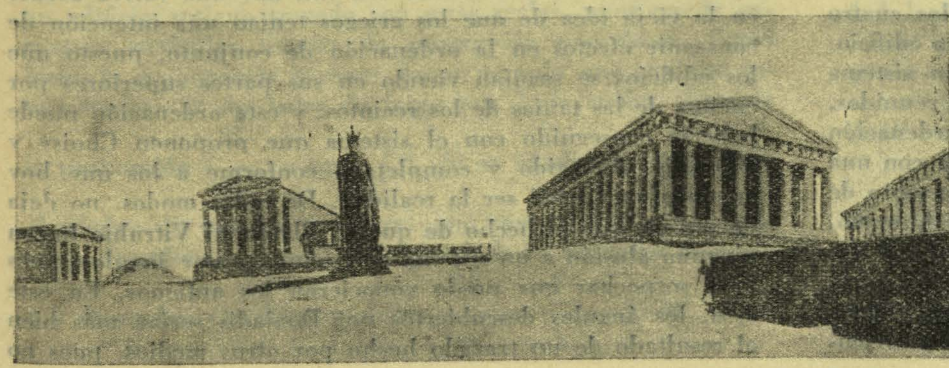
Siendo incompletos los datos que usaron Choisy y Doxiadis, sus estudios, y sobre todo sus conclusiones sobre la regulación por medios matemáticos del trazado de la Acrópolis, pierden algo de su valor; pero no pueden ser rechazados en bloque, como parece proponer W. P. Hunt. Se necesita determinar lo que debe quitarse de ellos para que quede lo aprovechable.

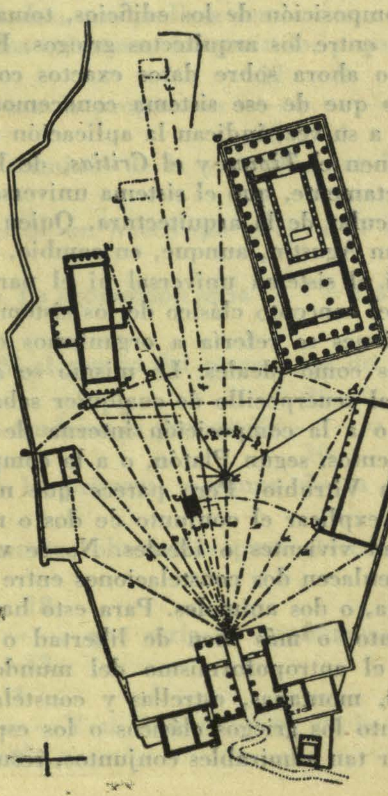
Desde luego, la ordenación por ángulos que apunta Choisy y resuelve Doxiadis conserva todo su valor, pues los edificios se siguen viendo sobre las tapias de sus recintos. Sería preciso completar este estudio con los nuevos ángulos que dan estas tapias y sus puertas, cosa difícil de hacer, pues parece que no queda nada que sirva para conocer con exactitud la altura ni la forma de tales obras. Es lástima, porque si el sistema angular está aplicado por Doxiadis con gran precisión, como parece, estos elementos que faltan podrían resolverlo por completo, suprimiendo algunas irregularidades en el reparto de ángulos.

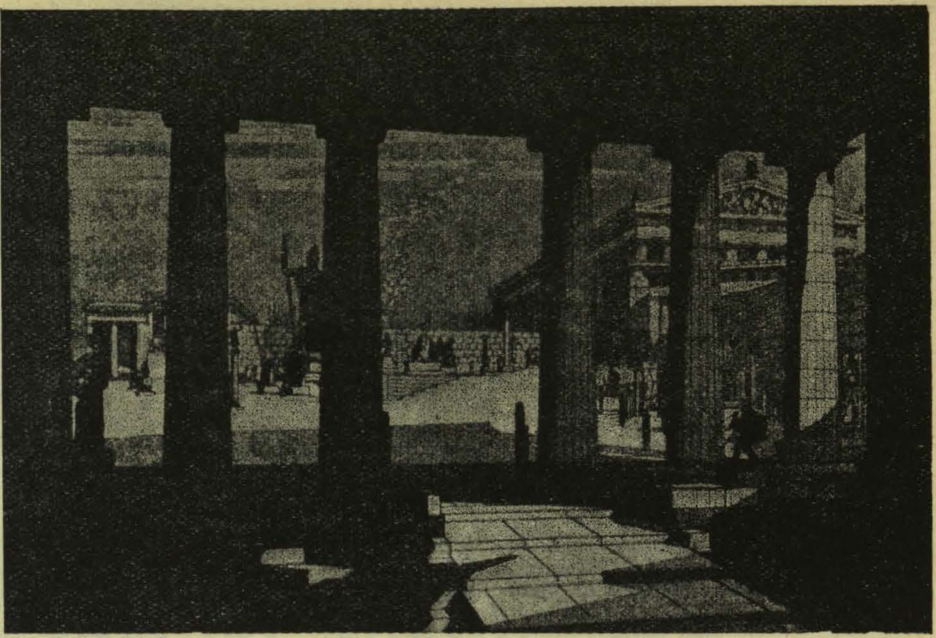
3.—*Referencias a la carencia de sentido paisajista entre los griegos de la época clásica.*

En contra de todas las ideas modernas sobre la voluntad de una composición griega de los edificios con el paisaje, es-

Perspectiva y planta de la Acrópolis de Atenas con el trazado de ángulos estudiado por Doxiadis ("Raumonrdnung im griechischen Stadtebau", 1937), publicadas en el artículo de Hunt.







Perspectiva de la Acrópolis de Atenas desde los Propíleos, según G. P. Stevens. Al fondo quedan el Erecteo, a la izquierda, y el Partenón, a la derecha. En el centro se destaca la Minerva Promachos sobre el muro micénico ahora descubierto (del artículo de Hunt).

tán los textos que aduce el artículo comentado, y, sobre todo, la carencia de toda noticia de sentido contrario. No hay el menor indicio de que estas composiciones, que resultaron admirables, se hicieran conscientemente. Pero esto plantea una cuestión importante: en España tenemos también conjuntos monumentales muy bien situados en su paisaje, como Segovia, Salamanca, Toledo, Avila y muchos más, varios miles, entre los que se incluyen pueblos muy pequeños.

No tenemos ninguna prueba de que esto se haya hecho de un modo consciente y voluntario. Ni Cervantes, ni Lope, ni Quevedo, ni ningún otro escritor, ni tampoco ningún tratadista de Arquitectura, hacen la menor alusión a una intención de componerlas o siquiera de admirarlas una vez hechas. Habrá que creer que fueron hechas *Instinctu Divinitatis*, como dice la inscripción del arco de Constantino.

4.—*Dudas sobre el empleo de un sistema regulador en la composición de un conjunto clásico griego.*

No puede caber duda en que el empleo de un sistema en la composición de los edificios, tomados uno a uno, fué obligado entre los arquitectos griegos. El estudio de los edificios hecho ahora sobre datos exactos confirma y amplía las noticias que de ese sistema conocemos gracias a Vitrubio, las que, a su vez, indican la aplicación del sistema universal que exponen el *Timeo* y el *Critias*, de Platón, aunque no dicen, directamente, que el sistema universal se emplease en el caso particular de la arquitectura. Quien lo dice, y muchas veces, es San Agustín, aunque, en cambio, no explica detalladamente ni el sistema universal ni el particular. Puede deducirse que el concepto clásico de los sistemas de ordenación de proporciones se refería a organismos completos aislados, tanto reales como ideales. Lo mismo se aplicaba al sistema solar que al «cuerpecillo de cualquier sabandija», según San Agustín, o a la composición interna de cada uno de los cuatro elementos, según Platón, o a la composición de cada edificio, según Vitrubio. Pero parece que no tenían ningún sistema para explicar el conjunto de dos o más organismos reunidos, fueran vivientes o ideales. No se ven reglas de ordenación que enlacen dos constelaciones entre sí, o un templo con una colina, o dos animales. Para esto hay latente un concepto de instinto, o más bien de libertad o libre albedrío humano, que el antropoformismo del mundo clásico extiende a árboles, montañas, estrellas y constelaciones. Si por un puro instinto los griegos clásicos o los españoles acertaron a componer tan admirables conjuntos, resultará que en ellos el sentido de una armonía general estaba tan desarrollado como el olfato de algunos animales, y que ahora, después de unos siglos de racionalismo matemático, hemos perdido por completo. Sin este sentido, y queriendo aplicar malamente sistemas clásicos que conocemos a medias y que quizá no estaban pensados para este fin, no acertamos ni por casualidad cuando tratamos de componer un edificio con un paisaje, a pesar de que nosotros tenemos un sentido estético del paisaje en vez del sentido utilitario que tenían ellos.

5.—*Validez parcial de los sistemas de Choisy y Doxiadis*

En el artículo que se comenta aquí se hace ver que entre los griegos fué más moderno el empleo del ángulo recto en composiciones de conjunto que el de las disposiciones del tipo de la Acrópolis. Por la fecha de construcción de los edificios principales de ésta, resultaría ser un arcaísmo en el modo de componer. En el artículo publicado por el que suscribe en la Revista Nacional de Arquitectura (marzo de 1949), se aducían razones para justificar que se tomara la Acrópolis como un tema de estudio de composición, pues la variedad de ángulos de los distintos edificios y la falta de una ordenación clara, en sentido actual, del conjunto, no obedecían ni a razones religiosas ni prácticas. Ahora, con la distribución de calles y plazas, surge la duda de si habría muchos más edificios de los que conocemos, y que aquello fuese una verdadera ciudad atestada de construcciones pegadas unas a otras, o poco menos, y donde una desviación de alineaciones pudiera ser obligada por una distribución ya existente de parcelas o solares. Pero en contra de esto, tenemos la carencia de indicios sobre la existencia de otros edificios que no sean los conocidos de siempre, ya que ni Pausanias ni Plinio ni ningún otro autor clásico menciona aquéllas, y hasta ahora las excavaciones tampoco han manifestado ninguna más. Siendo esto así, hay que volver a caer en la vieja idea de que los griegos tenían una intención de conseguir efectos en la ordenación de conjunto, puesto que los edificios se seguían viendo en sus partes superiores por encima de las tapias de los recintos, y esta ordenación puede haberse conseguido con el sistema que proponen Choisy y Doxiadis, corregido y completado conforme a los que hoy creemos que debió ser la realidad. De todos modos, no deja de ser molesto el hecho de que ni Platón ni Vitrubio hagan ninguna alusión a un sistema de componer por ángulos, pues hace sospechar que no lo conocieron los antiguos. En este caso, los ángulos descubiertos por Doxiadis serían más bien el resultado de un trazado hecho por otros medios, pues no

puede suponerse que el azar haya producido ese reparto de ángulos.

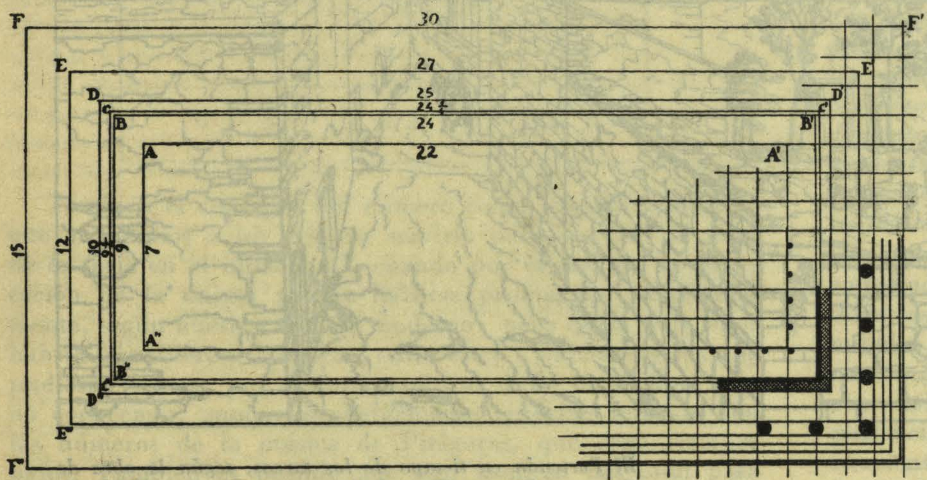
6. *Realización práctica de los trazados geométricos.*

Los ángulos antes referidos son divisiones en partes iguales del ángulo del triángulo equilátero. Es conocido el modo griego de sustituir en la práctica profesional los valores irracionales de ciertas relaciones numéricas por aproximaciones en forma de quebrados de los números enteros bajos. Por ejemplo: π era $\dfrac{22}{7} = 3.1428571......$; la relación de la diagonal al lado del cuadrado, $\sqrt{2} = 1.4142...$, era $\dfrac{7}{5} = 1,40$, o $\dfrac{17}{12} = 1.4166...$, siendo ambas reducidas de la fracción continua que desarrolla $\sqrt{2}$; y la relación de la altura a la semibase del triángulo equilátero era $\dfrac{12}{7} = 1,7142$ .., o cualquier otra reducida de la fracción continua de $\sqrt{3} = 1,7321...$, como $\dfrac{26}{15} = 1,7333...$, que se consideraba muy exacta. Con relaciones de esta clase construían los ángulos de 60° y sus divisores, cometiendo un pequeño error, pero teniendo la ventaja de emplear para el replanteo números enteros.

Hay que hacer notar que este sistema de trazado práctico es recogido y explicado por los tratadistas del Renacimiento y que conduce a posibles errores de juicio al que estudia un edificio antiguo trazado con estas reglas, pues puede encontrar cualquier sistema de proporción que desee. Como ejemplo supongamos la nave de un templo que midiese interiormente 22 unidades de largo por 7 de ancho. Tendría la proporción $\dfrac{22}{7}$, o sea: π Si se añade una nave baja alrededor de todo su contorno que tuviese una unidad de ancho, resultaría en total un interior de 24 unidades de largo y 9 de ancho, con la proporción $\dfrac{24}{9} = \dfrac{8}{3} = 2,666...$, que es una aproximación de Fibonnacci para $\Phi^2 = 2,618...$ Si añadimos a esto un muro de media unidad de grueso tendríamos como dimensiones exteriores 25 × 10, o sea la proporción $\dfrac{25}{10} = \dfrac{5}{2} = 2,5$, que es otra aproximación de Fibonnacci para el mismo valor Φ^2. Suponiendo ahora que alrededor hubiera un peristilo de dos unidades y media de anchura, tendríamos que el exterior tendría en total 30 × 15 unidades, con la proporción exacta de 2 a 1.

Mayor sería aún la aproximación a Φ^2 si el muro tuviera de grueso $\dfrac{7}{8}$ de unidad, pues entonces tendríamos como dimensiones interiores de la cella $24\dfrac{1}{4} \times 9\dfrac{1}{4}$, cuya relación es 2,621... Y si suponemos que la medida total exterior antes mencionada de 30 × 15 unidades se refiere al crepido, podría haber otra interior a ésta, separada todo alrededor en 1 y 1/2 unidades, que pudiera ser la suma de las gradas y del grueso de las columnas del peristilo, y que tendría 27 × 12 unidades, con la proporción $\dfrac{27}{12} = \dfrac{9}{4} = \dfrac{3^2}{2^2}$, que es la razón de dos términos de la serie que usa Platón en el *Timeo*.

Otro ejemplo sería el de un hueco que tuviera 17 unidades de alto y 12 de ancho. La proporción sería $\dfrac{17}{12} = 1,4166...$, aproximación de $\sqrt{2}$. Si el grueso del cerco fuese de 1 unidad, las luces del mismo tendrían la proporción $\dfrac{15}{10} = \dfrac{3}{2}$, que es sesquiáltera. Si la primera moldura de la jamba tiene $\dfrac{1}{2}$ unidad de grueso, obtenemos para el rectángulo de ésta la proporción $\dfrac{18}{13}$, que sería la aproximación de Fibonnacci para $1 + \dfrac{1}{\Phi^2}$. Y si el ancho total de la jamba



$AA' = 22 \quad AA'' = 7 \quad \dfrac{AA'}{AA''} = \dfrac{22}{7} = 3.1428571...... \quad \pi = 3.1415926.....$

$BB' = 24 \quad BB'' = 9 \quad \dfrac{BB'}{BB''} = \dfrac{24}{9} = \dfrac{8}{3} = 2.666......$

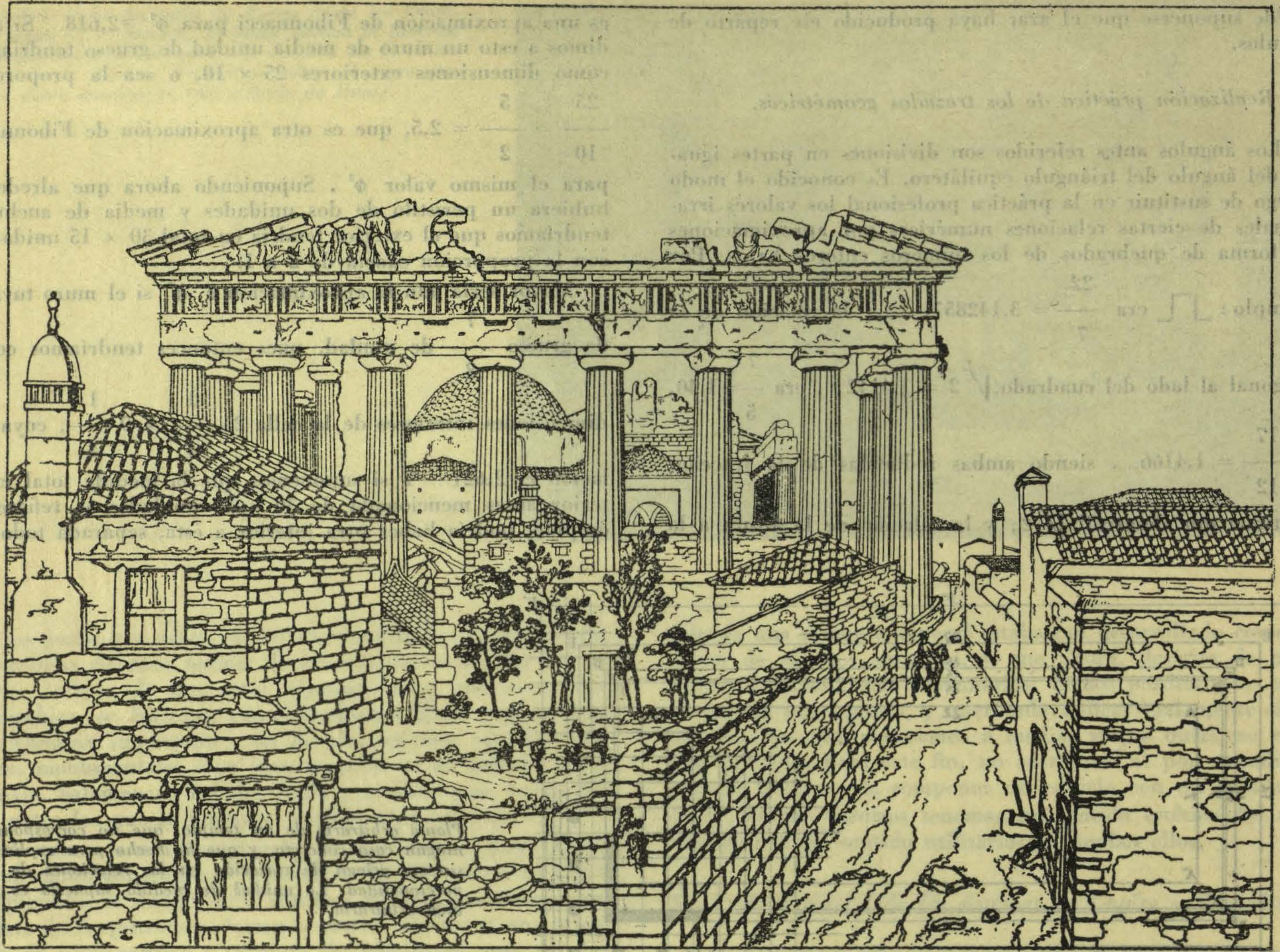
$CC' = 24\frac{1}{4} \quad CC'' = 9\frac{1}{4} \quad \dfrac{CC'}{CC''} = \dfrac{24\frac{1}{4}}{9\frac{1}{4}} = \dfrac{97}{37} = 2.621621... \quad \Big\} \; \Phi^2 = 2.6180339...$

$DD' = 25 \quad DD'' = 10 \quad \dfrac{DD'}{DD''} = \dfrac{25}{10} = \dfrac{5}{2} = 2.5$

$EE' = 27 \quad EE'' = 12 \quad \dfrac{EE'}{EE''} = \dfrac{27}{12} = \dfrac{9}{4} = \dfrac{3^2}{2^2}$

$FF' = 30 \quad FF'' = 15 \quad \dfrac{FF'}{FF''} = \dfrac{30}{15} = 2$

Planta arbitraria de un templo, que no corresponde a ningún caso concreto, y que he hecho para explicar el sistema griego de variación en las relaciones de proporcionalidad. La unidad de medida supuesta es también arbitraria.



El Partenón en tiempo de los turcos, según la obra de Stuart y Revett. El grabado, que es de la edición de Milán de 1839, está calcado del que figura en la edición original, y, por tanto, representa el estado de la Acrópolis en el siglo XVIII. Se reproduce aquí porque, después de los descubrimientos de Stevens, da más idea del aspecto de la Acrópolis original que las reconstrucciones usuales que conocemos, en las que se han supuesto los edificios emplazados en el estilo del París de Napoleón III.

tiene una unidad y media, la proporción del contorno exterior sería $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$.

Del mismo modo, si tenemos un rectángulo cuya relación de altura a base sea $\frac{26}{15} = 1,7333...$, no podemos, si faltan otros datos, afirmar si se ha obtenido partiendo de la relación de la altura a la semibase del triángulo equilátero, que vale exactamente 1,7321..., o como suma de 6 rectángulos de proporción $\frac{13}{5} = 2,6$, que es una aproximación de Fibonnacci para $\Phi^2 = 2,618...$ Se deduce de aquí la dificultad de averiguar cuál ha sido el sistema regulador que ha determinado las proporciones del edificio cuando sólo se tiene éste y no hay datos de otra clase que lo indiquen. Los diferentes rectángulos que se encuentran van saltando de la *sectio aurea* a las proporciones deducidas del triángulo equilátero, o de la diagonal del cuadrado, o de la circunferencia, o se pasan a la serie del *Timeo,* o a las relaciones musicales de Pitágoras.

7.—*El número y la medida entre los griegos.*

Después de una conversación con don Xavier Zubiri me he convencido de la imposibilidad actual de penetrar en el sistema griego de proporción en tanto desconozcamos la esencia de sus matemáticas. Conocemos y aplicamos ahora el sistema de Pitágoras y de Euclides, pero nos falta saber cuál era su sentido. Los resultados de nuestras operaciones en el papel pueden ser los mismos, ahora y entre los griegos; pero en arquitectura, donde tan determinante es el sentido de realidad que tiene cada época y cada pueblo, es diferente el resultado si, por ejemplo, se ha llegado al concepto de número entero como hacemos nosotros, por simple adición de unidades, o si cada número es una entidad completa y cerrada, poseedora inclusive de una forma, como parece hacían los griegos, que con esto establecían diferencias de orden estético entre los distintos números.

Con estas ideas puedo intentar una explicación de la inversión de términos que se observa en la serie del *Timeo.* Esta serie es la siguiente:

1, 2, 3, 4, 9, 8, 27.

El 9 está antes del 8 si se atiende a su formación y no a que represente 9 unidades. En efecto, la formación de los términos obedece a esta regla:

1.ª Progresión geométrica, de razón 2: 1, 2, 4, 8.
2.ª Progresión geométrica, de razón 3: 1, 3, 9, 27.

Con otra notación serían:

1.ª Progresión: 2^0, 2^1, 2^2, 2^3.
2.ª Progresión: 3^0, 3^1, 3^2, 3^3.

Formando una serie con ambas progresiones, y ordenando los términos según la base y el exponente, resulta natural que $3^2 = 9$ esté delante de $2^3 = 8$, obteniéndose la serie del *Timeo* en esta forma:

	Base 2	Base 3
Exponente 0	$2^0 = 1$	$3^0 = 1$
» 1	$2^1 = 2$	$3^1 = 3$
» 2	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$
» 3	$2^3 = 8$	$3^3 = 27$

También el concepto del número como entidad completa, que atribuímos a los griegos, serviría para explicar el final de la serie en el número 27, cuando por el sistema de generación de la misma podría haberse prolongado indefinidamente, según nuestro criterio moderno; pero quizá para ellos habría una diferencia enorme entre estos 7 números y los que pudieran seguir, por razones estéticas o de otra clase, que no conocemos, aunque probablemente tendrían relación con los números de la música de Pitágoras, que eran siempre bajos. También es posible que esta facultad del oído para determinar números estéticos influyese en la arquitectura por encima de razones propias de ésta, y que quedase aceptado el oído como mejor instrumento de medida que la vista.

El descubrimiento de que la relación de la diagonal al lado del cuadrado $\sqrt{2}$, era irreductible a una fracción de números enteros, se convirtió entre los griegos en un problema que trascendió los límites de las matemáticas e influyó hasta en su concepto físico del mundo, haciendo, según Zubiri, que la teoría atomística quedase hundida para muchos siglos.

Sería necesario conocer a fondo lo que Teéteto, el condiscípulo de Platón, y Eudoxo de Cnido, hicieron en este problema, y lo que este último entendió verdaderamente al tratar a fondo la sección áurea cuando se ocupó de la construcción de los cinco cuerpos regulares. Euclides era muy posterior, y en él se encuentran axiomas sobre los conceptos de igualdad y desigualdad en geometría; pero no sabemos si cuando se hizo la Acrópolis se conocían estos conceptos o si se aplicaron por los arquitectos. Un acto tan sencillo como es medir la longitud de un objeto para hacer otro de igual longitud, puede entenderse de dos modos: el nuestro, que sería marcar esa dimensión en una regla transportable, llevar esa regla al nuevo objeto y pasar a él las señales de la regla, o bien hallar el número de pies o de unidades, en general, que tenga la longitud del primer objeto, y tomar este número como un valor absoluto y aplicarlo al nuevo objeto, sin hacer caso de la posibilidad de que el valor de la unidad de medida pueda ser cambiado en el transcurso de la operación. No es absurdo suponer que esto puede ocurrir, pues según observó hace años el alumno de la Escuela de Arquitectura señor Galmés, ahora arquitecto, en la Catedral de Palma de Mallorca, la longitud de los tramos de la nave cambió ligeramente al cambiar el pie mallorquín por el valenciano. Es decir, que los tramos tienen siempre el mismo número de pies, sea cualquiera el valor de esta unidad, y de aquí podríamos deducir que en la disputa del realismo y del nominalismo el arquitecto de la Catedral se había inclinado por el primer partido, y que para él un pie era algo real, independientemente de su dimensión, según me lo explicó el catedrático de la Universidad de Valladolid señor Rubio. Ahora bien, es muy probable que dentro del gremio de los constructores medievales se conociesen muchas cosas de la antigüedad clásica transmitidas por tradición, y si ésta fuera una de ellas nos revelaría un concepto muy notable de la operación de medir entre los antiguos, o sea que, entre ellos, hacer una longitud igual a otra significaría repetir su mismo número de pies, aunque nosotros, con nuestro concepto actual de las medidas, observemos que hay una diferencia si la unidad de medida no es la misma en la longitud original y en la copia.

8.—*Sentido de la realidad en la geometría griega preeuclidiana.*

Otro motivo de duda en la interpretación de las proporciones de los edificios clásicos se añade cuando se comprende que nuestro sentido de la realidad geométrica, que es euclidiano, no se debe a una «pretendida forma *a priori* de nuestra sensibilidad, a la que atribuíamos el modelado de las impresiones espaciales» (J. Rey Pastor: Introducción a los *Fundamentos de la Geometría*, de Poincaré y Einstein). Poincaré encuentra dos series de axiomas en Euclides. Los unos son enunciados explícitamente, y los otros son los que «él admite implícitamente, y que ni siquiera cree necesario enunciar». «Esto quiere decir que los primeros axiomas (los que son enunciados) son el fruto de una experiencia más reciente, mientras que los sobreentendidos han sido los primeros asimilados por nosotros.» Más adelante añade: «Los axiomas no son juicios analíticos *a priori*. Son convenciones.» «Estas convenciones, es cierto, nos han sido sugeridas todas por experiencias, pero por experiencias groseras.» Euclides vivía trescientos años antes de Cristo, cuando los edificios de la Acrópolis eran ya viejos. Por tanto, cuando fueron hechos quizá estaban los griegos en plena época de esas «experiencias groseras», que habían de conducir a crear el sistema en que nosotros vivimos. No sé cuál sería el sentido de la geometría entre aquellos arquitectos; pero seguramente su sistema preeuclidiano debió de ser más complicado y, al mismo tiempo, más cercano a la Naturaleza y menos abstracto que el de Euclides. De modo que, no solamente su idea de la operación de medir, sino el propio fundamento de su geometría, quedan en duda, y no nos es lícito juzgar sus sistemas de proporción y de medida con nuestro criterio posteuclidiano. Pudo haber una manera de relacionar los edificios entre sí, y éstos con el paisaje, que no podemos determinar ahora con nuestra geometría. No me refiero aquí a las geometrías de Riemann o de Lobatchewsky, que ellos pudieran conocer, sino simplemente a que en su geometría pudieran haber introducido, o más bien no haber eliminado todavía, cosas como el color o el claroscuro.

9.—*Posibilidad del estudio de la composición de la Acrópolis de Atenas.*

En tanto sigamos desconociendo cuál fué el sentido de la geometría que tuvieron los arquitectos de la Acrópolis, todos nuestros estudios sobre ella habrán de reducirse a las partes de la composición en que sean comunes aquel sentido y el nuestro. Serán, por tanto, estudios incompletos, que pueden ser muy útiles como guía de nuestras composiciones, y que deben ser ordenados y sistematizados para nuestro uso, pero que carecerán de todo valor desde el punto de vista del historiador, pues no podrán penetrar en la esencia de su sistema ni en su intención y su idea reguladora.