

LOS JUSTIFICANTES DE DISEÑO Y LAS TÉCNICAS DE REPLANTEO EN OBRA. NOTA SOBRE SU APLICACION EN LA ARQUITECTURA ROMANA

Jesús LIZ GUIRAL.

Departamento de Prehistoria y Arqueología.

Es generalmente, bastante raro encontrar entre la bibliografía al uso datos exactos y actualizados sobre las cuestiones relativas a las razones de diseño que llevaron a la plasmación de las formas a las que llegaron las arquitecturas antiguas y, en particular, romana que es la que aquí nos interesa.

Pensamos que, en orden al análisis de los factores geométricos o aritméticos que entraban en acción a la hora de proyectar un edificio antiguo, deben diferenciarse dos conceptos virtualmente distintos pero que tienden a ser confundidos con relativa frecuencia:

a) Por un lado, lo que nosotros denominamos justificantes de diseño, concepto que alcanza a todas las categorías de axiomas o especulaciones teóricas que servían al *architectus* para definir la forma, el espacio y las masas, del edificio.

b) Por otro, las técnicas de replanteo a pie de obra, cuestiones que ya no entrarían a formar parte de la categoría antes descrita sino que, basándose en un elenco de soluciones eminentemente pragmático, servirían para la traducción del diseño en el papel a la realidad de la obra.

Los límites y fronteras entre unos y otros deberían ser muy claros ya que los fines que perseguían ambos eran absolutamente distintos. De hecho, es posible diferenciar tales cuestiones dentro de obras concretas, si bien, hemos de reconocer, que en otras ocasiones, estos límites son confusos, cuando no inexistentes.

Dentro de la clase de los justificantes de diseño, podríamos incluir múltiples teorías y recetas de las que nos ha quedado constancia escrita o arqueológica. Una enumeración de las especulaciones teóricas que han servido para este fin podría ser tan prolija como tediosa. Baste recordar todo el bagaje de teoría recogido en el *corpus* vitruviano o las infinitas posibilidades de aplicación de la denominada Sección Aurea(1).

Las técnicas de replanteo a pie de obra, como hemos dicho antes, son eminentemente prácticas y tienen, como fin primordial, la clarificación del proyecto sobre la base de procedimientos geométricos o matemáticos sencillos(2) que permitían prescindir o sustituir ventajosamente aparatos como el *chorobates*, la *groma* o la *dioptra*(3) para el trazado de figuras geométricas simples como triángulos, cuadrados, rectángulos, etc. que luego tenían una tra-

(1) Sección Aurea, Número de Oro, o división euclidiana en medida y extrema razón; cfr. Ghyka, G., *El número de oro*, I, *Los ritmos*, Barcelona, 1978, p. 29, «La razón entre la suma de dos magnitudes consideradas y una de ellas (la mayor) es igual a la razón entre ésta y la otra (la menor)».

(2) No se pueden excluir los procedimientos aritméticos muy sencillos aun cuando pensemos que en la gran mayoría de los casos los métodos, por razones de dificultad en el cálculo numérico, serían fundamentalmente geométricos.

(3) Una buena introducción a estos aparatos de topografía antigua puede verse en Adam, J.P., *La construction romaine. Matériaux et techniques*, Paris, 1984, pp. 9 y ss.

ducción en la forma final del edificio o que simplemente eran empleados durante el periodo de construcción como elementos de apoyo para la consecución de ángulos rectos, el establecimiento de líneas perfectamente paralelas a otras, etc. Dentro de estas formas de replanteo se puede incluir, sin lugar a dudas, la aplicación de la teoría del llamado triángulo egipcio de catetos e hipotenusa en proporción 3, 4, 5, respectivamente, al que Pitágoras dotó del cuerpo axiomático correspondiente (4).

Teóricamente ambos conceptos son distintos si bien, como hemos dicho antes, la diferenciación de ambos es en muchas ocasiones confusa.

Quizá esta indeterminación sea debida a que el *architectus* concededor —aunque inconscientemente— de esta separación, viera en muchas ocasiones las ventajas que tenía el hacer coincidir ambas categorías haciendo que los justificantes de diseño de las fábricas fueran, a su vez, los métodos de replanteamiento que se fueran a utilizar. Evidentemente esto clarificaría el proyecto a los ojos del constructor y evitaría algunos problemas de *interpretatio* que pueden detectarse en ocasiones (5).

De hecho, pensamos que de esta conjunción nace el éxito de algunas relaciones geométricas muy frecuentemente empleadas en la arquitectura romana, que pasaron de ser métodos exclusivos de replanteo a justificar por sí mismos ciertos diseños.

Esta fusión debió de producirse por diversos caminos. Es posible rastrear algunos ejemplos en los que el paso se dio ya en la fijación de algunas normas que probablemente proceden del mundo heleno, como hemos podido ver en el caso de Vitruvio (6). Quizá existan otros caminos menos explícitos para el trasvase de los métodos de replanteo al área de los justificantes de diseño cuyas razones causales tengan mucho más que ver con la práctica diaria —y los determinismos y ajuste a unas realidades mucho más pragmáticas que teóricas— de la Arquitectura que con la fijación de antemano de unas normas eventualmente racionales. Desde este punto de vista habría un factor que jugaría de forma decisiva en la conjunción o no de estos dos conceptos: nos estamos refiriendo al *architectus*, pero no como persona que desempeña una profesión de características homogéneas y límites bien definidos sino como individuo cuyo peso específico en las obras, posición jerárquica dentro de ellas y campo de acción concreto habría que definir para caso particular.

(4) Por esta causa se le llama, indistintamente, pitagórico o egipcio; tal figura tiene la principal ventaja de producir siempre un ángulo recto, cuestión de indudable utilidad para el establecimiento de esquinas en las habitaciones, transversales, etc.; existen otro tipo de figuras que también son empleadas para estos menesteres como los triángulos de proporciones 5-12-13 ó 48-55-73 que cita Gros, P., en «Nombres irrationnels et nombres parfaits chez Vitruve», *M.E.F.R.A.*, 88, 1976, p. 672; otro tipo de convenciones que son utilizadas para idénticos fines son, por ejemplo, los rectángulos cuyos lados están en relación de raíz cuadrada de dos, en donde las ventajas no vienen por la relación matemática:

$$\frac{a}{b} = \frac{1,414}{1} = \sqrt{2}$$

sino por la plasmación geométrica de la misma que permite al arquitecto obtener un rectángulo partiendo de un cuadrado de base, abatiendo sobre dos de sus lados la diagonal del mismo.

(5) Estos problemas se pueden apreciar cuando se sustituyen especulaciones teóricas que producen números irracionales —como la raíz cuadrada de dos, e.g.— por fracciones o series de números enteros que representan aproximaciones a las mismas; así, es posible sustituir

$$\sqrt{2} = 1,414 \text{ por } \frac{10}{7} = 1,429 ;$$

en Vitruvio también es posible detectar dichas aproximaciones, e.g. en las proporciones de la puerta dórica en donde la relación 12 de altura por 5,5 de anchura puede parecer caprichosa si no fuera porque

$$\frac{12}{5,5} = \pm \sqrt{5} ;$$

cf. Gros, P., *op. cit.*, p. 692.

(6) *Ibid.* nota 5, a propósito de la puerta dórica.

(7) Gros, P., «Statut social et rôle culturel des architectes», *Architecture et Société*, Roma, 1980, pp. 425 y ss.; el autor llega a la conclusión de que la constante modal es siempre la de una relativa humildad en estos personajes, salvo en casos específicos, por todos conocidos, que no constituyen, a la postre, más que excepciones a la regla.

Ya advertía Gros(7) del peligro de considerar al arquitecto como el personaje más importante dentro de una obra. Nuestro error fundamental de enfoque parte del mismo hecho de intentar atribuir al arquitecto romano —y al de la Antigüedad en general— unas características peligrosamente parejas a las que ahora tienen.

En este sentido, no es ocioso que nos paremos a considerar que en época romana se pueden detectar varias categorías de arquitectos:

—Por un lado estarían los hombres libres que ejercerían su profesión trabajando para terceros y que se ocuparían exclusivamente de los problemas derivados de la forma arquitectónica de los edificios. Este tipo de arquitectos es posible rastrearlos en múltiples ocasiones y, aunque quizá fuera factible establecer subtipos(8), estaría en la línea de personajes tan conocidos como Hermodoro de Salamina, Vitruvio, Rabirio o Apolodoro de Damasco, en cierta forma excepcionales(9), y de otros mucho menos conocidos por su propio trabajo o por la proyección casual de su fama. Tal sería el caso, por ejemplo, de toda una serie de personajes que nos cita Plinio el Joven(10) en sus cartas a Trajano desde Bitinia(11).

—Por otro lado, aquellos que Gros(12) incluye dentro de los *architecti* ligados a agencias especializadas dependientes de las grandes familias como la del grupo campano de C. Postumius Pollus.(13) *officina* constituida por una serie de personajes articulados dentro de una jerarquía que podía ser profesional o de condición social(14).

—También podríamos diferenciar algunos arquitectos ligados a la administración romana por medio de *officinae* dependientes de cargos públicos con competencias arquitectónicas, como para el caso de los *curatores aquarum publicarum* de Roma nos demuestra Frontino(15).

—Otros cuya dependencia de los cargos públicos era todavía más acusada ya que, al parecer se trataba de siervos públicos(16).

—Hasta llegar a los casos que parece que un mismo personaje detenta varios puestos dentro de los existentes en el periodo de gestación y realización de una obra arquitectónica(17) como es el caso de *Mustius* que nos transmite Plinio el Joven(18) o el de *Lacer* que nosotros juzgamos así para el cacereno puente de Alcántara(19).

Con tal diversidad social y de condición de los personajes de quien dependían las cuestiones de *eurythmia* y *symetria*(20), no podemos esperar que las cosas, en cuanto al empleo de unas normas más o menos fijadas para la justificación de diseños o para el replanteo de pie de obra, sean ni mucho menos sencillas, todavía más cuando nos estamos parando a considerar una conjunción entre ambos sistemas.

(8) Es posible que debieran realizarse estas subdivisiones aunque resultaría muy difícil y ya no tendríamos que tener en cuenta personas sino actuaciones particulares de las mismas; este tipo de subdivisiones podrían establecerse a partir, e.g., de la procedencia de la iniciativa de la construcción: privada, municipal, militar, imperial, etc., y aun se podría seguir afinando estableciendo las formas de vinculación de los arquitectos a estas fuentes de iniciativa: pertenencia al ejército del individuo, colaboración puntual en un proyecto o campaña...

(9) Por causas muy diversas, como analizamos en la nota anterior, puesto que mientras unos son conocidos por sus obras o por su vinculación a la familia imperial, como Apolodoro, otro, Vitruvio, sólo es conocido —prácticamente— por habérsenos conservado sus escritos.

(10) C. Plini Caecili Secundi, *Epistularum libri decem*, trad. y ap. crit. Minors, R.A.B., Oxford, 1963., *Letres et Panegyrique de Trajan*, IV vols., trad. y ap. crit. Guillemín, A.M. y Durry, M., Paris, 1964-1967.

(11) Plin., *Epist.*, X, 39, en donde comentando el problema surgido con un gimnasio en Nicea, el autor nos da noticia de la existencia de dos arquitectos, al parecer rivales.

(12) Gros, P., *loc. cit.*

(13) *Idem.*, *op. cit.* pp. 437 y ss.

(14) Los subtipos, evidentemente, también podrían establecerse aquí, ya que posiblemente habría tantas diferencias en estas clases de dependencia como casos se pudieran contabilizar.

(15) Frontinus, *De aquaeductu urbis Romae*, trad. y ap. crit., Grimal, P., Paris, 1961, C, 1.

(16) *Idem.*, *loc. cit.*

(17) Fundamentalmente: el *dominus*, de quien parte la iniciativa y paga la obra, el *architectus*, que respone de la forma arquitectónica, el *redemptor*, o contratista y jefe de los equipos de trabajadores y los *fabri*, más o menos especializados y en manos de quien estaba la realización física de la obra.

(18) Plin. *Epist.*, IX, 39, en donde parece que *Mustius* actúa como *redemptor* y *architectus*.

(19) Liz, J., *Análisis de la arquitectura antigua del puente, arco honorífico y templo de Alcántara*, (en prensa).

(20) Vitruv., *De Arch.*, I, 2, 11.

Probablemente este paso se debió de realizar de una forma bastante progresiva a tenor de las necesidades de las obras. Los factores que pudieron influir en ello debieron de ser múltiples. Quizá la existencia de arquitectos cuyas competencias no se restringieran a las cuestiones puramente proyectivas, como *Mustius* y *Lacer*, sino que alcanzaban también responsabilidades en la organización de otros aspectos más directos de las obras —como contratistas de las mismas o como directores de grupos más o menos especializados de *fabri*—, contribuyó de forma decisiva a la consideración, por parte de ellos mismos, de las ventajas que supondría unir ambos tipos de convenciones.

Otro factor a tener en cuenta es la complicación progresiva que las formas arquitectónicas fueron alcanzando (21), que ayudaría en gran medida al intercambio de ideas, ya que la complicación formal progresiva de los proyectos iría haciendo necesaria una mayor coherencia y claridad interna de los mismos para evitar problemas de interpretación y replanteo de los mismos.

El ejemplo del templo votivo del puente de Alcántara, estudiado recientemente por nosotros (22), puede ser, en este sentido, clarificador: efectivamente, en esta fábrica es bastante fácil colegir que la planta de la misma está regida por un rectángulo cuyos lados mayor y menor mantienen una relación matemática dependiente de la raíz cuadrada de dos (23). (*Vid.* fig. III).

Ahora, el problema inmediato es averiguar si con el empleo de esta relación proporcional estamos delante de un justificante de diseño o de una técnica de replanteo, veamos: para el replanteamiento de la figura del rectángulo sobre el terreno se ha utilizado como base un cuadrado. Este cuadrado, a su vez, se ha establecido utilizando como método de replanteo un triángulo de proporciones pitagóricas (24), luego el empleo de la raíz cuadrada de dos es un justificante de diseño ya que para el cálculo sobre el terreno de la planta se han utilizado otros métodos auxiliares de replanteo. (*Vid.* figs. I y II).

Ahora bien, las cosas no son tan sencillas ya que si nos fijamos bien (*vid.* fig. I) el triángulo pitagórico está marcando, con la longitud de su cateto mayor, la distancia que media entre el muro de cierre y el divisorio de la *cella*, con lo cual está actuando simultáneamente como técnica de replanteamiento general del edificio y como justificante de diseño de esta parte del proyecto (25).

Así, dos convencionalismos muy usuales dentro de la construcción romana son emplea-

(21) Progresión casi geométrica en cuanto a la complicación de trazados que comienza con la introducción de la influencia helenística y que se acelera a partir de mediados del s. I d.C. con hitos de valor altamente explicativo como la *Domus Aurea* la *Domus Augustana* el Panteón y todo lo que la arquitectura adrianea supuso de cambio a comienzos del s. II d.C.

(22) Liz, J., *op. cit.*, *idem.*, «El puente, arco honorífico y templo de Alcántara», *Revista de Arqueología*, 67, noviembre, Madrid, 1986.

(23) *Vid.* nota 4; la deducción es simple: el lado mayor es de 5,99 m., el menor de 4,21, lo que da 20 pies romanos de 29,95 cm. y 14,3/24 de 29,80, respectivamente; así:

$$\frac{20'}{14\frac{3}{24}} = 1,415 = \pm \sqrt{2}$$

ya que:

$$\sqrt{2} = 1,4142136$$

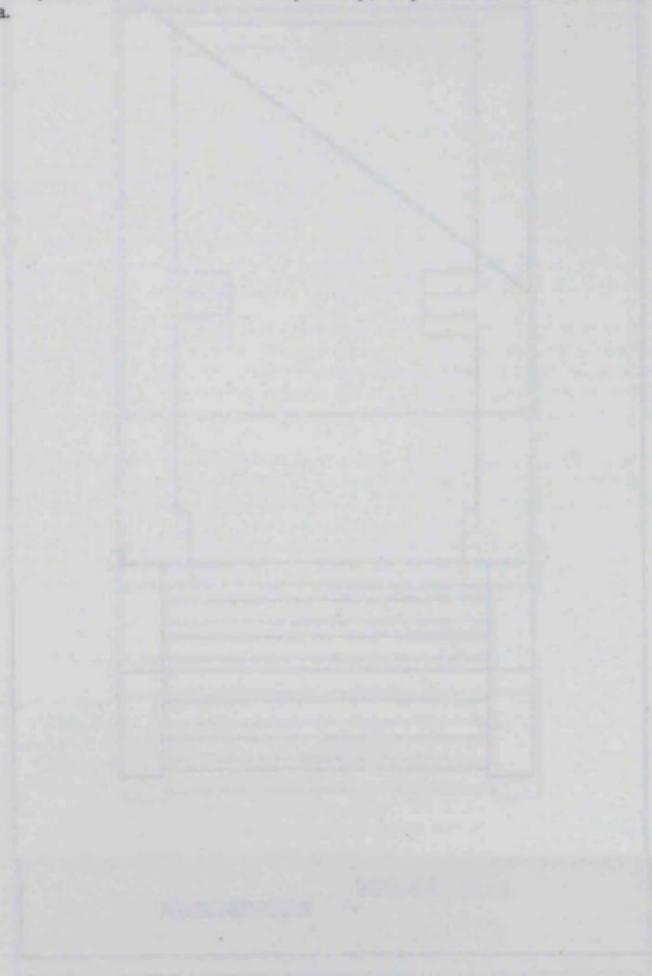
esto es, el templo sigue este modelo con un 0,045% de error sobre el óptimo matemático, error, por otra parte, absolutamente despreciable que puede tener su explicación en un simple descuido o en una aproximación de los constructores a un valor racional en las longitudes.

(24) Liz, J., *op. cit.*, pp. 296 y ss., de esta forma se han podido evitar los problemas que se derivarían del establecimiento de los ángulos del muro posterior de la *cella* con las paredes laterales de la misma, problema para el que la raíz cuadrada de dos no presenta otra solución que no sea el cálculo de un número irracional (la longitud de la diagonal del cuadrado) a pie de obra, cuestión esta altamente improbable por la dificultad que entraña operar con el sistema romano de guarismos, dificultad que muchas veces olvidamos acostumbrados como estamos a calcular con el sistema de numeración arábigo, cuando no con instrumentos electrónicos más o menos sofisticados.

(25) *Idem.* *op. cit.*, pp. 297 y ss.

dos sincrónicamente en la misma obra de formas diversas: la raíz cuadrada de dos exclusivamente como justificante de diseño y el triángulo pitagórico como técnica de replanteo y como justificante de la ubicación de un muro de la fábrica.

En cualquier caso, la funcionalidad de ambos sistemas está aquí bien diferenciada y debe entenderse que la utilización de una conjunción de ambos es también fruto de la cercanía del *architectus*, *Lacer*, con la construcción de la obra, cuestión que permitía un seguimiento de la obra en todas sus fases por una persona conocedora no sólo de los problemas que presentaba la teoría arquitectónica sino también de aquellos que se producen al intentar llevar ésta a la práctica.



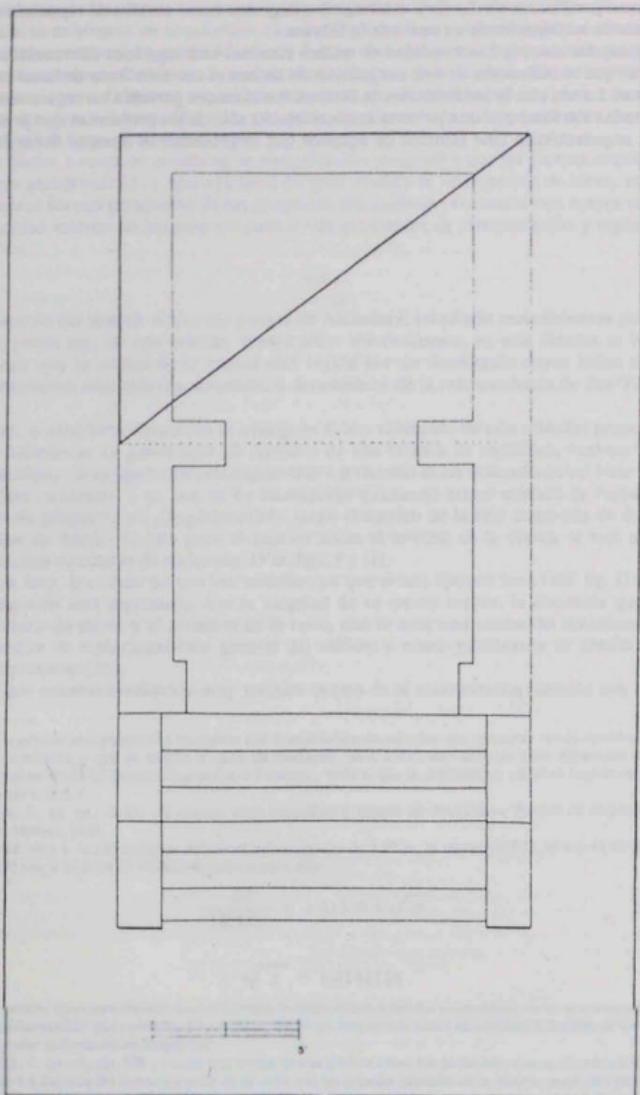


Figura 1.—Templo de Alcántara (Cáceres). Replanteamiento inicial del edificio mediante un triángulo pitagórico.

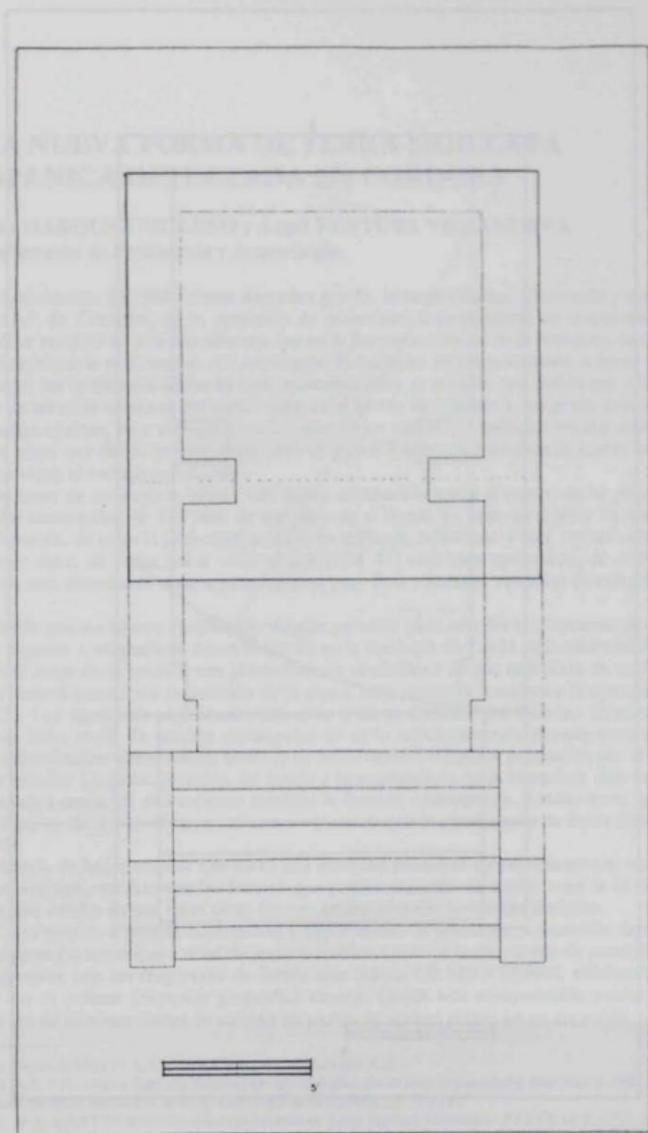


Figura 2.—Templo de Alcántara (Cáceres). Establecimiento del cuadrado base.

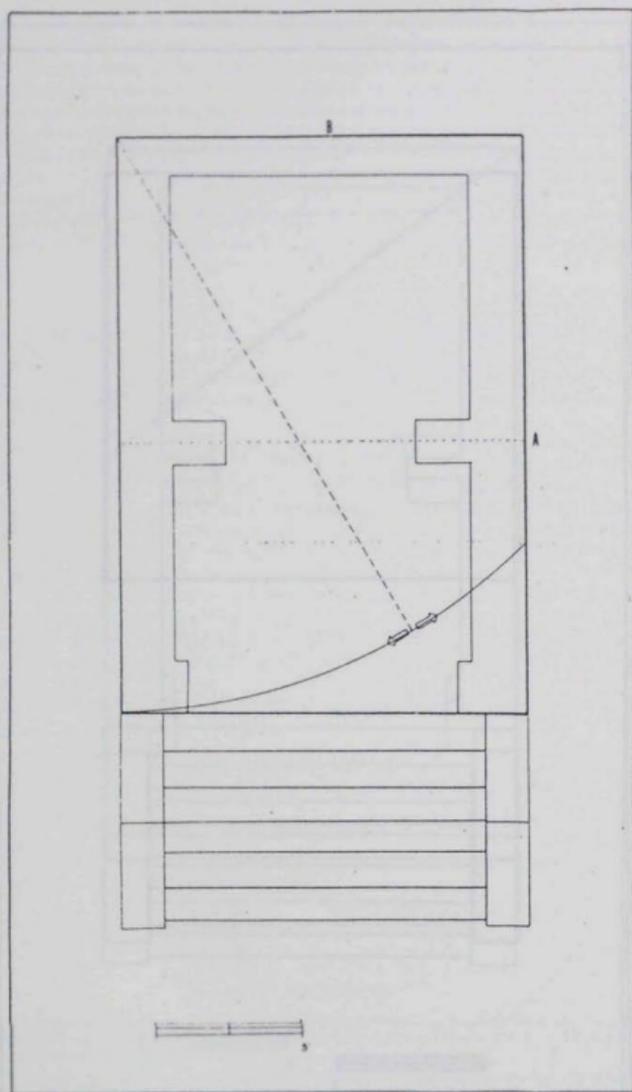


Figura 3.—Templo de Alcántara (Cáceres). Establecimiento definitivo de la planta mediante abatimiento de la diagonal del cuadrado de base, con lo cual: $\frac{A}{B} = \sqrt{2}$