

TERCERA ÉPOCA. NÚM. 28 MAYO-AGOSTO DE 2013

*Boletín de*  
**MONUMENTOS  
HISTÓRICOS**  
**28**



**Homenaje a  
Leonardo Federico Icaza Lomelí.  
Segunda parte**

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA



RAFAEL TOVAR Y DE TERESA

Presidente del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes

**INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA**

MARÍA TERESA FRANCO

Directora General

CÉSAR MOHENO

Secretario Técnico

ARTURO BALANDRANO CAMPOS

Coordinador Nacional de Monumentos Históricos

LETICIA PERLASCA NÚÑEZ

Coordinadora Nacional de Difusión

VALERIA VALERO PIÉ

Directora de Apoyo Técnico, CNMH

JULIETA GARCÍA GARCÍA

Subdirectora de Investigación, CNMH

BENIGNO CASAS

Subdirector de Publicaciones Periódicas, CND

Portada: Noria en Valladolid, Yucatán.

Fotografía de Leonardo Icaza L.

Contraportada: Fachada que da al poniente  
de la "Cámara de los secretos".

Fotografía de Leonardo Zaldívar Icaza.

Fotografías de Leonardo Icaza Lomeli: María Estrella García Tosco,  
Leopoldo Rodríguez Morales, Yolanda Terán Trillo,  
Gabriela Sánchez Reyes y Elsa Hernández Pons.

CONSEJO EDITORIAL

Julieta García García

Nuria Salazar Simarro

Concepción Amerlinck de Corsi

Leonardo Icaza Lomeli (†)

Virginia Guzmán Monroy

Leopoldo Rodríguez Morales

Luis Alberto Martos López

Guillermo Boils Morales

Gabriel Mérito Basurto

CONSEJO DE ASESORES

Eduardo Báez Macías

Clara Bargellini Cioni

Amaya Larrucea Gárriz

Rogelio Ruiz Gomar

Constantino Reyes Valerio (†)

Lourdes Aburto Osnaya

Guillermo Tovar y de Teresa (†)

Rafael Fierro Gossman

Pablo Chico Ponce de León

Carlos Navarrete Cáceres

Luis Arnal Simón

Antonio Rubial García

Olga Orive Bellinger

COORDINACIÓN EDITORIAL

María del Carmen Olvera Calvo

Ana Eugenia Reyes y Cabañas

Virginia Guzmán Monroy, Leopoldo Rodríguez  
Morales y Guillermo Boils M. | *Editores invitados*

Benigno Casas | *Producción editorial*

Héctor Siever y Arcelia Rayón | *Cuidado de la edición*

Sandra Tapia Chávez

y Rubén Cortez Aguilar | *Formación y cubierta*

Queda prohibida la reproducción parcial o total directa o indirecta del contenido de la presente obra, por cualquier medio o procedimiento, sin contar previamente con la autorización de los editores, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor, y en su caso, de los tratados internacionales aplicables. La persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

La reproducción, uso y aprovechamiento por cualquier medio, de las imágenes pertenecientes al patrimonio cultural de la nación mexicana, contenidas en esta obra, está limitada conforme a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, y a la Ley Federal del Derecho de Autor. Su reproducción debe ser autorizada previamente por el INAH y por el titular del derecho de autor.

ISSN: 0188-4638

D.R. © INAH, Córdoba 45, Col. Roma,  
C.P. 06700, México, D.F.

Primera época: 1978-1982 (núms. 1 al 8)

Nueva época: 1989-1991 (núms. 9 al 15)

Tercera época: 2004-

*Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, núm. 28, mayo-agosto de 2013, es una publicación editada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. Editor responsable: Benigno Casas de la Torre. Reservas de Derechos al uso exclusivo: 04-2008-012114371500-102. ISSN: 0188-4638. Licitud de título: (en trámite). Licitud de contenido: (en trámite). Domicilio de la publicación: Insurgentes Sur 421, séptimo piso, col. Hipódromo, C.P. 06100, México, D.F. Imprenta: Taller de impresión del INAH, Av. Tláhuac 3428, Culhuacán, C.P. 09840, México, D.F. Distribuidor: Coordinación Nacional de Difusión del INAH, Insurgentes Sur 421, séptimo piso, col. Hipódromo, C.P. 06100, México, D.F. Este número se terminó de imprimir el 20 de diciembre de 2013 con un tiraje de 1500 ejemplares.



## Índice

2 Editorial

---

### ARTÍCULOS

4 Breve semblanza de Leonardo Icaza | GUILLERMO BOILS M.

19 Patrimonio, agua y arquitectura novohispana  
| LEONARDO ICAZA LOMELÍ

51 Un vestigio acústico en el Carmen de San Ángel  
| LEONARDO ICAZA LOMELÍ

64 La vara | RUBÉN ROCHA MARTÍNEZ

---

# Editorial

**E**n este segundo volumen que forma parte del sentido homenaje que el Consejo y Coordinación editoriales del *Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, rinden al doctor en arquitectura Leonardo Federico Icaza Lomelí, quien fuera miembro de su Consejo Editorial, damos a conocer dos trabajos inéditos y sus apuntes para la impartición del curso Materiales y Procedimientos de Restauración. En este espacio agradecemos a su familia, y en especial a su esposa Estrella y a su hija Irene, el habernos proporcionado tanto los archivos de los dos artículos como las fotografías que acompañan este número, y al arquitecto Rubén Rocha Martínez el haber reseñado y presentado los apuntes señalados. Estamos seguros de que los tres trabajos enriquecerán el acervo de conocimientos respecto de los temas que tanto apasionaron a Leonardo, y que siempre compartió con amigos y colegas.

El texto “Patrimonio, agua y arquitectura novohispana” fue presentado por Leonardo como ponencia en el XXXI Symposium Internacional de Conservación del Patrimonio Cultural, organizado por el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (Icomos, por sus siglas en inglés). En él destaca el conocimiento de la relación entre el agua y la arquitectura a través de los siguientes conceptos: la *clase*, representada por la arquitectura hidráulica, con la presentación de un ciclo (el hidrológico); el *grupo*, que se manifiesta en dos funciones diagnósticas y específicas que hace del agua, esto es, el aprovechamiento y desalojo; el *género*, que subdividió en 10 actividades: ocho para la captación, elevación, almacenamiento, conducción, control y distribución, energía y riego, aseo, higiene y limpieza y comunicación, y dos para la protección y el desalojo. El eje de articulación será el agua, por un lado, y la arquitectura por otro.

En “Un vestigio acústico en el Carmen de San Ángel”, Leonardo nos introduce en el fascinante universo del sonido y nos propone mirar a la arquitectura como parte del mismo. El elemento arquitectónico objeto de análisis se localiza en lo que fue la huerta del ex convento del Carmen en San Ángel, ciudad de México, el cual se conoce como

---

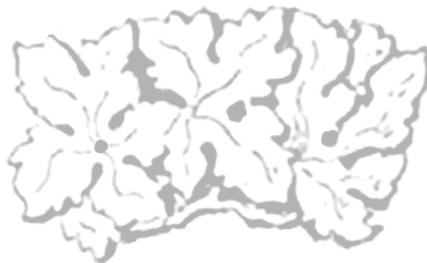
“cámara de los secretos”. Este elemento atrajo la curiosidad de Leonardo, quien se dedicó a probar si la solución arquitectónica era una casualidad o si existía una intención de manejo del espacio acústico. El trabajo cobra mayor interés al relacionar ese elemento arquitectónico con el que posiblemente fuera su diseñador y constructor, nos referimos a fray Andrés de San Miguel, autor de varios de los conjuntos conventuales edificados por la orden del Carmen Descalzo, entre ellos el Santo Desierto de los Leones, en donde se localiza una edificación similar también llamada “cámara de los secretos”, de manera que el análisis aplicado en la de San Ángel bien podría ser válido para esta segunda edificación. Así, el arquitecto que la construyó seguramente sabía de geometría, astrología y música, elementos necesarios para diseñar espacios acústicos en los edificios; por supuesto el análisis tiene su base científica en el tratado de Marco Lucio Vitruvio Polión, *Los diez libros de arquitectura*, de quien Leonardo fue un profundo conocedor.

Los apuntes presentados y reseñados por quien fuera alumno de Leonardo, el arquitecto Rubén Rocha Martínez, llevan el título “La vara”; fueron el material de apoyo en el curso Materiales y Procedimientos de Restauración, impartido a la generación 1977-1979 de la maestría en Arquitectura, con especialidad en Restauración de Monumentos, de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”, del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Para quienes tuvimos el placer y honor de conocer al doctor Leonardo Icaza Lomelí, estos textos formarán parte del legado cultural que nos dejó; y para aquellos que no lo tuvieron, tendrán a la vista el resultado de largos años de investigación científica de uno de los conocedores más profundos de nuestro pasado prehispánico y novohispano.

Descanse en paz.

VIRGINIA GUZMÁN MONROY  
LEOPOLDO RODRÍGUEZ MORALES  
GUILLERMO BOILS M.  
*Editores invitados*



# Breve semblanza de Leonardo Icaza

*Ayokik, ayok, kenmanian, itechyaitakiu...*  
("Ya no estás aquí, ya no, nos dejaste...").  
NETZAHUALCÓYOTL

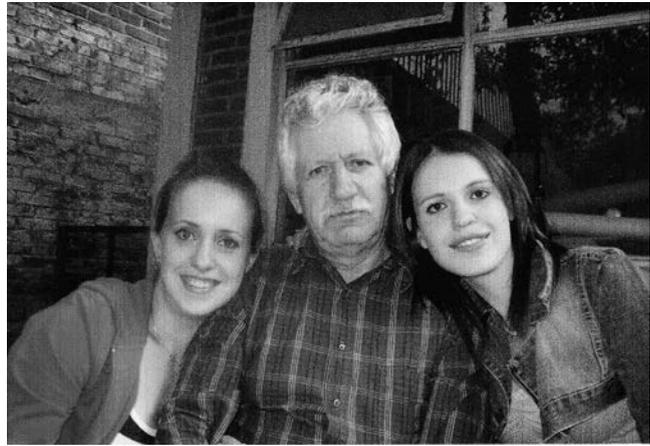
Estas líneas son para recordar a Leonardo Icaza desde dos grandes dimensiones de su vida: la del ser humano y la del académico investigador. Quienes tuvimos el privilegio de conocerlo y compartir con él experiencias de trabajo y/o de amistad, sabemos que era una gran persona y un estudioso muy responsable, además de ser un muy dedicado indagador en un espectro muy amplio de disciplinas de conocimiento, entre las que tuvieron un sitio particularmente especial la arquitectura y la geometría. Asimismo, tenemos infinidad de cosas que decir sobre su vida y su trabajo. Pero ello reclamaría una vasta cantidad de las páginas que integran este número homenaje. Así que estas breves notas sólo tratan de cubrir, a grandes rasgos, lo más posible de esas dos facetas primordiales que caracterizaron a nuestro entrañable amigo y colega.

## Leonardo Icaza como persona

Una primera tríada de rasgos que sobresalían en la personalidad de Leonardo Icaza es que era un ser humano ocurrente, propositivo y por demás generoso. Vale decir, tenía eso que bien se puede llamar *don de gentes*. Siempre amigable, dispuesto a encontrar el lado amable y positivo de las cosas o de los demás, de ahí que su presencia desplegara impulsos favorables haciendo más fácil la convivencia cuando él se hallaba presente. A ello se sumaba el trato respetuoso, que dispensaba a toda persona con la que entraba en contacto. Además de que se caracterizaba por ser prudente con todo mundo, y sobre todo sabía escuchar con atención genuina a todos aquellos con quienes conversaba. Cuando manifestaba sus puntos de vista, aunque fueran divergentes a los de algún interlocutor, lo hacía de manera atemperada y sin proferir ofensa alguna hacia éste. Era notable cómo tenía paciencia hasta con aquellos que, de manera por demás persistente, insistían en algún desacuerdo. En suma, todo indica que la imprudencia, así como la impertinencia, no parecen haber tenido algún lugar en su diccionario.



Asimismo, otra de las características más notables de su manera de ser consistió en que siempre compartía con los demás lo que tenía; ya se tratara de conocimientos o de un emparedado durante alguna excursión a las montañas. Por eso mismo, no era remoto que se desprendiera de un libro ya agotado, para proporcionárselo a cualquiera de sus amigos o colegas que necesitara esa publicación para realizar algún trabajo. De igual manera en que encargaba que le trajeran de Alemania varios compases de proporciones, para regalarlos a aquellos compañeros de trabajo, así como a sus amigos interesados en la geometría o en la composición arquitectónica. En un sentido similar, invertía muchas horas haciendo el dibujo de la planta de un edificio del siglo XVI, para obsequiarlo a algún colega que estuviera ocupado en estudiar ese edificio. Es incuestionable que estaba en su naturaleza el ser poco apegado a las cosas materiales; buena parte de las que tenía nunca dejó de compartirlas con los



demás, por lo que sin reserva alguna bien podría decirse que Leonardo parecía haber hecho de la solidaridad todo un estilo de vida.

En un sentido similar, tenía un alto sentido de responsabilidad frente al trabajo, al igual que ante todo género de relaciones. Es así que no era nada remoto que fuera capaz de desplazarse bajo la lluvia más torrencial a fin de entregar un dictamen académico a tiempo; o que cruzara media ciudad para hacer llegar su voto aprobatorio, de modo que no hubiera riesgo de retraso en la realización de algún examen de grado. Vale decir, de la manera más categórica, que tenía un sentido de responsabilidad bien cimentado, y que desde luego no le gustaba incumplir con aquello en lo que se había involucrado. De suerte que era muy remoto que dejara de asistir a algún evento en el que se había comprometido a participar; hasta en aquellos a los que se le había convocado casi a última hora.

En concordancia con lo anterior, resulta en verdad sorprendente ver cómo, a pesar de su quebrantada salud, muy poco antes de que emprendiera el viaje sin retorno, todavía continuara asistiendo a las reuniones de los diversos comités editoriales de los que era integrante. Del mismo modo en que tampoco desatendió su participación en los órganos colegiados de los que formaba par-



6 |

te como miembro responsable. Cuando el debilitamiento producido por su enfermedad terminó por impedir que acudiera a ese género de reuniones, todavía se ocupó de enviar disculpas por vía electrónica a los otros integrantes de esos comités u órganos colegiados. Asimismo, ya muy avanzada su enfermedad, tampoco suspendió la asesoría a los estudiantes de posgrado, a los que dirigía o codirigía en el desarrollo de sus tesis. Más aún, apenas unos cuantos días antes que se internara en el hospital por última vez, participó en un examen de doctorado, dado que formaba parte del comité tutor de la persona examinada. En suma, se trataba de alguien que siempre fue muy participativo, además de desempeñar con gran responsabilidad todo aquello en lo que se involucraba.

Por otra parte, se caracterizaba por tener un sentido del humor liviano, que le llevaba en ocasiones a burlarse de sí mismo, pero nunca de los demás. Parecía que siempre estaba inclinado al buen humor, lo que devenía en una permanente

actitud amistosa, cuando no incluso generadora de la más abierta camaradería con quienes departía. Solidario como pocos, ofrecía su apoyo a quienes lo requerían y era, por convicción, alguien dispuesto a respaldar a los amigos, que por cierto los tenía a raudales. Como complemento a lo anterior, jamás reprochaba o recriminaba a quienes incumplían en algo convenido. Es por ello que uno tenía la impresión de que siempre estaba buscando el lado favorable y positivo, tanto de las situaciones como de las personas.

También tenía una personalidad marcadamente tranquila. Es así que por lo regular mantenía una actitud relajada, a tal punto que solía permanecer sereno hasta en las más difíciles circunstancias. Más aún, esa serenidad la proyectaba y hasta la llegaba a contagiar a las demás personas con quienes se encontraba. Con algún gesto o frase relajaba las tensiones o neutralizaba las inquietudes y preocupaciones de quienes se encontraban junto a él en situaciones complicadas. Empero,

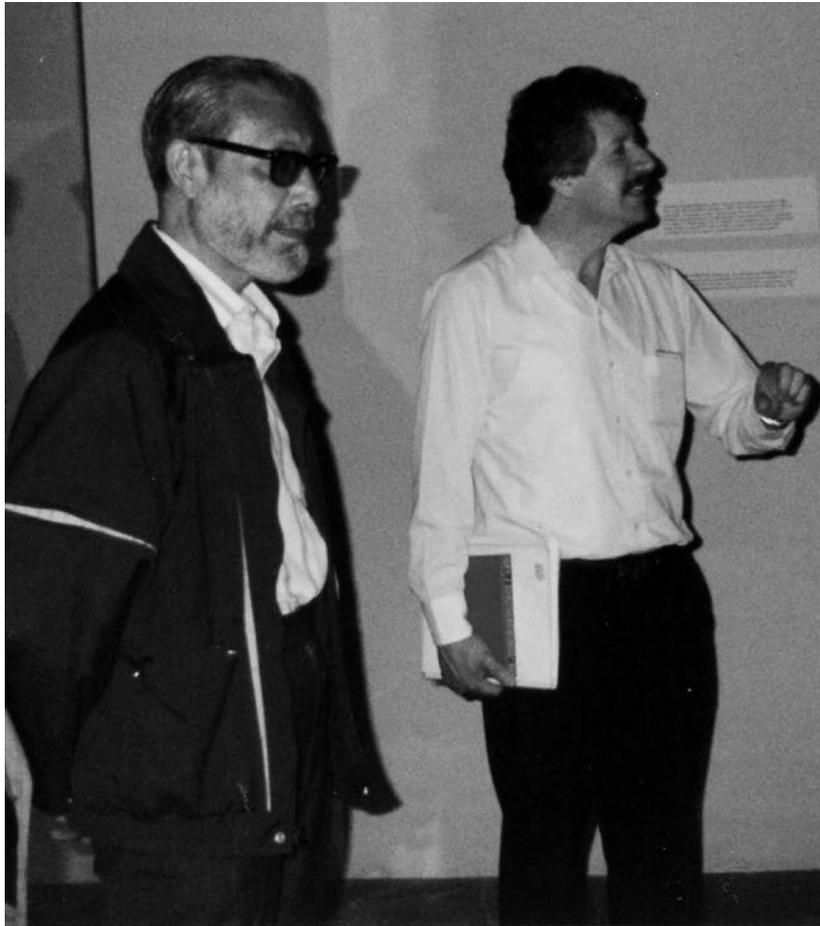


esa naturaleza relajada no significaba, en absoluto, que fuera un ser indiferente a los problemas; o que se desentendiera de aquello que tenía que ver con su trabajo, o con otras responsabilidades frente a los demás. A esto se agregaba su sentido de puntualidad; el que no llegara tarde era una cuestión que se hacía más notable, dada la complejidad para movilizarse en una ciudad como la nuestra.

No parecen haber sido muy de su preferencia las fiestas convencionales, así como tampoco parece haber tenido alguna particular inclinación por los bailes. Pero en contraste con ello, era una persona muy sociable, de suerte que en cualquier forma de convivencia social mantenía, las más de las veces, un espíritu festivo y de gran apertura hacia quienes asistían al convite. Ese rasgo de su carácter se complementaba con una permanente actitud antiolemne, pero sin caer jamás en la informalidad hostil o en la falta de cortesía. En realidad siempre se caracterizó por ser una persona sencilla, lo que en manera alguna se traducía en que mantuviera

una postura superficial o inclinada a la banalidad. Más aún, el mantenerse sereno y a la vez entusiasta contribuía a que su desempeño en las tareas que emprendía tuviera mejores resultados.

Por último, puede decirse que era por naturaleza liviano de trato. Nadie más alejado que Leonardo, respecto de la arrogancia personal y de la petulancia intelectual. Pero además, si algo no le gustaba o lo encontraba mal planteado, siempre encontraba la manera de manifestarlo con mucho tacto, procurando ante todo no ofender al autor del objeto o el acto cuestionados. Lejos de descalificar aquello con lo que no estaba de acuerdo, siempre formulaba de manera cuidadosa las razones de su discrepancia, apoyándose en argumentos o en información, y evitando caer en la burla o la ironía. Tal vez por eso lo apreciaban hasta aquellos a los que les había formulado señalamientos críticos o les había enmendado la plana de algún trabajo académico deficiente. Del mismo modo en que cuando estaba de acuerdo con alguien no caía



en la adulación gratuita, sino que expresaba los fundamentos de su coincidencia. Lo que jamás hacía era manifestar una opinión o comentario que no reflejara cabalmente sus pareceres o sus puntos de vista. No se le daba, en manera alguna, la hipocresía ni la simulación, por lo que siempre decía lo que pensaba o creía.

#### **Leonardo como investigador y académico: la geometría y los tratados**

La primera idea que surge al recordar el perfil de Leonardo como estudioso, es que era alguien enterado de muchas cosas y conocedor profundo de varias más. De entre éstas, una de las primeras dis-

ciplinas de las que se ocupó y en la que siempre se mantuvo muy interesado a lo largo de su trayectoria académica, estuvo la geometría. Fue por cierto dentro de esta ciencia donde tuvo su experiencia inicial en la docencia hacia 1970-1971, impartiendo el curso de Geometría a los estudiantes de los primeros semestres de la licenciatura, en la entonces Escuela de Arquitectura de la UNAM. En esa misma dirección, sus análisis de los espacios arquitectónicos solían contener un importante componente de variables geométricas, de las que echaba mano tanto para el examen de los edificios desde una mirada bidimensional (en planta) como tridimensional, en tanto espacios volumétricos. De igual forma, era en verdad notable su manejo del compás y de la



escuadra, como instrumentos esenciales, lo mismo para el trazo que para el establecimiento de las proporciones, y en general para estudiar la composición en cualquier objeto arquitectónico.

Lector acucioso de Euclides, establecía comparaciones y diferencias entre las distintas versiones del texto *Elementos de Geometría*, de aquel antiguo pensador y geómetra clásico griego. Pero también se introdujo con rigor y penetración en el examen del texto del siglo XVIII *Geometría Descriptiva* de Gaspar Monge, quien en gran medida fue fundador de la geometría moderna. Del mismo modo, Leonardo se adentró en muchos otros materiales de autores ocupados de esa disciplina y posteriores a aquel destacado pensador de la Ilustración, sobre todo de autores más contemporáneos que hicieron contribuciones importantes a esa ciencia, que ahora se halla un tanto relegada entre los arquitectos. Aun así, él nunca perdió el entusiasmo por ella, al punto que, se puede decir sin reservas, que era un consumado geómetra.

Otra de las líneas de investigación en que se introdujo nos lo muestra como un profundo conocedor de la tratadística arquitectónica, bien fuera acerca de los tratados clásicos, bien sobre los del Renacimiento o de la Ilustración. Tenía en su biblioteca personal varias ediciones en castellano de *Los diez libros de arquitectura* de Vitruvio, tanto de las traducciones realizadas en el siglo XVI como de las elaboradas en el siglo XVIII, al igual que contaba con un par de versiones más contemporáneas. Pero su colección de tratadistas incluía más de una decena de autores, con los que estaba más que familiarizado, ya que podía hablar con precisión de las particularidades planteadas por cada uno de ellos.

### **Su permanente incursión en la arquitectura del pasado**

Un referente muy significativo de su trayectoria nos lo muestra asimismo como un serio historia-



dor de la arquitectura. En este campo se adentró con mayor dedicación al estudio de los elementos arquitectónicos relacionados con la hidráulica, sin que ello signifique que dejara de asomarse hacia muchos otros aspectos de la arquitectura civil de otras épocas y, en alguna medida, también la del presente. En un sentido más amplio, en sus afanes por examinar la arquitectura tendía a concentrar su interés de manera primordial en los aspectos técnicos y materiales de las edificaciones, así como también se inclinaba por analizar su funcionamiento. Aunque no desatendía a los aspectos formales y estéticos de los espacios habitables, su perfil de interés en sus investigaciones privilegiaba enfoques orientados más hacia los sistemas de abastecimiento y desalojo del agua.

Desde por lo menos la penúltima década del siglo xx se había convertido en un muy enterado conocedor de la arquitectura prehispánica. Lo mismo de las características constructivas —tan diversas y poco exploradas a profundidad por los

estudiosos del pasado mesoamericano— que de los aspectos calendáricos y astronómicos registrados en diversos monolitos, murales y códices. Se ocupó con particular atención de la Piedra del Sol o Calendario Azteca, de la cultura mexicana. Pero también se introdujo con mucho entusiasmo y seriedad académica en otros referentes gráficos prehispánicos, sobre todo de la cultura maya clásica. Respecto a ésta, también dedicó sus afanes al estudio del agua y las soluciones que en las diversas regiones climáticas adoptaron los mayas para capturar, conducir, almacenar y distribuir los recursos hídricos.

Empero, tal vez haya sido el periodo virreinal al que dedicó el mayor tiempo de su actividad como investigador y en el que con mayor penetración se introdujo en su estudio. Así, la mayor parte de sus textos publicados corresponden al mundo novohispano. Sólo que, en congruencia con sus intereses principales, se ocupó, como se evidencia páginas adelante, casi siempre de objetos arquitectónicos de

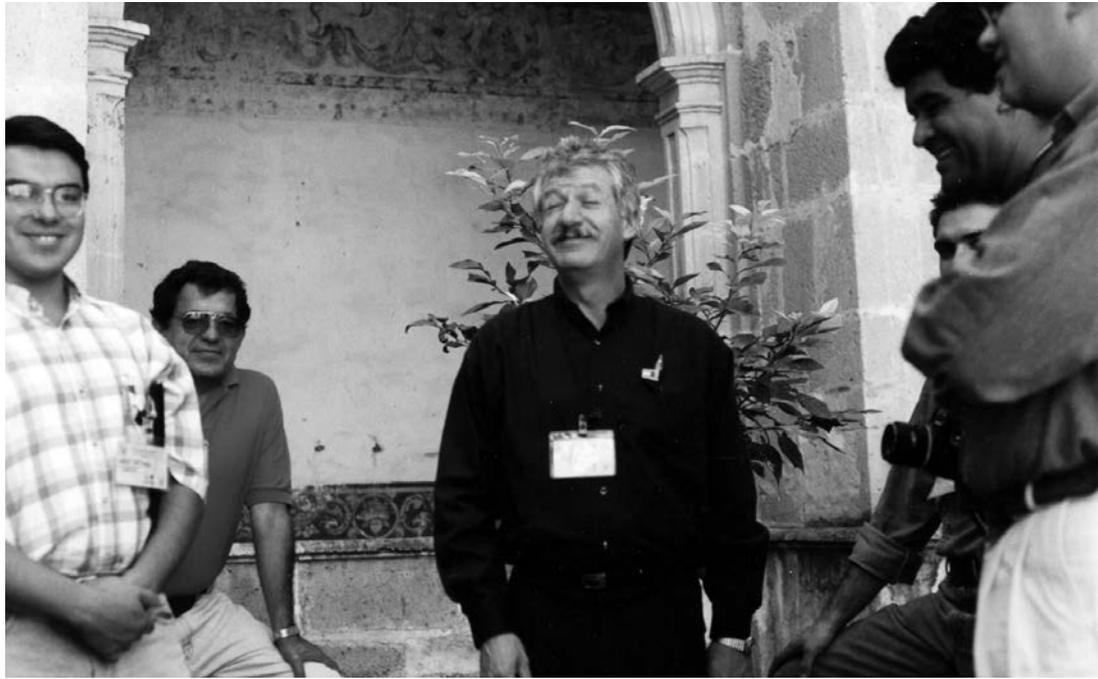


carácter más que nada utilitarios, además de que en sus enfoques analíticos siempre tendió a poner el acento en los aspectos constructivos y técnicos. Cuando se ocupaba de una iglesia o de una residencia nobiliaria del Virreinato, de manera invariable la examinaba más por sus características estructurales, o bien por los materiales empleados para su construcción, al igual que por lo relativo a sus sistemas de abastecimiento y desalajo del agua.

El análisis de las edificaciones virreinales fue uno de los principales factores que le condujeron al estudio de otras culturas arquitectónicas, en especial a la arquitectura y el diseño en los pueblos islámicos. Su interés por las obras desplegadas dentro la tradición musulmana le llevó incluso a estudiar los términos de la lengua árabe y sus equivalentes en castellano relacionados con edificios, oficios, instrumentos y lugares. Además se dedicó con paciencia y rigor al estudio de los términos que en arquitectura y en construcción se heredaron de la lengua árabe al castellano. En esa misma dirección es que

se despertó en él su interés por el mudéjar, en tanto que ese concepto se refiere a la serie de vestigios culturales que quedaron en la península ibérica después de la expulsión de los musulmanes a finales del siglo xv. Sus estancias en España, sobre todo en las provincias de Extremadura y Andalucía, le reforzaron vivencialmente sus inquietudes y conocimientos por el mudéjar y sus influencias en la arquitectura novohispana.

Con frecuencia volteó también la mirada hacia las arquitecturas de la antigüedad clásica greco-latina. Éstas, aunque menos relacionadas, al menos no de manera directa e inmediata, con la arquitectura española que llegó a América, las tuvo muy presentes en buena parte de sus trabajos. Pero de manera especial las contempló en sus explicaciones sobre muchos componentes técnicos de la arquitectura hispana y en la del Nuevo Mundo. Algo similar ocurrió con sus incursiones a la arquitectura medieval europea, misma que tuvo siempre como un referente de consideración en el ori-



gen de diversos sistemas constructivos, materiales y herramientas, así como de los antecedentes y las características de organización gremial en el ámbito de la construcción. Del mismo modo en que se interesó en el pensamiento medieval relacionado con la filosofía y en las ideas de la Edad Media europea, respecto de la idea previa a la ciencia moderna y como una antesala del Renacimiento.

### **Leonardo y su obsesión por las medidas**

También se mostró, a lo largo de muchos años, profundamente interesado en las medidas actuales e históricas. Afanoso por encontrar equivalencias entre las formas de medir tradicionales en diversas culturas y épocas, respecto de las del sistema métrico decimal, se introducía en los textos más especializados hasta lograr tener las más precisas conversiones de aquéllas a éste. Pero ese afán por conocer las medidas de otras épocas respondía también a la necesidad de comprender mejor los

edificios del pasado en función de los criterios y unidades de medición con que se los diseñó, y en último término con la que se los materializó.

En este orden de ideas, siempre que visitaba un edificio comenzaba a medirlo en palmos, codos o cualquier otro patrón de medida tradicional, buscando establecer fundamentos para analizarlo desde la perspectiva de la proporción compositiva, y de acuerdo con las medidas de su tiempo. En particular se adentró en las medidas de capacidad y en las de longitud relacionadas con los elementos para almacenar, conducir y distribuir el agua. De esa forma, *naranjas, pajas, limones, surcos o bueyes de agua*, eran términos que él usaba de manera recurrente para indicar los diámetros de los conductos, dimensionar los contenedores y sobre todo explicar los diversos componentes que intervinieron en la arquitectura hidráulica del periodo virreinal, del siglo XIX y del mundo mesoamericano.

De otra parte, era notable cómo, a partir de una hoja de papel tamaño carta, comenzaba a hacer



dobleces en la misma, a la mitad, a un tercio, o en ángulo de 45 grados, y de ahí iba sacando relaciones de proporción. Pero también se valía de ese por demás sencillo recurso para demostrar las subdivisiones de las diversas medidas que se empleaban para dimensionar una cañería, una caja de agua, una acequia o una fuente, entre otros dispositivos hidráulicos de otro tiempo. Con relación a este último género de objetos, es memorable su trabajo sobre la fuente del siglo XVI en Chiapa de Corzo, Chiapas, y que publicó con Manuel Chávez. En ese texto se combinan sus inquietudes por la arquitectura para el agua con las correspondientes a la geometría, ya que el trabajo es, asimismo, una reflexión acerca del octágono de la planta arquitectónica que tiene esa fuente, analizado desde la perspectiva de la geometría ochavada.

También se introdujo en el examen de los sistemas de medición usados en las culturas anteriores a la conquista española, en particular ocupándose con mayor atención de los correspondientes

a las culturas mexica y maya. Para tal propósito, elaboraba con un cordel o un tramo de cuerda un instrumento llamado *mécatl*, que él mismo hacía realizando en la cuerda varios nudos, a una distancia regular uno de otro. El número de nudos podía ser nueve o trece, y se empleaba precisamente para medir longitudes y establecer proporciones en los espacios.

### **Leonardo y la arquitectura utilitaria**

Cabe detenerse a examinar brevemente la tesis con que Leonardo se graduó de licenciatura, cuyo tema se sitúa dentro de la arquitectura para la producción, que siempre le atrajo por sobre la de otros géneros. Se trató de un proyecto arquitectónico para desarrollar un centro especializado en la cría de caballos de raza. El sitio donde lo propuso fue la comunidad de Parres, al sur de la delegación de Tlalpan, en la subdelegación de Topilejo, ya muy cerca de los límites con el estado de Morelos.



Esta es una localidad situada en la carretera federal que une la ciudad de México con la de Cuernavaca y se encuentra asentada en unos llanos, a casi 3 000 metros sobre el nivel del mar, en plena sierra del Chichinautzin. Constituye una de las pocas zonas agrícolas que quedan en la referida delegación del Distrito Federal y cuyas tierras principalmente se destinaban entonces al cultivo de la avena, dado que prevalece el clima frío, muy propicio para el desarrollo de este cereal. Dicho producto agrícola los campesinos de Parres lo comercializan en el hipódromo de las Américas, para el alimento de los caballos.

Todos los factores anteriores, sobre todo de las variables climatológicas y las del medio físico prevalecientes en el lugar fueron tomados en consideración por Leonardo, para sustentar en la memoria descriptiva de su proyecto la factibilidad de su propuesta arquitectónica. En los planos de su tesis están bien señalados los vientos dominantes, así como la geología del predio donde propuso llevar a

cabo el proyecto. En ese mismo sentido, de manera especial atendió con detalle la disponibilidad de materiales de construcción accesibles en el sitio, como la piedra brasa y el tezontle, que podían ser extraídos a unos cuantos cientos de metros. Por ende, la ubicación del proyecto que llamó “Centro de Desarrollo Equino” resultó muy bien sustentada en cuanto al sitio, sus condiciones físico-climatológicas y los antecedentes de la comunidad elegida.

Asimismo, para establecer la distribución de los diversos componentes espaciales específicos del proyecto estudió con atención las caballerizas de varios lienzos charros, así como las del hipódromo en Lomas de Sotelo, a fin de proyectar, conforme a las dimensiones más apropiadas, los espacios donde se alojarían los caballos. A su vez, el programa arquitectónico que formuló en su propuesta estuvo basado en los requerimientos espaciales propios de una edificación de ese tipo, misma que los arquitectos suelen no contemplar, salvo de manera por demás excepcional. En un sentido similar, proce-



dió a ordenar la distribución de los diversos componentes espaciales, conforme a las características topográficas del predio en donde formuló su propuesta. Además de disponer el sembrado de esos componentes del programa arquitectónico, conforme a la más adecuada disposición respecto a los olores y la referida ventilación de la zona.

En concordancia con su inclinación hacia los edificios utilitarios, en su tesis doctoral (“Arquitectura civil en la Nueva España. 25 ejemplos de la región Puebla-Tlaxcala”) Leonardo se ocupó fundamentalmente de los espacios ligados a la producción, los servicios y la infraestructura. Una de las primeras categorías de objetos arquitectónicos edificados durante el Virreinato y que analizó dentro de esa región, fueron los dedicados al aprovechamiento, control, almacenaje y distribución de los recursos hídricos. Con la designación de “Edificios para el agua”, dio cuenta de construcciones de infraestructura hidráulica como acueductos, pilas, pozos, norías, represas, lavaderos, baños y fuentes. Este

apartado contribuyó a afianzar de manera definitiva una de las líneas de investigación que se convertirían en fundamentales en por lo menos las dos últimas décadas de su vida. Es así que, a partir de 1990, una buena parte de los trabajos que publicó estuvo dedicada a ese subgénero particular de la arquitectura civil.

También un capítulo importante de su investigación para doctorarse lo constituyó el dedicado a “Los edificios para habitación”. De entre ellos se enfocó de manera específica en las ventas, situadas a la orilla de los caminos para alojar a viajeros y arrieros. Aunque a la vez se detuvo a examinar los cascos de algunas haciendas cerealeras y ganaderas. Otros rubros fueron los relativos a “Edificios para el abasto de ganado y sus derivados”, así como los “Edificios para el abasto de trigo y sus derivados”. Pero se ocupó incluso de algunos objetos arquitectónicos, sobre los que probablemente nadie en México se había detenido a examinar desde una mirada arquitectónica, a saber: los rastros y



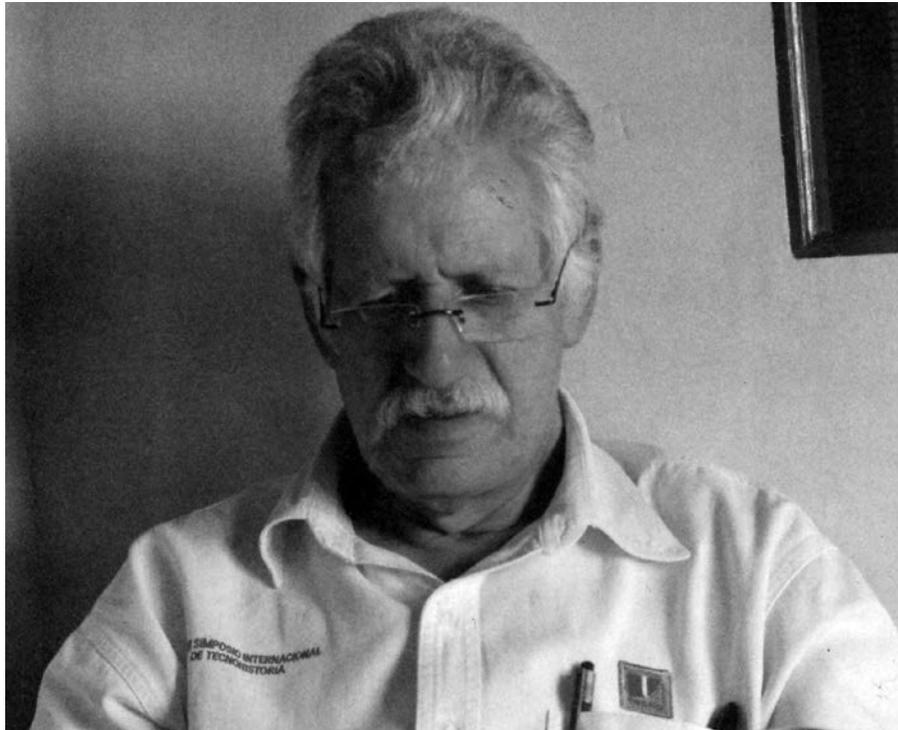
mataderos, a los que dedicó un apartado dentro de su tesis. De igual forma incluyó en su trabajo una sección destinada a las carnicerías, sobre la que indica, eran también conocidas como “casas de obligación”. Hay hasta un apartado destinado a las tocinerías, incluyendo el plano arquitectónico de una de ellas del siglo XVIII en la ciudad de Puebla. Ese trabajo contiene otra parte en la que se ocupó de las curtidurías o tenerías, espacios de los que también ofrece otro plano, correspondiente de igual manera a un edificio virreinal en Puebla.

Complementan la nómina de edificios para la producción y el almacenaje que abordó en su trabajo de tesis otras modalidades de objetos, destacando sobre todo el examen que hizo de los obrajes. A este subgénero de arquitectura civil le dedica una extensión importante de su texto, dada la variedad de actividades manufactureras que se desarrollaban en los obrajes del virreinato en la región Puebla-Tlaxcala. Se introdujo en la revisión de las plazas de toros en esa zona de la Nueva España, así como en

las garitas, los pósitos, las alhóndigas y hasta las caleras, ladrilleras u otros edificios para la producción de materiales de construcción. En suma, fue un trabajo de investigación en el que reafirmó su interés por los objetos arquitectónicos utilitarios. Además de darle prioridad al análisis de la función sobre la forma y haciendo mayor énfasis en los aspectos técnicos en el estudio de la arquitectura.

### **Otras de sus habilidades y conocimientos**

Desde muy joven se destacó por ser un muy talentoso dibujante. Lo mismo realizaba dibujos de calidad y precisión con las escuadras, que era un sobresaliente ejecutante en el dibujo a mano alzada. Con suma facilidad, en unos cuantos segundos podía elaborar un croquis de algún objeto, de suerte que parecía un trabajo al que le hubiera dedicado mucho tiempo para su realización. Cuando la descripción de algún objeto material no era nada sencilla, empezaba a delinear trazos con el lápiz o



la pluma, y en muy poco tiempo ya tenía terminada una representación del objeto, incluso con detalles. Por ello, en sus artículos era común que incluyera por lo menos un dibujo realizado por él.

Cuando se fue interesando y, por ende, se adentró en el estudio de la arquitectura y la sociedad prehispánicas, se fue acercando al conocimiento del náhuatl. Sin llegar a ser un consumado nahuatlato, tenía bastante idea de las etimologías de la lengua de los antiguos mexicanos, lo que le permitía explicar con fluidez el significado de las toponimias de infinidad de localidades de México y Centroamérica. Aunque donde más tendió a especializarse fue en el uso de los términos prehispánicos para los materiales, las medidas y los oficios relacionados con la construcción. Llegó a tener el suficiente conocimiento de la lengua prehispánica como para poder hacer comparaciones entre los conceptos del náhuatl con sus equivalencias en castellano.

Inquieto por la acústica en los edificios se aplicó a estudiar la manera en que ésta fue trabajada

en soluciones constructivas de edificaciones conventuales del virreinato. Así se dedicó a estudiar las capillas conocidas como *de los secretos* en edificaciones carmelitas de los siglos XVII y XVIII, sobre todo en edificios del sobresaliente arquitecto carmelita de la primera mitad del XVII novohispano, fray Andrés de San Miguel. Otro de sus estudios sobre la transmisión y neutralización del sonido lo realizó en los coros de iglesias y capillas. En particular hizo uno que no ha sido publicado sobre el uso de ollas de barro, ahogadas en la mampostería de muros y bóvedas, para contrarrestar la resonancia en el interior de los templos. Lo mismo ocurre con muchos otros de sus escritos que no se difundieron, como sus trabajos sobre fortificaciones antiguas en México y en otras latitudes, su estudio sobre la Piedra del Sol y la medida del tiempo, sus trabajos sobre la *vesica piscis* en la composición arquitectónica, y muchos otros sobre la hidráulica arquitectónica que no pudieron ser divulgados.

---

## Reflexiones concluyentes

Toda ausencia definitiva deja vacíos. La de Leonardo recae sobre muchas personas, en muchas latitudes de México y de otros países. Se lo echa de menos lo mismo en Morelia que en Guanajuato, en Mérida que en Colima, en Puebla o San Luis Potosí, en Aguascalientes o en Morelos; pero también en Guatemala, o en Cáceres y en tantos otros lugares más. Asimismo, es muy grande la lista de personas que sienten su ausencia, como también es abultado el número de instituciones en las que él dejó huellas importantes a lo largo de varias décadas. En la mayoría de ellas contribuyó a formar o a reforzar programas de posgrado, así como también fungió como tutor en decenas de tesis de grado en arquitectura.

A lo largo de su vida como investigador produjo una muy aceptable nomina de trabajos que salieron de las prensas de múltiples instituciones. Pero sólo nos legó en esos materiales —impresos o electrónicos— una porción ciertamente importante, pero muy alejada de la enormidad de asuntos de los que sabía, algunos de los cuales dominaba a profundidad. Cómo nos habría gustado, y sobre todo cómo habría beneficiado a las disciplinas en las que incursionó, que hubiera publicado más. Que difundiera muchos de sus originales y profun-

dos conocimientos, sobre tantas cosas que había estudiado. Tal vez por modestia o falta de tiempo, o por andar hurgando en las más variadas fuentes de conocimiento, no pudo dar salida a la inmensa y variada gama de conocimientos que logró atesorar a lo largo de su muy productiva vida.

Por último, Leonardo se adentró a través de múltiples sendas en el terreno de sus dos principales pasiones intelectuales: la geometría y la arquitectura. En estas notas se trató de dar cuenta de algunos de los múltiples campos de investigación que él exploró, y en muchos de los cuales llegó a ser un consumado especialista, cuando no un verdadero erudito. En este volumen se recoge sólo una porción de trabajos inéditos que desarrolló en tiempos recientes. Mucha de su obra restante queda todavía inédita y resultará muy difícil recuperar, mientras que muchos otros más de los trabajos que no alcanzó a publicar serán en verdad imposibles de rescatar. Buscando compensar un tanto la falta de difusión de la obra que él dejó inédita, el *Boletín de Monumentos Históricos*, de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH, quiso difundir los textos de Leonardo Icaza que integran este número. Pensando además en que leer sus escritos es también una manera de recordarlo. Más aún, asumiendo que ser leído probablemente es la mejor manera en que Leonardo habría querido ser recordado.



# Patrimonio, agua y arquitectura novohispana<sup>1</sup>

Esta propuesta destaca el conocimiento de la relación entre el agua y la arquitectura, la cual debe considerarse como patrimonio a través de la definición de los contextos que hacen posible su suministro y destino en la determinación de actividades diagnósticas con las cuales poder establecer un código de diseño.

La exposición está estructurada de la siguiente manera: la *clase* está representada por la arquitectura hidráulica, con la presentación de un ciclo (el hidrológico); el *grupo* está manifiesto por dos funciones diagnósticas y específicas que hacemos del agua (aprovechamiento y desalojo); el *género* lo subdividimos en 10 actividades, ocho para la primera (captación, elevación, almacenamiento, conducción, control y distribución, energía y regadío, aseo, higiene y limpieza, y comunicación) y dos para la segunda (protección y desalojo); el *tipo* lo hemos estimado con 60.

Definir metodológicamente cuáles podrían ser los fundamentos para determinar esta relación como patrimonio fue la de establecer la función sustantiva entre el agua y la arquitectura. Se procedió a vincular al oficial con el oficio, enlistando los que tuvieran relación con actividades relacionadas con el agua, y por otro los elementos o edificios con una vinculación directa o indirecta con fuentes de abastecimiento y destino que se les

<sup>1</sup> Ponencia presentada en el XXXI Symposium Internacional de Conservación del Patrimonio Cultural organizado por el Icomos México.

daría. Seleccionamos un vocabulario que tuviera como característica un lenguaje escrito y dibujado que fuera de tributo, y así elegimos en tres columnas palabras de árabe castellanizado, castellano y náhuatl.

## Condiciones contextuales

### *Fuentes de abastecimiento*

El agua utilizada por el hombre se encuentra en la naturaleza integrada en un todo a un proceso denominado ciclo hidrológico;<sup>2</sup> saber cómo se encuentra distribuido y —lo que es más importante— cómo aprovecharlo en sus distintas formas de presentarse, nos lleva a indagar las condiciones del medio ambiente natural y al conocimiento de los factores o fenómenos que lo producen.

Con su análisis, los datos que obtenemos nos inducen a considerar dos tipos de circunstancias o factores: fisiográficas (como la hidrografía, morfología, suelos y vegetación) y climáticas (como temperatura, humedad relativa, vientos y régimen de lluvias), y detectar cómo influyen en el ciclo, ya que éste —como veremos— será producto de la fuerza motriz provocada por la energía del sol y la gravitación terrestre, y que da lugar a las etapas de evaporación, condensación, precipitación, escurrimiento y filtración.

Las fuentes de abastecimiento del agua proporcionadas por la naturaleza se manifestarán como manantiales, lluvia, corrientes de ríos y arroyos, mantos subterráneos y depósitos en lagos y lagunas.

### *Regiones hidrológicas. Disposiciones legales*

Durante el Virreinato novohispano el agua de los ríos, arroyos y manantiales que no fuera de los

<sup>2</sup> Véase Mark Lvovich, *El agua en el mundo: presente y futuro*, trad. de Floreal Mazia, Buenos Aires, Cartago, 1975, pp. 21-65.



Figura 1. Ciclo hidrológico.

indígenas pertenecían a la Corona de España, por lo que, para poder usarla se requería de su cesión, y es en el gobierno donde recaía esta responsabilidad, ya que a través de los antecedentes, tanto los locales como los que vinieron de ultramar, así como de la experiencia propia recabada en Nueva España, se fueron estructurando mecanismos legales para normar la distribución y la cantidad en que se debía repartir.

La población, villa o persona que pretendiera hacer uso de una fuente de suministro tenía que

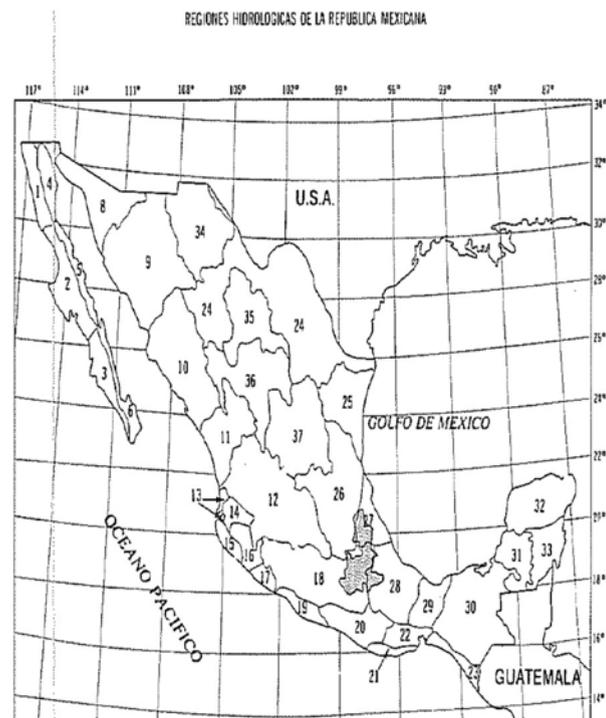


Figura 2. Regiones hidrológicas de la República Mexicana.

---

pasar por cinco etapas: la solicitud o petición de una merced de agua; la verificación por funcionarios y vecinos; la repartición; la autorización y la toma de posesión.

La solicitud se debía hacer ante las autoridades por mediación del cabildo, especificando nombre, características y ubicación de la fuente solicitada, el propósito para el cual se deseaba utilizar (satisfactor primario, riego o fuerza motriz) o bien para poder canalizarla de sitios o lugares no deseados.

La investigación y la canalización de las peticiones recaían en los funcionarios de la Audiencia, los cuales dirigían a los representantes de los gobiernos de las provincias y localidades las solicitudes. El gobernador o corregidor enviaba un oficio al alcalde mayor de la población más cercana, en la que demandaba la merced para proceder a investigar si la dotación era posible y si no afectaba intereses de terceros. Con este fin el teniente de distrito correspondiente hacía una inspección citando a los vecinos.

Si no existía impedimento para la cesión de aguas, el funcionario ordenaba elaborar las reparticiones respectivas preparando para tal fin un plano, mapa o pintura del sitio, de la zona o del paraje; pero antes de proceder a ello se deberían verificar las cantidades y a quiénes habían sido mercedadas, mandando a construir una edificación (partidor) lo suficientemente sólida y exacta para poder controlar las cantidades de agua que se podían ceder.

Cuando se terminaban las diligencias en el campo, el agrimensor elaboraba con esos datos un plano o mapa que definía gráficamente la petición; las autoridades locales lo remitían —junto con la solicitud y previa aprobación de los vecinos, testigos y oficiales— a la capital sede de la Audiencia. El fiscal responsable las pasaba al virrey para que éste procediera a su donación, para lo cual elaboraba el título a nombre del rey estipulando toda clase de detalles (ubicación, calidad, cantidad, condiciones y destino) de las aguas que se iban a mercedar. Dentro

de las condiciones de cesión de las mercedes de agua, podían estar como las más importantes: el de la fábrica y mantenimiento de las obras y el de construir fuentes públicas que se pudieran alimentar con las aguas remanentes de la cesión.

La última etapa del procedimiento para obtener por cesión una merced era el acto de toma de posesión, en donde la máxima autoridad de la población (alcalde mayor, corregidor o sus tenientes) entregaba la propiedad al beneficiario, quien tomaba oficialmente posesión de ella delante de testigos. Las solicitudes de mercedes para aguas están mencionadas en los documentos como aberturas, datas<sup>3</sup> y tomas, que son medidas de orificios tanto rectangulares como circulares. El buey de agua era una perforación o abertura de una vara por lado; a su vez, ésta se dividía en 48 surcos, el surco en tres naranjas, cada naranja en ocho limones o reales, el limón en dos dedos, el dedo en nueve pajas o en 16 granos.<sup>4</sup> “Un buey de agua se compone de 48 surcos ó 144 naranjas, ó bien de 1 152 reales ó de 20 736 pajas.”<sup>5</sup>

Como referencia se citarán algunas cantidades mercedadas: para el abastecimiento de una población, éstas podían ser de 24 surcos o el equivalente a un cuarto de buey de agua, para accionar un molino de trigo: ocho surcos, para el riego de una caballería de tierra cultivada de caña de azúcar: cuatro surcos, para una de trigo y maíz: tres surcos; asimismo, para hacer funcionar un batán.

La revisión de las ordenanzas de Tierras para la ciudad de México de 1567 y la copia del siglo XIX

<sup>3</sup> Martín Alonso, *Enciclopedia del idioma*, Madrid, Aguilar, 1982. Data: Abertura u orificio que se hace en los depósitos de agua, para dar salida a una cantidad determinada de ella, como un real, una paja, etcétera.

<sup>4</sup> Iris Santacruz Fabila y Luis Jiménez-Cacho García, “Pesas y medidas”, en *Siete ensayos sobre la hacienda mexicana 1780-1880*, México, INAH (Científica, 55), 1977, pp. 21-65.

<sup>5</sup> Mariano Galván Rivera, *Ordenanzas de tierras y aguas*, México, Archivo Histórico del Agua, Registro Agrario Nacional/CIESAS, 1998, p. 254.

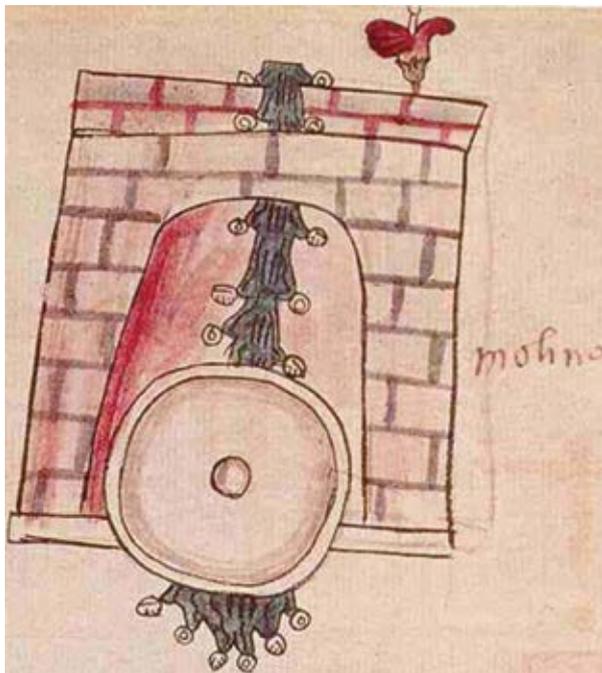


Figura 3. Molino. Codex Kingsborough. Memorial de los Indios de Tepetlaoztoc.

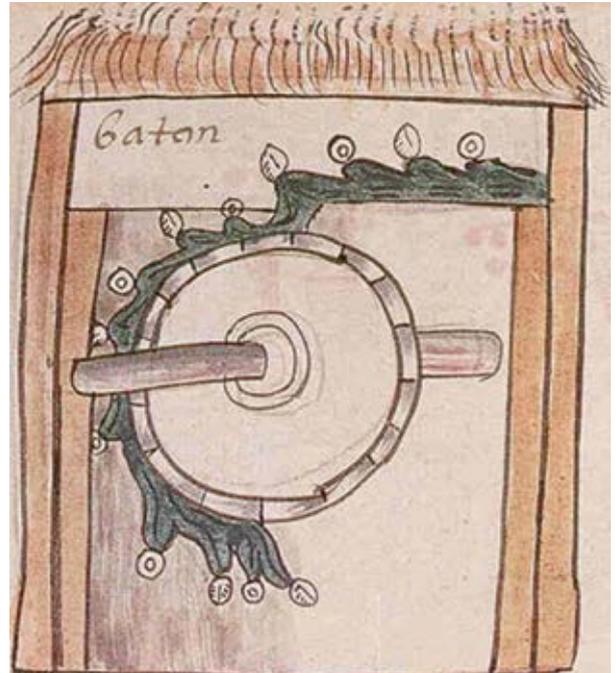


Figura 4. Batán. Codex Kingsborough. Memorial de los Indios de Tepetlaoztoc.

de las de tierras y aguas de Mariano Galván, así como las de Sevilla de 1657, tienen en común presentar las aberturas, datas, tomas o forámenes con una forma circular o cuadrada.

Asimismo nos dan, por un lado, notaciones aritméticas para convertir una data cuadrada en una circular y, por otro, resúmenes geométricos para lograr esto mismo.

Si la forma geométrica del orificio fuera circular, tendría que ser de una vara más cuatro pulgadas, más 11 líneas más 11 puntos: la equivalencia para un buey de agua. El surco de agua o cuarta sería de cinco pulgadas y 11 líneas. La naranja de agua le corresponde un diámetro de tres pulgadas y cinco líneas. La paja tendrá un diámetro de cuatro líneas y 10 puntos.<sup>6</sup>

Si no tenemos los marcos de medida establecidos para determinar una dimensión, estas cantidades fraccionarias y difíciles de manejar se pue-

den obtener por la cuadratura del círculo, el área de un cuadrado conocido igualarlo al área de un círculo: el lado igual a ocho partes, el diámetro tendrá que ser de nueve; si el diámetro es igual a ocho partes, la diagonal del cuadrado será igual a 10 partes.

Si del buey de agua (perforación o abertura cuadrada de una vara por lado) pretendo obtener un surco, debo hacer una subdivisión en 48 partes; lo más sencillo es dividir uno de los lados (el vertical) en ocho partes o *jemes*, y el otro (el horizontal) en seis partes o *sesmas*. Mas si lo hiciera por otro camino, tendría que dividir el cuadrado de una vara por una vara en tres partes, y esta tercera parte  $1/3$ ; y dividiendo ésta en cuatro mitades,  $1/6$ ,  $1/12$ ,  $1/24$  y  $1/48$ . Si se divide el surco en tres nos resulta una naranja, y cada naranja dividida en dos mitades  $1/2$  y  $1/4$ , lo que da ocho limones o reales, el limón en dos dedos, el dedo en nueve pajas o en 16 granos.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Francisco de Solano, *Cedulario de Tierras (1497-1820)*, México, IJ-UNAM, 1984, pp. 207-208.

<sup>7</sup> Iris Santacruz Fabila y Luis Jiménez-Cacho García, *op. cit.*

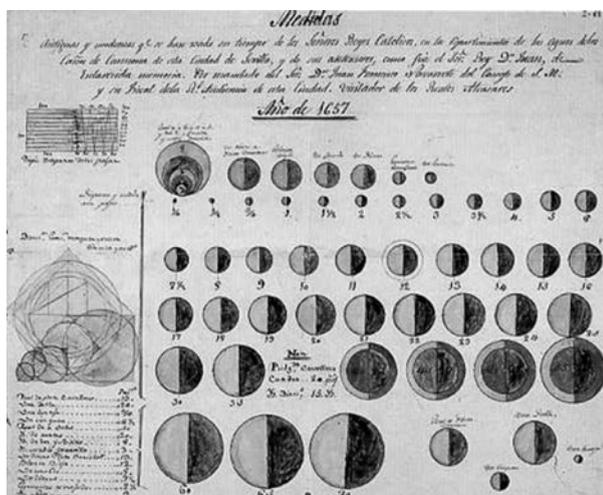


Figura 5. Medidas de los caños de Carmona para la ciudad de Sevilla, 1657. Archivo General de Simancas, M y D, 168, en Catálogo de la Exposición Obras Hidráulicas en América colonial, Madrid, CEHOPI, 1994.

### Oficios para el agua

El eje de articulación será el agua por un lado, y por otro la arquitectura; en medio de estas nociones, los oficios para buscar, nivelar, almacenar y controlar el agua, mismos que darán razón de ser a hechos arquitectónicos y actividades específicas de aprovechamiento y protección.

Las grandes construcciones hidráulicas —o como en el virreinato se llamó “obras públicas”— para cualquier asentamiento o unidad productiva pueden ser el abastecimiento, así como el drenaje de las aguas no utilizadas y la defensa contra posibles inundaciones, y fueron en su promoción, diseño y mantenimiento donde se involucraron varios oficios. De los documentos consultados se pudieron obtener oficios relacionados con el agua; dichos oficios lo dividimos jerárquicamente en tres grandes grupos: los de amplio dominio, los de actividades específicas y los que fueron asignados por una autoridad.

Intentaremos pasar del *çaurí* o buscador del agua a los cosmógrafos, y de éstos a los que elaboran cartas —como los cartógrafos—, de allí a los filósofos, arquitectos e ingenieros, y de éstos al frontero o fon-

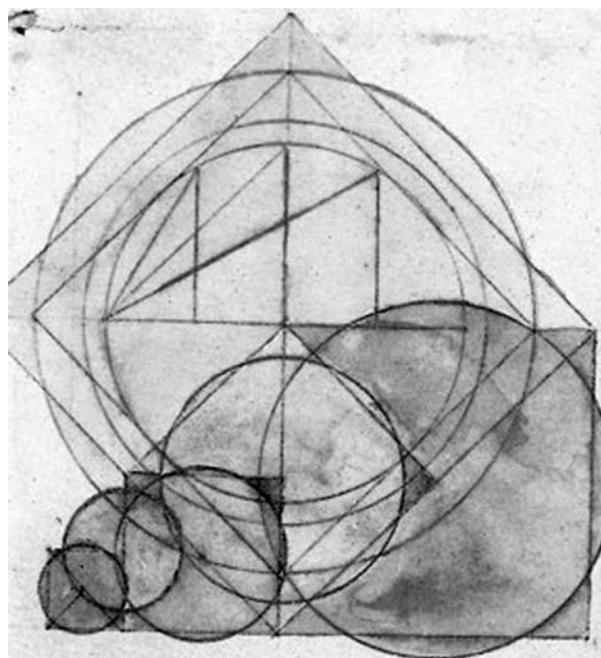


Figura 6. Trazo de datas para el agua, en Medidas de los caños de Carmona para la ciudad de Sevilla, 1657. Archivo General de Simancas, M y D, 168, en Catálogo de la Exposición Obras Hidráulicas en América colonial, Madrid, CEHOPI, 1994.

tanero, geómetras diseñadores y trazadores especializados para verificar el peso (nivel) del agua; asimismo involucraremos en este estudio a los alarifes del agua y a los diseñadores constructores de instrumentos. Por otra parte intentaremos hablar de los aguadores dedicados al transporte del agua, a los que dan el mantenimiento y la operatividad, así como servir de “guardas” a los sistemas, y por último trataremos brevemente de involucrar a los “poceros” como especialistas en mantener en condiciones de utilización a las letrinas o secretas.

*Çaurí*. Los especialistas involucrados o “buscadores de agua” dedicados a localizarla van desde el filósofo, arquitecto, frontero hasta el *çauríe* o fontanero. Por los medios de que se valen, y sobre todo por los instrumentos utilizados, los podemos dividir en dos grupos: 1) los que disponen para su localización del sentido de la vista y el agua se manifiesta de sí misma, y cuando por señales exte-

**Tabla 1. Oficios**

<i>Amplio dominio</i>	<i>Actividades específicas</i>	<i>Cargos asignados<sup>a</sup></i>
Filosofía	Aquiliges o Aquilices <sup>b</sup>	Azulero <sup>c</sup>
Geometría	Alamín y Alarife <sup>d</sup>	Alarife del agua
Cosmografía	Cartógrafo	Alguacil del agua
Arquitectura	Cosmógrafo	Alguacil de la obra del agua
Ingeniería	Geomántico	Alguacil mayor de las obras del agua
	Rabdomancia	Alguacil ejecutor de la albarrada
	Fontanero	Comisario del agua
	Frontero <sup>e</sup>	Comisario obrero del agua
	Hidromensor	Comisario obrero para casos del agua
	Transporte del agua (Aguador o açacan)	Cosmógrafo real
	Conservación del agua	Diquero <sup>f</sup>
	Albañilería	Guarda del agua
	Limpieza (Pocero)	Indios del agua
	Carpintero de lo prieto (Constructor de instrumentos e ingenios de madera)	Maestro de aguas
	Inspector general de las aguas ( <i>Curator aquarum</i> ) <sup>g</sup>	Maestro de obras del agua
		Maestro de la cañería
		Naguatlato del agua
		Obrero mayor del agua
		Oficial del agua
		Oficial de las obras del agua
	Portero de la albarrada	
	Sobrestantes de las obras del agua	
	Veedor de las obras del agua	
	Veedor de las obras de encañado	
	Veedor de las mezclas y materiales del encañado	
	Visitador del caño del agua	
	Repartidores del agua	

<sup>a</sup> Raquel Pineda Mendoza, *Origen, vida y muerte del Acueducto de Santa Fe*, México, IIE-UNAM (Estudios y Fuentes del Arte en México, LV), 2000.

<sup>b</sup> Mariano Galván Rivera, *Ordenanzas de tierras y aguas*, México, Archivo Histórico del Agua, Registro Agrario Nacional/CIESAS, 1998, p. 266. Peritos de nivelar y conducir las aguas. A los oficiales les llaman Hidromensores y la ciencia y/o oficio Hidrométrica o Hidrogógica.

<sup>c</sup> Nicolás García Tapia, *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*, Salamanca, Secretariado de Publicaciones Universidad de Salamanca/Caja de Salamanca, 1990, p. 510. Alamín: Oficial que contrastaba las pesas y medidas; alarife o perito; Juez de riegos.

<sup>d</sup> *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, transc. del manuscrito, con pról. de Pedro Laín Entralgo y reflexiones de José Antonio García-Diego, Madrid, Fundación Juanelo Turriano/Doce Calles/Biblioteca Nacional, 1996, p. 137.

<sup>e</sup> Frontino, *Los acueductos de Roma*, ed. crítica y trad. de Tomás González Rolán, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1985, p. XVII.

<sup>f</sup> Nicolás García Tapia, *Ingeniería y arquitectura en el renacimiento español*, Valladolid, Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid/Caja de Salamanca (Historia y Sociedad, 11), 1990, p. 513. Azulero: El que cuida el azud.

<sup>g</sup> *Ibidem*, p. 516. Diquero: Especialista en construcción de diques o pequeñas presas.



Figura 7. Buscador de agua, en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, transc. del manuscrito, con pról. de Pedro Laín Entralgo y reflexiones de José Antonio García-Diego, Madrid, Fundación Juanelo Turriano/Doce Calles/Biblioteca Nacional, 1996.

riores se puede hallar, cavando pozos, el agua escondida, y 2) los que se sirven de un instrumento que provoca una señal que da la posibilidad, cavando pozos, de localizar agua subterránea.

Los indicios o señales que resultaban de las actividades anteriores, determinaban mediante la observación sistemática “en los lugares donde fe vieren falir vapores efefos, que fe levanten en el ayre”,<sup>8</sup> “[...] y donde se verán levantar unos vapores ‘o exalaciones en alto de tierra”,<sup>9</sup> “el crecimiento y particularidades de plantas, si son o no de humedad y que puedan estar más verdes unas que otras, asimismo donde habiendo mosquitos que van en grande bulto juntos”.<sup>10</sup>

El segundo grupo es el de los especialistas que se apoyan en el oficio de la Rabadomancia,<sup>11</sup> por lo que a sus oficiales se les conocía como *çahoríes*, individuos capaces de descubrir yacimientos de aguas subterráneas —alumbrar— por medio de una varita.

*Aguador*. Persona que sirve para acarrear agua y da mantenimiento a las fuentes; estos servidores estaban agrupados en un gremio que servía para regular su número; los implementos que los distinguen son la gorra de piel en lugar de sombrero, los cueros,

<sup>8</sup> Marco Vitruvio Polión, *De Architectura, dividido en diez libros, traducidos del Latín en Castellano por Miguel de Urréa Architecto, y sacado en su perfección por Juan Gracián, impresor, vecino de Alcalá*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, MDLXXXII, f. 102r.

<sup>9</sup> *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ed. cit.

<sup>10</sup> *Ibidem*, fs. 22v y 23r.

<sup>11</sup> La Rabadomancia se puede definir como el arte de detectar las fuentes de aguas subterráneas gracias a la utilización de un instrumento, la varita, utilizado por los zahoríes.

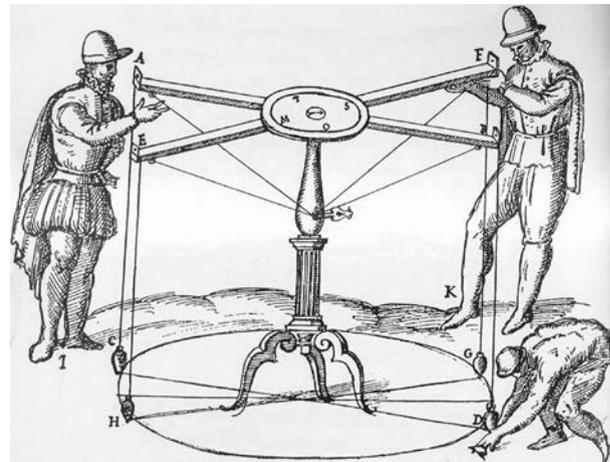


Figura 8. Geómetras, en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ed. cit.

el chochocol y otro cántaro que llevaba al frente y pendiente del cuello de gruesas correas y que servía para hacerle contrapeso a la carga que llevaba en la espalda.

*Geómetra*. La búsqueda del uso, y sobre todo del significado, de las palabras con el que se designa a estos oficiales en tratados y documentos, tales como la *Recopilación de las Leyes de Indias*, ordenanzas de constructores, actas de nombramiento, así como de algunos vocabularios y diccionarios especializados, nos dieron la pauta para no conformarnos sólo con una definición etimológica que hemos venido repitiendo durante mucho tiempo, que es la de “medidor de tierra”.

La palabra viene de la raíz griega  $\gamma\eta\omicron$ , “tierra”, y  $\mu\epsilon\tau\rho\nu$ , “medida”, así como de la latina *geómetres*: “agrimensor”, “geómetra” y/o de *geometricus*.

*Geométrico*. Encontramos la denominación en dos tratados de carpintería del siglo XVII, el de fray Andrés de San Miguel y el de Diego López de Arenas; ambos mencionan la palabra *jumétrico*,<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Eduardo Báez Macías, *Obras de Fray Andrés de San Miguel*, México, IIE-UNAM, 1979, p. 110; Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes* [Se-

y la definen como un equivalente al grado máximo que se podía alcanzar como oficiales tracistas de la “carpintería de lo blanco”.

*Cosmógrafo. cofmographus. geographus.*<sup>13</sup> De las raíces griegas *Κοσμος*, “lo ordenado”, y *γραφη*, “descripción”; “el que describe lo ordenado”.

Así por ejemplo, destacar la función o la actividad por formación y preparación del cosmógrafo en el Consejo Real de las Indias y en la Casa de Contratación de Sevilla, tanto en la factura de patrones (cartas de marear) y de instrumentos de navegación:

El Cosmógrafo, que como catedrático leyere la Catedra de Matemáticas.

El año segundo desde principio dél hasta fin de Febrero, ha de leer los seis primeros libros de Euclides: y desde primero de Março hasta fin dél lea arcos y cuerdas, senos rectos, tangentes y secantes: y hasta fin de Abril el libro cuarto de los Triángulos Esferales de Joan de Monte Regio: y desde principio de Mayo hasta las vacaciones, lo que alcançare, del Almagesto de Ptolomeo.<sup>14</sup>

*Tlaltamachihuani*. Palabra nahua que se traduce como agrimensor, geómetra.<sup>15</sup> Una traducción basada en sus raíces daría una definición literal como “el que mide la tierra, o algo como el agua de un campo o propiedad”.

villa, Luis Estupiñán, 1633], 1982, Valencia, Albatros (Colección Juan de Herrera, dirigida por Luis Cervera Vera, 8); Enrique Nuere, *La Carpintería de Lazo. Lectura dibujada del manuscrito de Fray Andrés de San Miguel*, Málaga, Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, 1990, pp. 125, 286, 290.

<sup>13</sup> Elio Antonio de Nebrija [Salamanca, ca. 1495], *Vocabulario español-latino*, Madrid, Real Academia Española, 1951.

<sup>14</sup> *Recopilación de leyes de los reynos de Las Indias, 1681*, México, Miguel Ángel Porrúa, 1987, Libro II, Título XIII, Ley V, f. 186.

<sup>15</sup> Rémi Siméon, *Diccionario de la Lengua Nahuatl o Mexicana*, trad. de Josefina Oliva de Coll, México, Siglo XXI, 2002. Define *tlaltamachihuani* por el significado de sus raíces *tlalli*, que significa tierra, campo, propiedad, y de *tamachiua*, que es medir, pesar algo.

*Agrimensor*. En las ordenanzas de albañiles de 1599 para la ciudad de México, se destaca que uno de los requisitos para el ejercicio del oficio de la agrimensura es que el oficial sepa de regla y compás, así como estar avalado por una carta de examen donde se pruebe que su práctica es suficiente y su habilitación legal.

*Instrumentos*. Es importante destacar que en este apartado sólo vamos a tratar el conocimiento de tres instrumentos: la varita para localizar agua subterránea y de dos de nivel (ordinario y cuadrado geométrico) usados por los especialistas en Nueva España, y mediante la deducción de sus patrones entender la relación entre el agua y la arquitectura.

#### *La varita del çahorí*

El instrumento utilizado por el buscador de agua (*zahorí*) debía tener una forma y características determinadas; podía ser una horquilla<sup>16</sup> o una rama bifurcada,<sup>17</sup> flexible y deformable; no debía tener crispaciones, ser natural (de madera de avellano joven,<sup>18</sup> pirul, sabino o de ahuehuate) o bien artificial, fabricada con dos ramitas de rota de seis milímetros de diámetro y 45 centímetros de longitud, atadas juntas de un extremo.<sup>19</sup>

Los procedimientos usados para la detección se reducen a la manera de tomar el instrumento y las señales que éste pueda transmitir. El sostenimiento de la varita es con ambas manos, dejando los meñiques en posición vertical hacia el interior, presionando con los pulgares las puntas; asimismo, se deben tener los antebrazos casi horizonta-

<sup>16</sup> Claudio Mans Teixidó, *El agua, cultura y vida*, Barcelona, Salvat (Aula Abierta Salvat, 35), 1984, p. 35.

<sup>17</sup> Véase Yves Rocard, “La señal del Zahorí”, en *Mundo Científico*, núm. 7 (*La Recherche*, versión en castellano), 1981, pp. 708-716.

<sup>18</sup> *Ibidem*, p. 708.

<sup>19</sup> *Idem*.



Figura 9. "La physique occulte del Abad Vallemont", de 1692. Yves Rocard, *op. cit.*

les, con las palmas de las manos hacia arriba y ejercer una presión hacia fuera para que se deforme.<sup>20</sup> El recorrido se debe llevar a cabo con mucho cuidado y concentración, hasta que el extremo de la horquilla comience a vibrar y se incline hacia el suelo.<sup>21</sup>

La verificación científica se reduce a un reflejo geomántico,<sup>22</sup> provocando en el operador sensaciones extrañas (por ejemplo, en las que sus manos son incapaces de sostener el instrumento al comenzar a vibrar la varita), lo que significa que se llegó a una zona donde puede existir agua;<sup>23</sup> es prudente aclarar que la varita no detecta el agua sino un cambio en el campo magnético terrestre, que es lo que produce la tal señal.<sup>24</sup>

Con el mismo principio magnético que el de la horquilla, existe otro dispositivo que da lugar a un

reflejo geomántico, tal es el caso del péndulo,<sup>25</sup> y a cuyos operadores se les conocían como basilogiros.<sup>26</sup> Fue descubierto y usado a principios del siglo XIX y se supone da vueltas espontáneamente cuando debajo de él existe agua; la causa física que provoca la rotación cónica es debida al campo magnético terrestre, influyendo sobre los músculos del que lo maniobra y el péndulo vuelve a adquirir una posición vertical. Si la persona permanece en esa misma área provoca un ligero temblor en la mano del que sostiene el péndulo.<sup>27</sup>

La palabra "nivel" viene del italiano *nivello*, y éste a su vez del latín *libella*, diminutivo de *libra*; le dan el significado de "peso" y "balanza".<sup>28</sup> Procede de dos palabras latinas *libramentum* y *perpendicularum*;<sup>29</sup> ambas sirven para denominarlo; así, tenemos que *libra* indica peso, romana, balanza, plomada y nivel. El sentido de *libramentum* es el de equilibrio establecido por el balance de dos objetos del mismo peso con una balanza; el de *perpendicularum* es la de un peso colgado o "plomada".

#### *Nivel ordinario*

El nombre, propuesta de diseño y construcción de este nivel ya aparece en la obra de fray Andrés de San Miguel. Para averiguar su patrón geométrico recurrió a *Los veintidós libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*,<sup>30</sup> así como a otras obras que indicaran una aproximación a ese conocimiento, en-

<sup>20</sup> *Ibidem*, p. 710. Apoyados en el gráfico de la portada y en otros dos grabados se realizó la presente descripción.

<sup>21</sup> Claudio Mans Teixidó, *op. cit.*, p. 35.

<sup>22</sup> Yves Rocard, *op. cit.*

<sup>23</sup> *Idem*.

<sup>24</sup> *Idem*.

<sup>25</sup> Yves Rocard, "¿Un sexto sentido? La percepción del campo magnético", en *Mundo Científico*, núm. 34, 1984, pp. 316-318.

<sup>26</sup> Lucas Tornos, "Conocimientos indispensables para establecer pozos o norias con aguas firmes", en *Revista Agrícola*, t. V, México, Secretaría de Fomento, 1890, p. 188.

<sup>27</sup> Yves Rocard, *op. cit.*, 1984, p. 317.

<sup>28</sup> Fernando García Salinero, *Léxico de Alarifes de los Siglos de Oro*, Madrid, Real Academia Española, 1968.

<sup>29</sup> Elio Antonio de Nebrija, *Vocabulario Español-Latino*, copia facs. de la ed. de Salamanca (¿1495?), Madrid, Real Academia Española, 1951.

<sup>30</sup> *Los veintidós libros...*, *op. cit.*

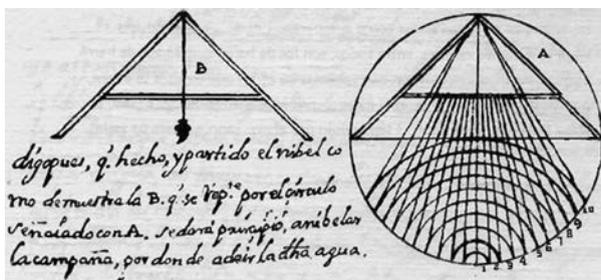


Figura 10. Nivel, en Simón García, *Compendio de Architectura y Simetría de los Templos*, estudios introductorios de Antonio Bonet Correa y Carlos Chanfón Olmos, ed. facs. de 1681, Valladolid, Colegio de Arquitectos de Valladolid, 1991, f. 123.

contrando su analogía en niveles como *tranco*,<sup>31</sup> *peso*<sup>32</sup> y *cuadrante*.<sup>33</sup>

Cristóbal de Rojas, en el Capítulo XXIII *De la fábrica y distribución de un nivel para encaminar las aguas*, describe un nivel de 20 pies de hueco entre las dos puntas y 10 pies de alto, como algo muy necesario para el ingeniero.<sup>34</sup> Andrés García de Céspedes, cosmógrafo mayor del rey, en *Libro de instrumentos*,<sup>35</sup> capítulos XII-XVIII, explica la fábrica y el fundamento matemático para la construcción de un nivel a partir de una circunferencia de 10 pies de diámetro.<sup>36</sup>

### Cuadrado geométrico

Instrumento semejante en funcionamiento y principios al cartabón. Cartabón se denomina en griego *gnomon*<sup>37</sup> y en latín, al de carpintero, *umbilicus*.<sup>38</sup>

<sup>31</sup> *Ibidem*, Libro Cuarto, f. 50r.

<sup>32</sup> Diego López de Arenas, *op. cit.*, f. 49v.

<sup>33</sup> Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 223.

<sup>34</sup> Vicente Maroto y Esteban Piñeiro, *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del siglo de oro*, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social, 1991, p. 502.

<sup>35</sup> Andrés García de Céspedes, *Libro de instrumentos nuevos de Geometría muy necesarios para medir distancias, y alturas, sin que interuengan numeros como se demuestra en la practica: demas desto se ponen otros tratados, como es vno, de conduzir aguas, y otro vna question de artilleria, en donde se ponen algunas demostraciones curiosas/por...*, Madrid, 1606.

<sup>36</sup> Vicente Maroto y Esteban Piñeiro, *op. cit.*, p. 500.

<sup>37</sup> Antonio de Nebrija, *op. cit.*

<sup>38</sup> Fernando García Salinero, *op. cit.*, Cartabón (Art. y Of.). Tabli-

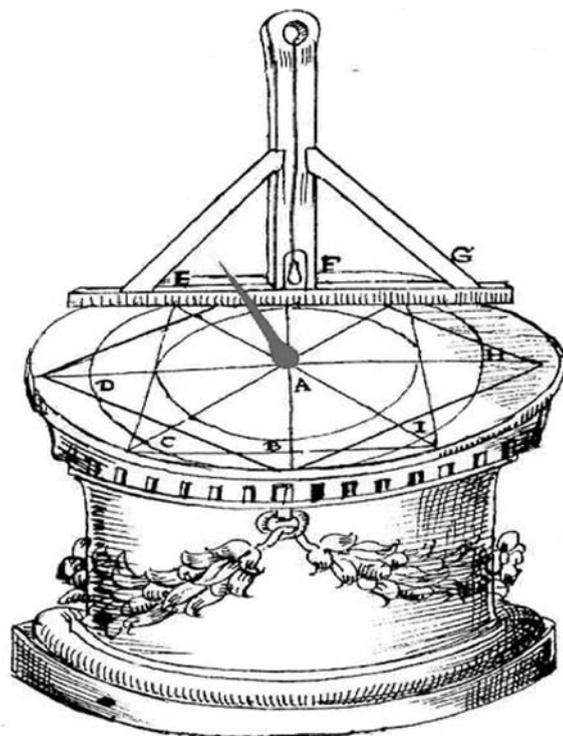


Figura 11. Demostrador de sombras. Libro Primero, Capítulo VI, de Marco Vitruvio, *Los X Libros de la Arquitectura*, según la trad. castellana de Lázaro de Velasco, estudio y trasc. de Francisco Javier Pizarro y Pilar Mogollón Cano-Cortés, Cáceres, Cicon, 1999.

En el siglo I, la noción de los geómetras griegos del *gnomon* es la de un demostrador de sombras, sirviéndose del conocimiento de la relación entre la posición del sol, sobre todo de la sombra que producía un objeto vertical (eftylo de metal,<sup>39</sup> agu-

lla en forma de triángulo, rectángulo que sirve para tomar medidas y para los cortes de piedras y maderas.// Figura de dicho instrumento. 1601. Francisco del Rosal, *Diccionario etimológico: primero de origen y etimológico de todos los vocablos originales de la lengua castellana*, ed. facs. de fray Miguel Zorita..., 1758, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Biblioteca de Filología Hispánica), 1992, p. 88: "Cartabón dicen ser Arab. Y que suena lo mismo que quarte del círculo. Yo tengo que es Cartabona. q? así llama el it. Al famoso y excelente pergamino"; 1632.- D. L. Ar. (1867), 41: "[...] Todos los triángulos o cartabones se componen de tres líneas que geoméricamente se dizen Cathecus". Etim. según Vicente García Diego, *Etimologías hispánicas*, Madrid, Aguilar, 1964, del it. *quarto bono*; para Joan Corominas y José A. Pascual, *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*, Madrid, Gredos, 1980: del lat. *quartus* pasó al verbo *cat. escartar*, y de allí *escartabont*; para este último autor, se halla cartabón ya en las obras de Alfonso el Sabio, ca. 1256.

<sup>39</sup> Marco Vitruvio, *op. cit.*, fs. 16v y 17r.

ja de bronce o de hierro<sup>40</sup>) denominado *scothiras* o *gnomón*<sup>41</sup> (γνομων). En la práctica sirvió para definir los trazos en la división y limitación de círculos y cuadrados para determinar la dirección de los vientos, o la del diseño y construcción de un instrumento de nivel.

La figura de tal instrumento (*gnomon*) es la de una escuadra o cartabón formada por dos rectas, la horizontal, nivel, amufo<sup>42</sup> o losa de mármol, y la vertical, por el perpendicular o abujón (varilla), formando un ángulo recto.

El cuadrado geométrico tiene como principio lograr construir un triángulo semejante al formado entre el punto de observación y los extremos de la longitud que se deseaba medir; su uso era para determinar la dimensión de líneas derechas a nivel y donde se pudieran distinguir alturas y profundidades. Oroncio Fineo,<sup>43</sup> en su obra *Geometría Práctica*, hace la siguiente descripción:

Con una buena madera se hacen cuatro reglas iguales de medio pie de ancho (14 cm) y dos o tres codos de largo (84-126 cm) uniéndolas en ángulo recto siendo paralelas entre sí.<sup>44</sup>

Detalla su construcción, precisando cómo se harán las divisiones de 60 partes iguales; de los dos lados CD y CB trae la descripción de su construcción: que se numerarán tal como indica la figura a la regla AF, igual a la que se usa en el astro-

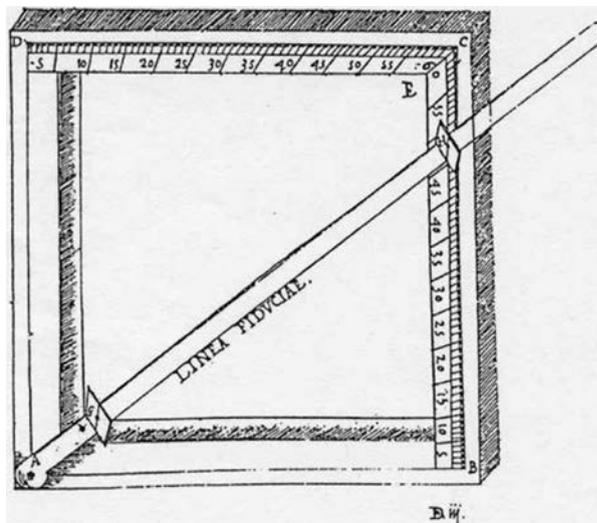


Figura 12. Cuadrado Geométrico de Oroncio Fineo 1553. En Jerónimo Girava y Pedro Juan de Lastanosa, trads., *Los dos libros de Geometría práctica de Oroncio Fineo*, 1553, p. 63.

labio; la llama señalador y será al menos tan larga como la diagonal AC.

En ella se han de asentar dos pinacidos o tablillas muy sutilmente agujeradas: de manera que los agujeros estén en derecho de la línea que llamamos fiducial o fiel, que en nuestra figura están señalados por las letras G y H. Esta regla debe poder moverse, girando sobre el punto A, a fin de poder señalar cualquier punto de las dos reglas CD y CB.<sup>45</sup>

### Aprovechamiento

*Captación.*<sup>46</sup> Para esta actividad tenemos como ejemplos de sistemas generales el diseño y la construcción de las *ínsulas* o *albercas* (1); sirven para captar las aguas de los manantiales; si son para modificar y/o controlar el agua de una corriente superficial *partidores*, *represas*, *arcas de agua* (3) y *cajas de agua* (5). Si la fuente donde procede es de escurrimiento, *balsa* (4) filtración o de un depósito subterráneo son las *galerías filtrantes* (7) y los *pozos* (10). Y si de agua de lluvia los *jagüeyes* (9), *aljibes* (2), *chultunes*

<sup>45</sup> *Ibidem*, pp 352-353.

<sup>46</sup> Véase el apartado "Arquitectura hidráulica", pp. 43-50.

<sup>40</sup> Vitruvio Pollion, *Los X Libros de Architectura*, facs. de la versión de Miguel de Urrea, Impreso en Alcalá de Henares por Juan Gracian, 1582, Valencia, Albatros (Colección Juan de Herrera, dirigida por Luis Cervera Vera), 1978, f. 16v.

<sup>41</sup> *Idem*.

<sup>42</sup> *Idem*, en *Vocabulario de Lebrija*, *op. cit.* Regla de carpintero amuffis.is. Amussis -is. regla, nivel. // fig. ad amussim, exactamente; en Joan Corominas y José A. Pascual, *op. cit.*, *Amuso*, "losa de mármol sobre cuya superficie se trazaba una rosa de los vientos; del lat. *Amusis*, regla escuadra".

<sup>43</sup> Nicolás García Tapia, *Pedro Juan de Lastanosa, El autor aragonés de los veintidós libros de los ingenios*, Huesca, Instituto de Estudios Altoaragoneses/Diputación de Huesca, 1990, p. 29.

<sup>44</sup> Vicente Maroto y Esteban Piñeiro, *op. cit.*, pp. 247-251.

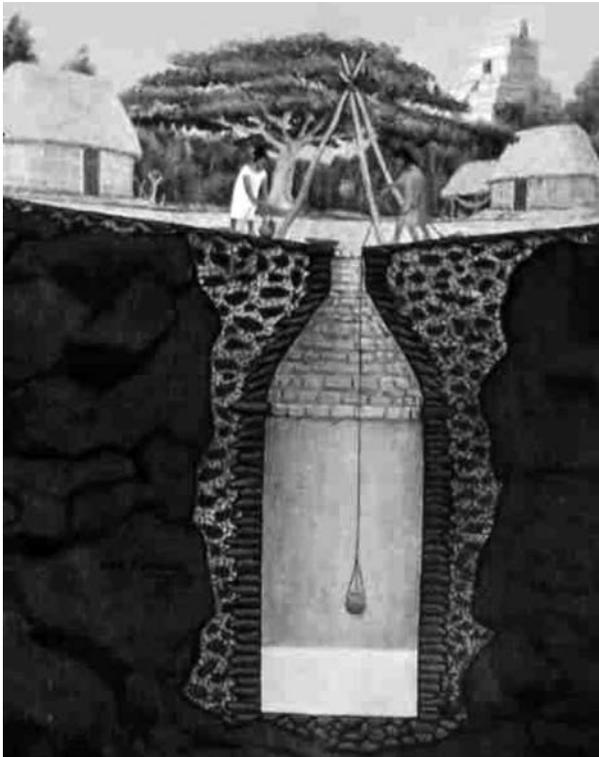


Figura 13. Chultún.



Figura 14. Compuerta de un molino en Chihuahua.

30 |

(6) en la península de Yucatán así como las *cisternas* (8).

Ejemplos de los sistemas particulares de superficies de captación se pueden mencionar soluciones como los *pisos*, *pavimentos* de patios y *azoteas*, así también elementos que puedan servir de accesorios como *coladeras*, *rejillas*, *datas* y *compuertas*.

#### Pozos

Son perforaciones verticales fabricadas artificialmente para obtener agua procedente de un manto subterráneo, por lo que su función es la de captar agua y hacer de depósito provisional, y con una máquina simple cambiarla de nivel para utilizarla en actividades diversas. Su ubicación obedece plenamente a condiciones contextuales: de las naturales, debe existir bajo ellos un depósito o corriente subterránea para alimentarlo, y de las culturales,

preferentemente deben estar cercanos a la actividad donde el agua sea necesaria y que ofrezcan seguridad, control y servicio. Todo esto aunado a que deben regirse por ordenanzas, legislación que autorice su perforación y a la persona habilitada para realizarlo; estos pozos se pueden localizar en espacios cubiertos o descubiertos.

La planta o la proyección horizontal de los pozos está determinada invariablemente por el círculo, aunque puede haber excepciones y ser oval o cuadrado. Una solución tipo consta de dos partes: 1) la que está sobre el nivel del suelo y que es donde se localizan el brocal, la estructura para sostener el sistema de elevación y en algunos casos los elementos que cubren todo el conjunto, y 2) la que se ubica bajo el nivel de la superficie; donde la perforación vertical o tiro y el espacio que sirve para captar-contener el agua hace las funciones de *cárcamo*, para que siempre se mantenga con agua.

La construcción de un pozo debe pasar por resolver dos dificultades técnicas: 1) la elección del sitio, y 2) la de su proceso constructivo. La primera consiste en elegir el lugar más idóneo, y su responsabilidad recae en los "buscadores de agua". La segunda pasaba recurrentemente por seis procesos: la excavación (exploratoria y definitiva), la de



Figura 15. Brocal de pozo de una hacienda de Tlaxcala.

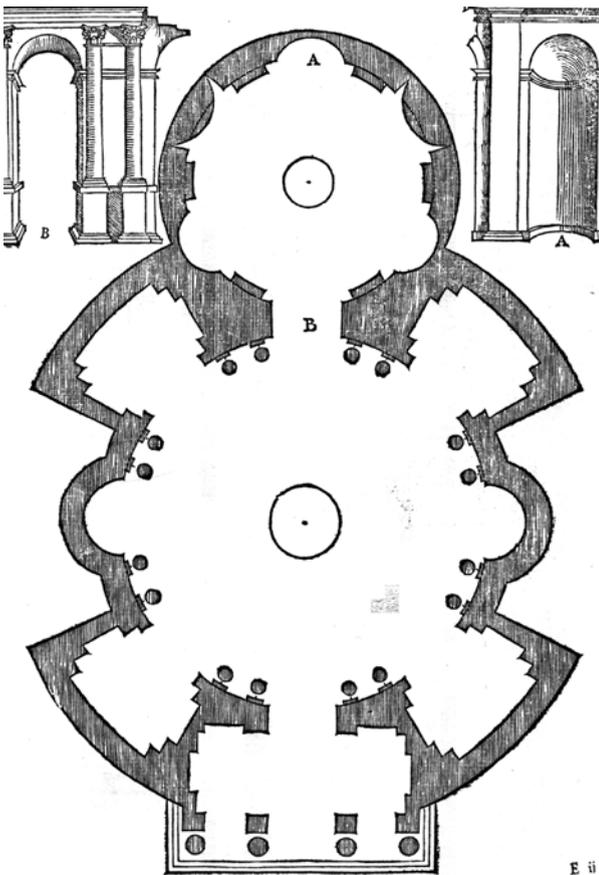


Figura 16. Dibujo de Sebastiano Serlio Boloñés, *Tercero y Cuarto Libro de Arquitectura...* en los cuales se trata de la manera de cómo se pueden adornar los edificios: con los exemplos de las antigüedades, Agora nuevamente traducido de Toscano en Romance Castellano por Francisco de Villalpando Architecto. Dirigido al muy Alto y Poderoso Señor Don Philippe Principe de España, Nuestro Señor, Toledo, Casa de Iván de Ayala, 1552, Libro III, f. XVIII.

la contención de las paredes del tiro, el asentamiento o cimentación de la caldera, la fabricación del brocal y la construcción de la obra para sostener las poleas o la cubierta.



Figura 17. Dibujo de la planta del Pocito de la Villa de Guadalupe, México, D. F., en Víctor Manuel Villegas (ed.), *Tercero y Cuarto Libro de Arquitectura de Sebastián Serlio Boloñés*, México, UAEM, 1978, Estudio introductorio.

Almacenamiento.<sup>47</sup> Las soluciones a los sistemas generales de esta actividad tienen a las *presas açudadas* (12) y a los *jagüeyes* y las *aguadas* (13) de Yucatán como sus ejemplos más representativos; no podemos dejar de considerar las neveras, como las de Cataluña, las *cajas de agua* (14) (alimentadas por las crecidas de los ríos), *depósitos* (15) y a los *tanques elevados* dentro de este grupo. De los sistemas particulares —y que sólo tienen un almacenamiento provisional— hemos considerado las *cajas de agua y/o repartición*, las que están al pie de los acueductos, *abrevaderos* (11), *piletas* y *tinajeros*.

<sup>47</sup> *Idem*.

Son recipientes que no son naturales, en los que se aprovecha la topografía del terreno, así como sus cualidades impermeables y mecánicas e impermeables para la captación de agua, pero sobre todo para su almacenamiento más o menos provisional, ya que cada temporada se trata de renovar.

Estas obras las vamos a localizar relacionadas a sitios donde las alternativas de obtener agua se ven limitadas al régimen de lluvias y al almacenamiento de agua. Estas construcciones están determinadas por una topografía específica, así como por unos suelos aptos para el escurrimiento y que puedan ser lo suficientemente impermeables para tener la capacidad de contenerla. En lo cultural, estos edificios van a surgir cuando los recursos políticos, económicos y técnicos se enfocan a resolver un problema de abastecimiento de agua.

Si su cometido específico es el almacenamiento del agua para hacer uso de ella de una manera constante en periodos o en épocas en que pueda faltar (tiempo de secas), ya sea para una actividad productiva o para usos definidos. No olvidando que almacenamientos prolongados hacen que el agua pierda cualidades, por lo que es imprescindible su constante renovación.

Generalmente constan de cinco partes: la superficie colectora, el depósito o taza, el dique o cortina, la compuerta y el medidor de nivel. Siendo el agua de lluvia la principal fuente de abastecimiento, y en algunos casos el agua de remanentes o de manantiales, la captación del agua depende para estas soluciones de la constitución de los terrenos, de los suelos y de la vegetación, factores determinantes en la decisión de su construcción, siendo las cuencas y barrancas los lugares más aptos para el surgimiento de estas edificaciones.

El sitio donde estará el depósito debe reunir condiciones de permeabilidad y de capacidad, esta última determinada con las observaciones pluviométricas, con las que se obtenía una media; a ésta

se le deducía entre 35 y 50% de agua utilizable, debido a la pérdida por evaporación o por filtración al terreno; también podían ser considerados los posibles años de sequía.

El dique o cortina, elemento fundamental para contrarrestar los empujes del agua, era la solución más importante en el diseño de estos edificios. El sembrado de árboles sobre el dique cumplía dos funciones: 1) consolidar los bordos, y 2) ayudaba a evitar la evaporación, sirviendo como barrera vegetal para atenuar el olor producido por las aguas estancadas, elemento de control por excelencia, y es donde se localizarán los sistemas de obturación para cerrar o abrir las aberturas o datas; asimismo, será un elemento importante porque de allí también se derivarán los sistemas de seguridad (desagües, aliviaderos) y los de filtración y mantenimiento (desarenadores). La compuerta se localizaba donde confluían las pendientes del depósito.

El medidor de nivel es un elemento que se localiza en un sitio del depósito y que es fácilmente observable a simple vista; sirve para calcular el volumen medio del almacenamiento (soluciones como el nilómetro).

*Elevación.*<sup>48</sup> Representantes de los sistemas generales de esta actividad podemos mencionar como ejemplos, las *ruedas hidráulicas* y las *norias* (25). Como ejemplos de sistemas particulares los: *papalotes* (24), *tornillos de Arquímedes* (26), *cigoñales* (23), y *bombas hidráulicas* (22).

Se agrupan bajo este apartado todos aquellos sistemas donde se integran las soluciones de la arquitectura con las máquinas para dar cabida a la función de cambiar o de elevar el agua de un sitio más bajo a otro más alto.

*Norias.* Son construcciones que sirven para contener una maquinaria para poder extraer agua o cambiarla de un nivel bajo a otro más alto. Su localiza-

<sup>48</sup> *Idem.*

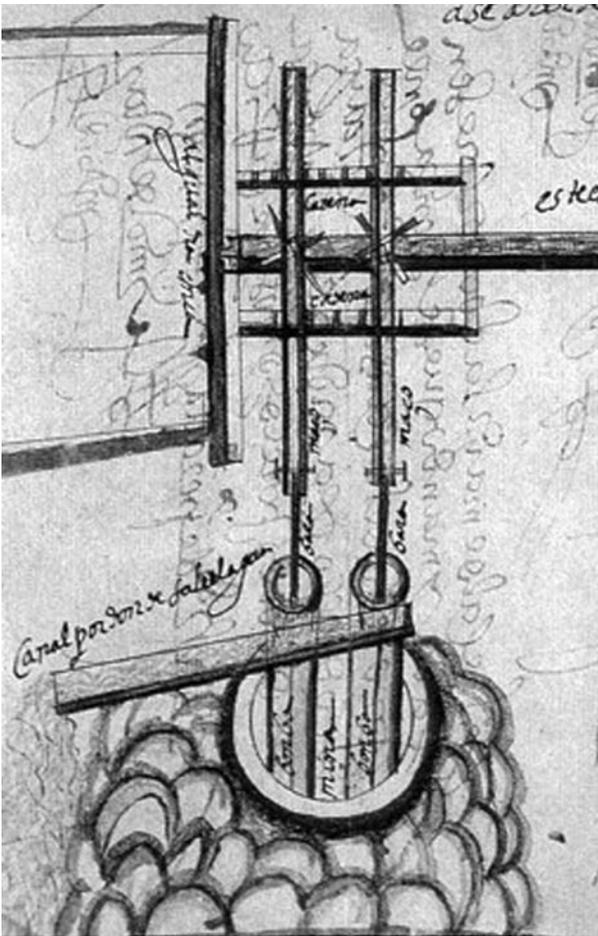


Figura 18. Bomba hidráulica.

ción o ubicación está determinada por la fuente de suministro de agua como para la actividad para la que surgen. Las podemos localizar sobre manantiales o en corrientes de agua superficial o subterránea; el agua se puede utilizar para usos domésticos, para el riego, para surtir abrevaderos de animales o para usos específicos (como el lavado de minerales), lo que les da un lugar espacial en huertas y patios, así como dentro o fuera de áreas delimitadas.

Las norias son edificios integrados a maquinarias que sirven para cambiar de nivel el agua de un sitio más bajo a otro más alto, empleando como energía diversos tipos de fuerzas.

La solución formal de las norias va a estar definida por tres áreas: una dedicada al espacio donde

se va a producir la fuerza; la segunda corresponde al tiro, al brocal y a los apoyos para sostener los mecanismos de extracción; la tercera se refiere a los distintos recipientes que sirven para la distribución del agua.

Todo esto hace que la planta y el alzado donde se desarrollan estén en función de patrones de trazos, medidas muy definidas, dando características a las soluciones, como que todas estén en sitios superficiales, unas a nivel del piso y otras sobre el nivel del terreno; unas desarrolladas en una planta y otras con entrepisos; unas cubiertas, otras semicubiertas y otras descubiertas; unas bardeadas y otras más sin bardear.

Técnica y constructivamente estos edificios delatan en su solución un alto grado de complejidad; esto se aprecia en la determinación de los patrones de su trazo y en el empleo de los materiales y sistemas constructivos. Los apoyos, corridos y aislados de que constan, están resueltos en cantería o mampostería; los cerramientos de vanos están resueltos con dinteles o con platabandas aparejadas; las cubiertas pueden ser abovedadas, planas o inclinadas utilizando la madera, el adobe, la piedra y el ladrillo.

El sentido semiótico de una noria está expresado en el edificio en sí mismo, identificado en cuanto a su fuente de abastecimiento, el sitio donde se encuentra y la función para lo que fue diseñado; dará las pautas o principios geométricos de medidas o de verificación de instrumentos para su conocimiento, por lo que las vamos a encontrar relacionadas con otros edificios, con lo que se pueden integrar a los acueductos, los almacenamientos, los lavaderos y los abrevaderos, entre otros.

*Conducción.*<sup>49</sup> Los ejemplos de sistemas generales de esta actividad serían los *acueductos* (27), *ace-*

<sup>49</sup> *Idem.*



Figura 19. Noria de San Francisco Cuezcotzin, Tlaxcala.



Figura 21. Noria de Puebla.



Figura 20. Noria en Valladolid, Yucatán.

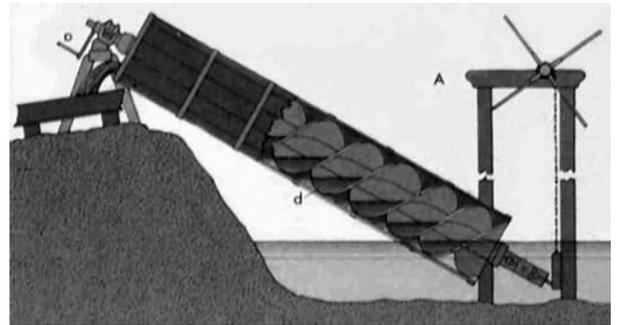


Figura 22. Cloquea o tornillo de Arquímedes.

*quias* (28) y *castillos de agua* (30). Los ejemplos de las soluciones particulares estarían en las *bajadas de agua pluvial* (29), *gárgolas* y *tuberías*, definidos como elementos donde se adosan o integran conductos diseñados con diversos materiales por donde pasa el agua.

*Acueductos.* El ejemplo por excelencia de un sistema general es el acueducto; vistos como un sistema general, estas construcciones forman parte importante de la infraestructura hidráulica de cualquier asentamiento, por lo que se ven relacionados con otros edificios donde se aprovecha el agua, ya sea para cubrir necesidades vitales o para actividades productivas. Para las necesidades vitales tenemos soluciones como las cajas, pilas, fuentes, baños y lavaderos como los más destacables, y para las segundas tenemos las ruedas hidráulicas, que son soluciones donde se aprovecha la fuerza

del agua en un sitio donde pueda ser conducida.

La fuente de abastecimiento puede proceder de un manantial, de un arroyo de aguas perennes, de un río, de una galería filtrante, de una superficie de captación o de un depósito; aunado a estas condicionantes que impone el medio cultural, como cuál es la mejor agua, cómo usufruirla o valerse de ella, y sobre todo cómo conducirla. Esas circunstancias o características son las que van a determinar la forma y por ende las partes de que está compuesto: la toma de agua (alberca, partidor), el conducto (acueducto), los elementos accesorios para garantizar su funcionamiento (filtros, reposaderas, alcantarillas, sifones) y distribución (cajas, pilas, fuentes).

Al ser los acueductos edificios complejos, van a presentar en su construcción dificultades de índole técnica como legal, además de disponer de materiales, así como el usar patrones convenientes

tes en su solución. El principal problema a resolver es el de nivelar o pesar el agua, así como determinar y diseñar el tamaño de la abertura, canal o foramen. Con la elección o selección del sitio de abastecimiento y el de su distribución, además de haber seleccionado y ubicado la fuente, se debía determinar si el agua era buena para decidir su construcción, si la altura o la profundidad, así como la distancia y dirección donde se encontraba era factible para conducir el agua por gravedad a donde se deseaba llevar.

La planta de estos edificios no sigue una línea recta más que por tramos; la característica o necesidad que se tiene de “golpear” el agua para su oxigenación y restarle velocidad, ya que el agua que corre por un conducto no debe ir muy rápido porque erosiona con mayor facilidad el canal, ni muy lenta porque las materias que trae en solución las puede ir sedimentando, obstruyendo poco a poco el caño. El aprovechamiento de la topografía —y sobre todo de las curvas de nivel de los acueductos en alzado— dependerá de la diferencia de alturas del lugar de abastecimiento al lugar de distribución o toma de agua; éste podía ir sobre un muro macizo o sobre arcos con apoyos, que es el más característico y fácilmente identificable.

La solución constructiva de estas obras tan complejas tenía que pasar por resolver dos problemas fundamentales: uno referente al trabajo estructural, es decir, sostener el conducto y todas las partes que conforman los elementos de apoyos y cerramientos, y otro no menos importante como es la nivelación, la elevación y la permeabilidad en el trazo y fábrica de la estructura y los acabados.

### *Tuberías*

Serán ejemplo de los sistemas particulares; estarán localizadas donde sea necesaria la repartición o el desalojo de cantidades determinadas de agua,



Figura 23. Filtro de acueducto en Pozos Guanajuato.



Figura 24. Arenero del acueducto de Huejotzingo, Puebla.



Figura 25. Acueducto de la Hacienda, Puebla.



Figura 26. Acueducto de Santa Fe, México, D. F., Lámina V, en Martha Fernández, *Arquitectura y gobierno virreinal. Los maestros mayores de la ciudad de México, siglo XVI, México, UNAM, 1985.*

dispuestas de tal manera que el agua pueda fluir a través de ellas. Otra de las funciones que cumplen las tuberías es para poder conservar la presión en aquellas soluciones donde sea necesario establecer un equilibrio entre el agua y el aire.

Los tubos pueden ser de diversos materiales: madera, barro, plomo; son piezas con tamaños diversos, condicionados por patrones y que se unen unos con otros ensamblados o soldándolos. Su fabricación depende del material; si son de madera, se fabrican de piezas cilíndricas a las que se hace una perforación por medio de un taladro; la dimensión estará en función de un patrón, pero sobre todo que sea de una parte del grueso; se recomienda que sus extremos estén labrados para que se pueda machihembrar una pieza con otra. Los de plomo se hacen con moldes de madera, los cuales tienen una disminución en uno de los extremos, lo que los convierte en unas piezas cónicas; se colocaba sobre éstos una plancha de plomo a la que se daba la forma del molde, quedando en la parte superior los dos extremos, los que se unían con soldadura. Los tubos de madera y plomo se fabricaban aserrando medio tronco, al que se hacía una canal, o mediante una perforación resultaba una media caña, se introducía el tubo de plomo y se unían las dos mitades con clavos de cobre y un lienzo zucalado. Los tubos de barro se construían con dos tipos de molde: unos en forma cónica y otros cilíndricos.

*Comunicación.*<sup>50</sup> Los canales de navegación (32), así como los sistemas de comunicación controlados por esclusas (35), muelles y embarcaderos (33), y los puertos (34) estarían dentro de este grupo muy vinculado al de la conducción.

*Energía y riego.*<sup>51</sup> En este grupo hemos puesto las soluciones que tienen al agua como un productor de energía, que se sirven del agua y se valen de *ruedas hidráulicas* para producirla —*aserraderos* (36), *batanes* (37), *molinos* (38) y *trapiches* (39)—, y los *sistemas de regadío* (40), así como la del control de tiempo y cantidad.

## A. Producción

### *Molinos*<sup>52</sup>

Un molino, por el cometido que cumple, contiene en su diseño dos sistemas (uno para el aprovechamiento y otro para protección), por lo que no debemos confundir el agua utilizada para mover una máquina con la del lavado del trigo.

Estas soluciones constan de tomas, azudas o *inciles* (construcciones a manera de recipientes para tomar agua de los ríos); su localización, construcción, reparo o aderezo, debían estar supervisadas por un geómetra o agrimensor a la orden del alcalde responsable.

Nos percatamos de que la rueda hidráulica es lo sustantivo de estos edificios, y de que junto a la maquinaria para transformar la energía pueden estar en el mismo espacio, ya que las funciones son compatibles. El área de molido es independiente, ya que necesita protección contra la humedad, aire, polvo, suciedad, por lo que siempre estará en un espacio superior respecto a la maquinaria.

<sup>50</sup> *Idem.*

<sup>51</sup> *Idem.*

<sup>52</sup> Leonardo Icaza Lomeli, "Los molinos de Tacubaya", en *Tacubaya, pasado y presente*, México, DEH-INAH/Yeuetlatolli (Ahuehuete de la Biblioteca Yeuetlatolli, 5), 1996.



Figura 27. Molino de trigo en los límites de Hidalgo y Querétaro.

Asimismo distinguimos dos posibilidades para transformar las corrientes de agua en energía capaz de mover la rueda de un molino: la que se ubica en una posición horizontal a la acometida de una corriente y que se conoce como rodezno, y la de cubo, que consta de alberca, cubo, rodezno de alabes o cucharas, muela, tolva, suministro de trigo, depósito de la harina y caucel.

La otra manera es mediante una rueda vertical o aceña, ya que puede tomar el agua a distintas alturas y de la dirección con que se desee el giro de la rueda; ésta consta de alberca, aceña, rueda hidráulica, muela, tolva, mecanismo de suministro de trigo, y depósito de la harina.

En regiones de gran desarrollo de actividades relacionadas con el molido del trigo, surgen dependencias complementarias al funcionamiento, como oficinas, habitaciones del molinero, locales para almacenar el trigo y los costales de harina (trojes, graneros), bodegas para las carretas o para la harina y espacios para los animales (caballerizas, macheros).

### *Ruedas hidráulicas*

Se pueden definir como máquinas simples que sirven para transformar la energía del agua en movimiento en una energía mecánica; su eficacia estriba en su diseño; éste está definido por la altura de

la corriente y su posición, lo que da las ruedas horizontales —como las cubas— y ruedas verticales —como serían las de corriente alta, media y baja—. Estas soluciones no podrían existir sin la presencia de otras obras anexas o de infraestructura capaces de hacerlos funcionar.

Una rueda hidráulica ideal consta de tres áreas fundamentales: la presa o depósito, los canales y el foso donde se va a alojar. La primera área debe estar ubicada en el lecho de una corriente de agua o de un pequeño depósito elaborado *ex profeso*; servirá para dar el caudal y la altura de la caída de acuerdo con el proyecto, o para el control con que se desee emplear la fuerza del agua. Los canales son fundamentales para la operatividad del sistema; su función puede ser de trabajo o de aliviadero; los de trabajo nacen en una de las orillas de la represa o bocatoma controlada en la parte superior con un tronco atravesado, para evitar la entrada de objetos flotantes; el tramo anterior al foso se denomina caz y el tramo posterior socaz; para controlar el cauce debe existir una compuerta con una rejilla, y el canal de aliviadero sirve para derivar el agua antes de que pase por la rafa o sangradera que da al foso. El foso es el sitio donde se localiza la rueda hidráulica; la diferencia de alturas entre el caz y el socaz lo va a determinar el salto o caída del agua.

Por su forma y tamaño, la rueda se debía ajustar al foso con la mayor precisión. Su proceso constructivo estaba determinado por su trazo y por tener una geometría en relación con el círculo, era el eje, la pieza a la que primero se le daba la forma; en ambos extremos se le practicaban ranuras en forma de cruz para alojar una pieza de metal (muñón) y que giraría dentro de cojinetes previamente fijados a los extremos del foso. Sobre el eje se hacían perforaciones semejantes a los que sirven para alojar los rayos de una rueda de carreta y posteriormente en sus extremos colocar los contornos

---

o pinas, en las que previamente se habían trazado y ranurado en sus caras interiores los sitios para alojar las paletas y que forman los cangilones. A las paletas se les practicaban perforaciones, las cuales se cubrían por la cara interna con pequeñas aletas de cuero para que actuaran como válvulas, y así evitar la penetración de agua a zonas no deseadas.

*Higiene y limpieza.*<sup>53</sup> Los ejemplos de sistemas generales que hemos seleccionado para este apartado los hemos dividido en tres grupos: los que emplean agua para la limpieza, *areneros* (41) o filtros, *baños* (42), *temascales* (43) y *lavaderos públicos* (45).

Como ejemplos de sistemas particulares del uso derivado del agua tenemos a los relojes de agua o *clepsídras*, a los *retretes* y a los *refrigeradores*. De los de protección, tendríamos los *caballetes* o remates de muros, las *cornisas* por sus pendientes y *goteros*, los *botaguas* y los *sardineles*, así como las soluciones para evitar la humedad ocasionada por la capilaridad de los materiales.

38 |

*Control y distribución.*<sup>54</sup> Dentro de lo que hemos denominado sistemas generales tenemos ejemplos de soluciones como los *partidores* (49), *cajas y datas*; tienen en común que cumplen con funciones como ser el sitio donde llega el agua para poderla repartir equitativa y jerárquicamente, y otra función de distribución como *pilas* (50) y *fuentes de agua* (48).

Los particulares para esta actividad los hemos ejemplificado con las *piletas* o el espacio generado por las *tinajas* y *toneles*, así como el *aguador* oficial que hace posible que el agua que está en una pila o fuente pública se distribuya a otro depósito.

#### *Fuentes*

Estas soluciones las podemos dividir en dos grupos: las integradas o adosadas a un muro o a un

elemento vertical dan soluciones que denominamos pilas o cajas de agua; las que están integradas a elementos horizontales —como pisos o pavimentos— las llamamos fuentes. Una definición sería: son construcciones de recipientes momentáneos que sirven de tomas, donde la gente acude a proveerse de agua.

Constan de cuatro partes: surtidor, depósito, toma y acceso. El surtidor será el soporte; será útil para usos diversos. Cuando funciona como arca servirá para controlar el agua y regular la presión. Cuando funja de alcantarilla, como apoyo a esculturas (adosadas, sobrepuestas o de remate) o para las tazas y cuencos. Los depósitos, principal y secundario; el primero es el que está formado por los muretes o muros perimetrales; el otro está referido a los cuencos; ambos están diseñados para contener el agua de acuerdo con una función física y mecánica. La toma de agua ubicada siempre sobre el muro perimetral o en un sitio anexo a éste debe resolver con su diseño el problema de llenado, extracción y carga de los recipientes donde se transporta el agua. El acceso se refiere a la zona donde se localizan tanto escalones, pavimentos o barreras que tienen la función de evitar la entrada a determinados sitios de estos edificios.

El proceso constructivo de estas obras está limitado a la solución de dos problemas: uno era el referente al manejo del agua y el otro a la utilización de los materiales y las técnicas más idóneas. Resolver la salida del agua en los surtidores en cuanto a fuerza, dirección y altura, así de cómo contener un nivel constante en los recipientes. El otro es el aprovechamiento más idóneo de materiales y técnicas para resolver los conductos por donde se suministraba el agua (de plomo, barro). El uso de materiales y procedimientos constructivos para contrarrestar los esfuerzos producidos por el agua y hacer trabajar mediante compresión las distintas piezas que forman un anillo de compre-

<sup>53</sup> Véase el apartado “Arquitectura hidráulica”, pp. 43-50.

<sup>54</sup> *Idem.*

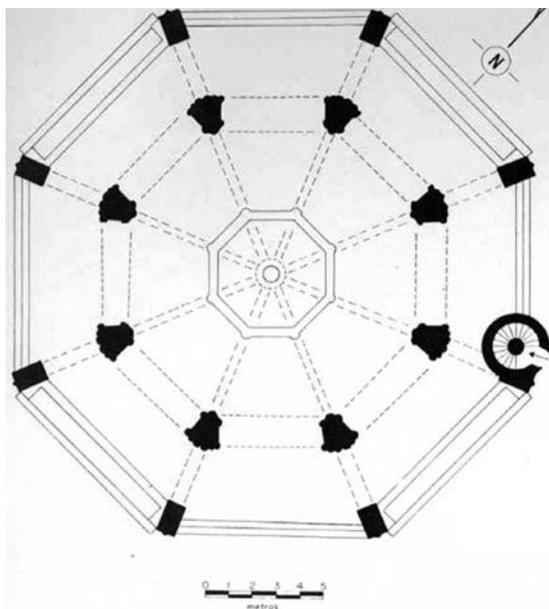


Figura 28. Planta de fuente en Chiapa de Corzo. Carlos Navarrete, *La fuente de Chiapa de Corzo. Encuentro de historias*, Tuxtla Gutiérrez, Gobierno del Estado de Chiapas, 1991.

sión, se usaron grapas de metal unidas con plomo, así como para evitar la penetración del agua se usaron recubrimientos y mezclas impermeabilizantes.

### *Clepsidras*

Son instrumentos que utilizan el agua como energía y sirven para medir periodos regulares. Se localizan en sitios donde se pueda estar vigilando y controlando con una regularidad constante y en lugares donde el agua no se pueda congelar ni evaporar. Son útiles porque señalan periodos regulares necesarios en la organización tanto de un conjunto conventual como de una villa o ciudad.

Se componen de recipientes y conductos donde el agua pasa de un sitio a otro por la fuerza de la gravedad; de elementos en los cuales está grabada una escala con los distintos periodos y un indicador de dicha escala. Están construidas de materiales resistentes a los esfuerzos físicos (contener el agua) y a la acción corrosi-

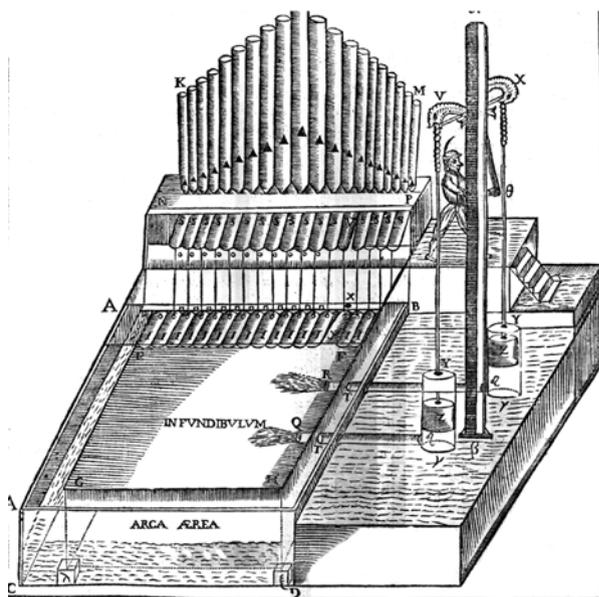


Figura 29.

va, por lo que determinados conductos se forraban de oro o de la inclusión de alguna piedra considerada preciosa. Estos instrumentos están relacionados muy directamente con los cuadrantes solares y por su localización con torres o atalayas en las que se tienen campanas para el anuncio emanado de la indicación de esta construcción.

### **B. Limpieza**

#### *Lavaderos*

De distintas maneras de utilizar el agua para la limpieza, tanto del cuerpo como de prendas de vestir, o de algunos productos como la lana o la de otras fibras, hemos destacado en este apartado la necesidad espacial que generan, y sobre todo lo que hace que en sus soluciones esté presente la arquitectura.

La ubicación de estas construcciones obedece y depende de la fuente de suministro y de las características culturales que condicionan el uso del

agua, por lo que la fuente de suministro podía ser un manantial, un río o arroyo, y su situación respecto a la traza de un asentamiento o de otros edificios estaba en función de su carácter privado o público, de paga o gratuito. Los privados los encontramos formando unidades entre la fuente de abastecimiento (pozos, apantles, depósitos, cajas de repartición) y los distintos tipos de habitaciones en diferentes ámbitos (ciudades, villas, haciendas, ranchos). Los públicos, localizados dentro y fuera de las trazas, teniendo agrupaciones de baños y lavaderos, o de sólo baños, o de sólo lavaderos, formando unidades aisladas o integradas a otros edificios, pero siempre formando parte de una infraestructura hidráulica.

Las partes que constituyen los lavaderos son: área de servicio, depósito, conductos de suministro y de desagüe, tendedores o asoleaderos, área de los lavaderos y espacios para circular.

Las plantas de estos conjuntos adoptan formas geométricas circulares, cuadradas, octogonales o rectangulares. Dependiendo de la posición, los lavaderos pueden ser trapezoidales o cuadrilongos, y las piletas rectangulares o redondas. Su agrupamiento puede ser uno delante de otro (cuando la hilera es paralela o cuando es centrípeta), uno alternado con otro a 45 grados (espina de pescado); teniendo a su vez la pileta al lado o al frente. Los lavaderos y algunas veces las piletas suelen estar labrados en una sola pieza de una piedra dura y con una aspereza en la superficie de contacto con la ropa, así como con una inclinación al frente.

Los lavaderos estaban diseñados para utilizarlos en una posición determinada (de rodillas o de pie); en casos muy concretos las lavanderas se meten prácticamente al depósito con el agua a la cintura, y en algunos otros se evita que las lavanderas tengan los pies mojados, por lo que tienen que llevar un pequeño trozo de madera para aislar de los pies lo húmedo del piso.



Figura 30. Lavaderos de planta redonda en Guatemala.

*Protección.*<sup>55</sup> Quizá los ejemplos por excelencia pudieran ser, por un lado, las *atarazanas* (51), pasando antes por los sistemas de *albardones* (52), *diques* (53), *calzadas-dique* (54), *faros* (55) y la red de *zanjas* (56), con el cometido de proteger contra el agua y así evitar inundaciones.

#### *Diques*

Son construcciones que se van a realizar paralelas o transversales a corrientes perennes o periódicas de agua; su finalidad es controlar y encauzar a sitios donde se puedan drenar o aprovechar; esto con el fin de mantener un nivel determinado en el caso de una corriente o de un depósito provisional.

Las obras que sirven de protección y control a orillas de cauces de ríos, en las riberas o en la división de lagunas para desviar aguas y evitar por su desbordamiento mezclas o inundaciones, se componen de dos partes fundamentales: un sistema de contención formado por apoyos corridos y un sistema de control solucionado por los tajos o aberturas formado por compuertas y por puentes.

La forma definida en planta se va a adecuar a los tipos y funciones de los sitios; si es como pro-

<sup>55</sup> *Idem.*



Figura 31. Restos del albardón de la carretera a Teotihuacan, México. Fotografía de Leonardo Icaza.

tección, seguirá la topografía del terreno y el cauce de la corriente; si son para dividir, serán rectas y podrán servir como calzadas; si en cambio su cometido es la de encauzar el agua, tendrán formas curvas o angulares adecuadas y/o estructuradas para resistir o canalizarla cuando el agua se presenta de manera intempestiva.

Tecnológicamente los diques deben estar resueltos para tener una resistencia mecánica y física al empuje del agua, pero también a la penetración y erosión, tanto en las soluciones que están constante o esporádicamente en contacto con el agua.

Las fórmulas tradicionales para el diseño de los apoyos corridos se limitaba a la formación de taludes en ambos parámetros; al interior, la proporción de una vez y media a la base y de una la altura, y al exterior de tres de base por uno de altura. Cuando se trataba de muros de mampostería, los apoyos corridos se resolvían con contrafuertes. El remate superior tenía de acabado una inclinación para que el agua no se acumulara o penetrara por gravedad, y en algunos casos para evitar el paso de animales se resolvía entresacando piedras.

Por ubicación se pueden identificar dos tipos de diques. Los húmedos, que están en constante contacto con el agua, como los que se encuentran dividiendo depósitos naturales o artificiales, y los que se localizan a orillas de ríos y lagunas. El otro de los tipos serán los diques secos situados en accidentes del terreno o barrancas, y los vados presentes en los caminos tienen un contacto no constante sino esporádico con el agua.

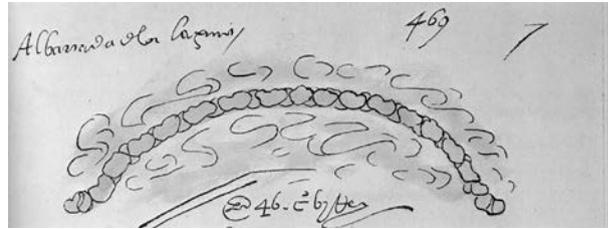


Figura 32. Albarrada de la laguna, en Códice Osuna, Fernando Benítez, *Historia de la Ciudad de México*, Madrid, Salvat, 1983, t. 2, p. 69.

*Desalojo*.<sup>56</sup> Las topologías más representativas son las *presas de regulación* (57) que tenemos y encontramos generalmente en vertientes; los *albañales* o *canales de desagüe* (58) y las cloacas o drenajes de *tajo a cielo abierto* (59) y el *subterráneo o profundo* (60).

## Conclusiones

Al pretender conocer las relaciones entre el agua y las soluciones de la arquitectura nos percatamos de que cualquier alteración al medio repercute en el ciclo hidrológico modificando o alterando las fuentes de abastecimiento, y por lo tanto las funciones y las actividades básicas.

La lluvia al caer sobre terrenos faltos de vegetación, por tala o uso inadecuado del suelo, no permite la retención del agua, por lo que correrá libremente ocasionando erosión; además impide la infiltración con las consecuentes avenidas de agua que provocan azolves en las cuencas y en los cauces de ríos. Como consecuencia directa de lo anterior, al no existir un reabastecimiento de agua en los mantos subterráneos, los manantiales y las corrientes superficiales se “secarán”, alterando la alimentación, y por lo tanto el funcionamiento de pozos, norias y acueductos. Al crecer y rebasar la capacidad de cauces y depósitos se desbordarán por una sobrealimentación, provocando inundaciones en las partes más bajas.

<sup>56</sup> *Idem*.

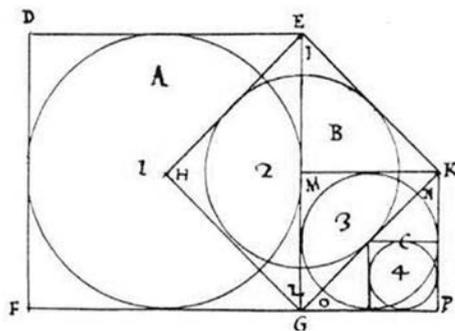
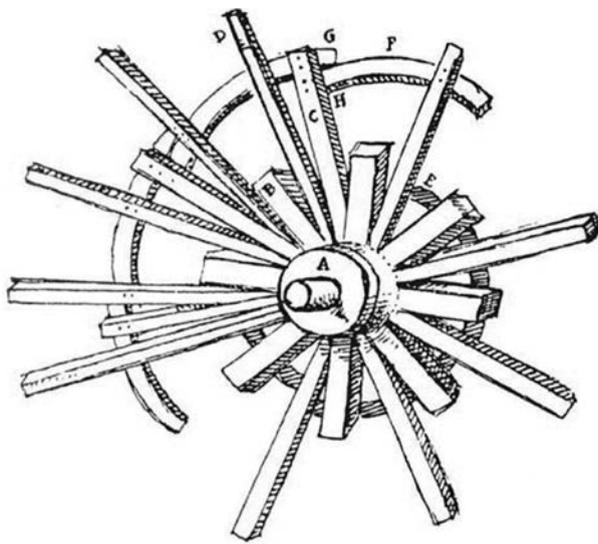


Figura 33. Subdivisión del cuadrado y la inscripción de un círculo para obtener la proporción de una rueda hidráulica. *Los Veintidós Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ed. cit., Libro 13, f. 344v.

Con la alteración del ciclo hidrológico, consecuentemente se modifican las fuentes de suministro, por lo que las obras arquitectónicas para su aprovechamiento y protección se vuelven inoperantes y obsoletas, condenándolas a ser alteradas o a desaparecer por la falta o por el exceso de agua no controlada.

Una propuesta concreta sería el conocimiento tanto de procesos como de las soluciones tan peculiares de la arquitectura, y con ello saber que no sólo vamos a proteger como patrimonio los restos materiales sino también el patrimonio intangible, como son las prácticas de la búsqueda de agua, la verificación de que sí es apta para el uso que le

vamos a dar, o la invocación de las lluvias, entre otras.

Con ese conocimiento contextual (natural y cultural) podremos proponer la regeneración ecológica en las zonas de influencia donde se localizan los edificios que se pretenden reutilizar; una más, pero a largo plazo, sería intentar restablecer algunas de las etapas del ciclo hidrológico ya perdidas o a punto de perderse, mediante la acción de reforestación paulatina, el uso adecuado del suelo y el cuidado del agua superficial y subterránea existente. Las acciones a corto plazo podrían ser las campañas de concientización sobre la importancia que tiene o debe tener la arquitectura en relación con el agua.

La recomendación para aquellos edificios o soluciones de la arquitectura en que prácticamente sea imposible su reutilización, por agotamiento o modificación de fuentes de abastecimiento, o por la adopción de nuevas tecnologías, la solución sería decodificarlos y conservarlos como testimonio de una identidad y de una tecnología.

## Arquitectura hidráulica

### Patrones geométricos

Para percatarnos de la existencia de un patrón de diseño de acuerdo con diversas funciones entre el agua y la arquitectura de *aprovechamiento* (captación, almacenamiento, elevación, conducción, comunicación, energía y regadío, y las de higiene y limpieza) y *desagüe* (protección y desalojo) denominadas diagnósticas —las soluciones formales teniendo como principio las fuerzas de la gravedad en la determinación de una vertical y una horizontal, ya fuera de una alberca, noria, molino, caja de agua, fuente, albarrada o puente— siempre tienen un principio geométrico, no hay más que tener una lectura razonada y darnos cuenta de su síntesis y

Clase		ARQUITETURA HIDRÁULICA									
Grupo		Aprovechamiento								Desagüe	
Espacio/Tiempo											
Género		Captación	Almacenamiento	Elevación	Conducción	Comunicación	Energía y regadío	Higiene y limpieza	Control y distribución	Protección	Desalojo
Tipo		1. Alberca	11. Abrevadero	21. Aceña	27. Acueducto	31. Puente	36. Acerradero	41. Arenero	48. Fuente	51. Atarazana	57. Presa de regulación
		2. Aljibe	12. Azuda	22. Bomba hidráulica	28. Acequia	32. Canal de navegación	37. Batán	42. Baño público	49. Partidor	52. Albarradón	58. Canal de desagüe
		3. Arca de agua	13. Aguada	23. Cigüeñal	29. Bajada de agua	33. Muelle o embarcadero	38. Molino	43. Temazcal	50. Pila	53. Dique	59. Drenaje, atajo abierto
		4. Balsa	14. Arca de agua	24. Coclea	30. Castillo de agua	34. Puerto	39. Trapiche	44. Bañadero de caballos		54. Calzada dique	60. Drenaje profundo
		5. Caja de agua	15. Depósito	25. Noria		35. Esclusa	40. Sistema de regadío	45. Lavadero público		55. Faro	
		6. Chultun	16. Estanque	26. Tornillo de Arquímedes				46. Letrina		56. Zanja	
		7. Galería filtrante	17. Papalote					47. Meadero			
		8. Cisterna	18. Piscina								
		9. Jagüey	19. Presa								
		10. Pozo	20. Tanque elevado								

Figura 34. Cuadro arquitectura hidráulica.

código genético que está determinada por dos figuras elementales: el círculo y el cuadrado.

A fin de determinar la síntesis geométrica de plantas y alzados de las construcciones vinculadas con el agua se puede utilizar la *vesica piscis* como patrón para su trazo, ya sea a partir de la subdivisión de una vara en medias, tercias, cuartas sextas y ochavas de las *datas* en las medidas de agua, del cuadrado geométrico, de la elaboración de un nivel ordinario, de la rueda hidráulica o del tornillo de Arquímedes, entre otras aplicaciones.

El conocimiento del patrón geométrico generado por la intersección de dos círculos y su uso como principio para derivar figuras básicas (círculo y cuadrado) nos conduce a cuatro maneras de entender “la cuadratura del círculo”. Con el mismo principio de la intersección de dos círculos de

radios iguales se puede lograr un cuadrado: pasando por sus esquinas dos líneas diagonales se forman cuatro triángulos iguales, y uniendo las intersecciones de los ejes vertical y horizontal con el cuadrado se construirá otro; mismo principio que tiene el *K'annamayte*, por la mitad del área del cuadrado base. Esta propuesta servirá para aumentar o disminuir proporcionalmente el área de un cuadrado. Si se gira 45 grados, obtendremos un octágono.

Entre algunos ejemplos de plantas arquitectónicas de soluciones que nos impresionan están el Pocito y la Fuente de Tochimilco; las de los acueductos de Santa Fe y Chapultepec, que surtían de agua potable a la ciudad de México, o los de Zempoala, Acámbaro, Querétaro, Zacatecas, Chihuahua, Morelia y tantos otros; además de los dos san-

---

tuarios para la ciudad de México, el de Guadalupe y el de los Remedios.

La red de acequias para el control aduanal, con el “faro” del Peñón de los Baños; plantas de norias como las de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí y Yucatán son ejemplos de cómo pasar de un círculo a un cuadrado, a un hexágono, o de un cuadrado a un octágono y de un pentágono a un decágono.

Respecto a pilas, aljibes o cisternas, molinos y batanes, no hay más que analizar los restos de sus plantas para darnos cuenta del uso del seis y el diez como números perfectos, y de que vemos matrices resumidas a círculos y cuadrados.

#### *Síntesis geométrica*

El objetivo de la propuesta es el conocimiento y aplicación de la *vesica piscis*<sup>57</sup> a las soluciones de la arquitectura vinculadas con el agua, ya que al considerarla como la matriz de todas las figuras geométricas será el patrón por excelencia, pudiéndose utilizar en el trazo de la subdivisión de la vara, de las datas en las medidas de aguas, del cuadrado geométrico, de la construcción de un nivel ordinario, de la rueda hidráulica y el tornillo de Arquímedes.

Como inicio de búsqueda de esa síntesis empezamos por citar cómo se construye: “Se marca un centro, con una abertura unitaria en el compás, se traza un círculo. Con ese mismo radio y con centro en un punto de la circunferencia, se traza otro círculo; este segundo círculo es como una emanación original”.<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Apud César González Ochoa, *Música congelada. Mito, número, geometría*, México, Ubarí, 2003, pp. 49 y 55. La *vesica piscis* se define como el espacio compartido por la intersección de dos círculos con un mismo diámetro, así como ser el lugar común donde nacen las formas geométricas. Los dibujos y el diseño gráfico de las láminas fueron elaborados por Arturo Acosta Cruz.

<sup>58</sup> *Ibidem*, p. 49.

Del conocimiento del patrón geométrico generado de la intersección de dos círculos y teniéndolo de principio, derivado éste a figuras básicas (círculo y cuadrado), deducimos la existencia de cuatro maneras de entender “la cuadratura del círculo”: círculo inscrito dentro de un cuadrado, cuadrado inscrito dentro de un círculo, perímetro del círculo igual al perímetro de un cuadrado y área del círculo igual al área de un cuadrado.

Con el mismo principio (intersección de dos círculos de radios iguales) se puede lograr construir un cuadrado; pasando por sus esquinas dos líneas diagonales se forman cuatro triángulos iguales, y uniendo las intersecciones de los ejes vertical y horizontal con el cuadrado se construirá otro cuadrado, pero de la mitad del área del cuadrado base; esta propuesta servirá para aumentar o disminuir proporcionalmente el área de un cuadrado. Si se gira 45 grados, obtendremos un octágono.

Para destacar los patrones, a continuación se muestra en ocho pasos la síntesis geométrica de la subdivisión y trazo de la vara (figura 39); buey de agua (figura 43); cuadrado geométrico (figura 44); nivel ordinario y rueda hidráulica, y tornillo de Arquímedes (figura 46).

#### *Síntesis geométrica de la vara*

*Paso uno.* La obtención de la *vesica piscis* se logra construyendo un círculo que tenga la escala de 100 cordeles de diámetro entre los centros F-G; se coloca la punta del compás en la letra F, y con una abertura G trazar un arco de círculo que interseque la línea horizontal (perpendicular a la FG). El paso se repite en las otras tres intersecciones.

*Paso dos.* La *vesica piscis* también se puede lograr determinando un centro y una apertura del compás con una dimensión establecida de 50 cordeles de radio; se traza el círculo. Con el mismo radio y tomando como centro cualquier punto de la circunferencia,

se traza otro círculo. Con la unión de una recta en la intersección vertical y horizontal de los círculos se define la línea F-G, así como una recta perpendicular a ésta; su cruce será el centro del nuevo círculo. Formar un cuadrado que lo contenga pasando líneas paralelas a la recta H-I por F y G; asimismo, pasar una recta paralela a F-G por H y por I. Sobre el círculo, en cualquiera de los dos cruces de la horizontal, pasar el radio (50 cordeles) dividiéndolo en seis partes, eligiendo con una separación de cada dos o tres de éstos, y uniéndolos obtendremos un triángulo equilátero.

*Paso tres.* Conocida la dimensión del cuadrado y de las rectas vertical y horizontal, trazar dos diagonales que pasen por el centro y unan sus esquinas. Construir —a partir de los cuatro puntos obtenidos por su intersección vertical y horizontal— un cuadrado girado a 45 grados (será en área la mitad del cuadrado base) con la intersección de las diagonales y el cuadrado girado. Obtendremos otros cuatro puntos que, al unirlos, formarán un cuadrado que será la cuarta parte en área del cuadrado fundamental.

*Paso cuatro.* Determinar documentalmente, y a partir de la recta F-G que sirve como eje de simetría, la subdivisión del cuadrado. La del lado izquierdo es la sugerida por Platón en la versión del Vitruvio de Lázaro de Velasco, y la del lado derecho la determinada por Juanelo Turriano.

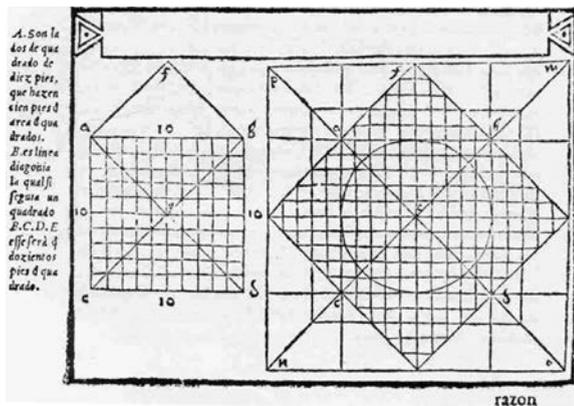


Figura 35. Del Libro Nono, capítulo primero, Invención de Platón para medir el campo. Vitruvio Pollion, *Los X Libros de Architectura*, ed. cit., f. 16v.

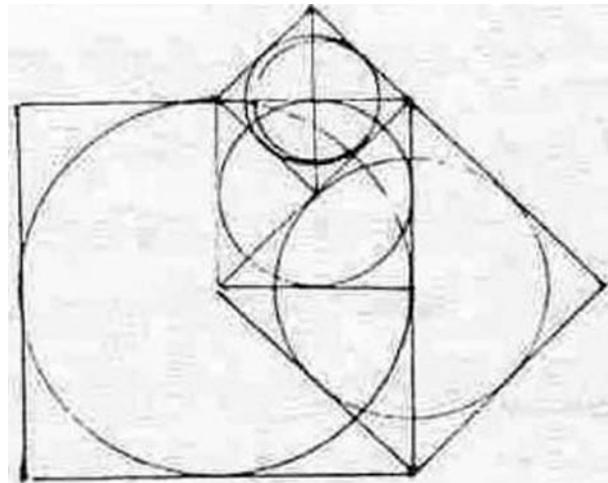


Figura 36. Subdivisión del cuadrado y la inscripción de un círculo para medir terrenos. Marco Vitruvio, *Los X Libros de la Arquitectura*, ed. cit., Libro XIII, f. 344v.

*Paso cinco.* Construir un octágono. El cuadrado base se debe inscribir en un círculo, donde la línea F-G y la horizontal se crucen con dicho círculo; si unimos esos puntos obtendremos un cuadrado semejante, pero girado 45 grados. Si unimos con una recta los puntos que conforman las aristas de los dos cuadrados, obtendremos la figura de un octágono.

*Paso seis.* Dividir una recta (C-G) en tres partes con la dimensión conocida, pudiendo obtener un cuadrado que tenga la dimensión de  $\frac{2}{3}$  y de  $\frac{1}{3}$  del cuadrado base. Partiendo de la dimensión del diámetro, construir un triángulo equilátero y un hexágono.

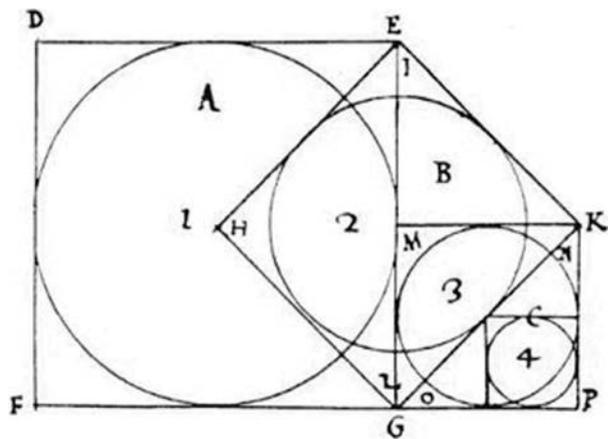
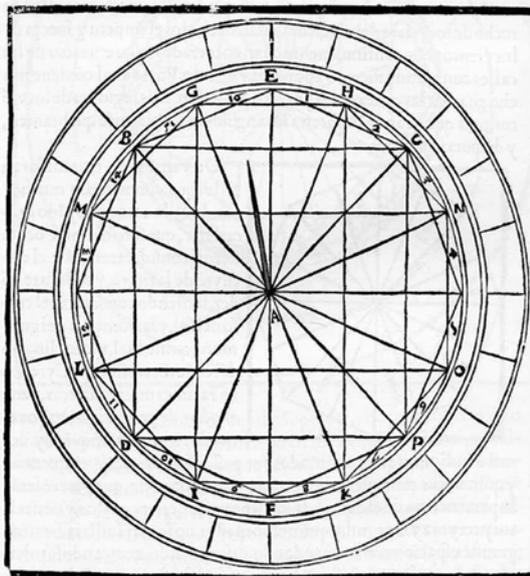


Figura 37. Subdivisión del cuadrado para obtener una rueda hidráulica, en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ed. cit., Libro nono, caps. Primero y Segundo.

En medio de la area, o sitio de la ciudad se ponga a nivel labrado y polido vn amuso, q̄ es, y se ha de hazer de marmol, o de otra piedra, a modo de vn pedestal, y sobre el centro del, que ha de ser redondo, se poga vna aguja de bronce, o de hierro, que sea demonstracion de la sombra, la qual llaman los Griegos Sciothiras, la sombra deste **gnomó**, o aguja se tome poco mas, o menos antes de la hora quinta antes de medio dia de fuera de la aguja, y hase de señalar con vn punto. Despues traygase vn cópas hasta

hasta el punto que señala lo largo de la sombra del gnomon, y desde el centro por el se eche vna linea redonda. Tendrase tambien cuenta có la sombra deste gnomon, que crece despues del medio dia, y quando toca e la sombra a la linea del circulo, y la hiziere yqual a la sombra de antes de medio dia con la sombra de despues de medio dia, señalese có vn punto. De estas dos señales el circulo repartido en partes, y por ordẽ la linea se trayra al medio y fin, para que la region del medio dia, y del septentrion sean conosciadas.



A. sombra de antes de medio dia.  
B. sombra despues de medio dia.  
C. instrumento para tomar la hora.

Figura 38. Descripción del Gnomón, en Libro Primero, Capítulo Sexto, de Vitruvio Pollion, *Los X Libros de Architectura*, ed. cit., f. 16v y 17r.

*Paso siete.* Partiendo de la dimensión de 1 104 varas (caballería de tierra) que equivalen a dividir ese cuadrado en  $1/4$ , lo que da 552 varas (suerte de tierra), y ésta a su vez en  $1/16$  o 272 varas, en  $1/64$  que da 138 varas (cuadra mayor para villa o ciudad), y en  $1/256$ , lo que da 69 varas, que es una medida o cordel para medir los lados de una caballería de tierra.

*Paso ocho.* Con el auxilio de la división de la línea horizontal (diámetro), levantar líneas verticales que crucen el círculo, y con esas intersecciones construir tres cartabones. La figura es el resumen de la cuadratura del círculo y de la subdivisión del cuadrado.

#### Vesica piscis y trazo de datas

*Paso uno.* Construir la *vesica piscis* circunscribiendo un círculo con dimensión de una vara entre los centros F-G.

*Paso dos.* A partir de esta base geométrica, construir un cuadrado que tenga por cada lado la dimensión de una vara, y de las intersecciones de la *vesica piscis* horizontal y la vertical obtener el radio para construir un círculo con un área semejante a la del cuadrado.

*Paso tres.* Conocida la dimensión del cuadrado y de las rectas vertical y horizontal que pasan por su centro, construir a partir de su intersección un cuadrado que sea la mitad en área (figura 40).

*Paso cuatro.* Determinar a partir de la recta F-G que sirve como eje de simetría la subdivisión del cuadrado sugerida supuestamente por Platón en la versión del Vitruvio de Lázaro de Velasco (figura 41) y la determinada por Juanelo Turriano (figura 42).

*Paso cinco.* Subdividir el cuadrado por medio de la *vesica piscis*. Los círculos (con línea punteada)

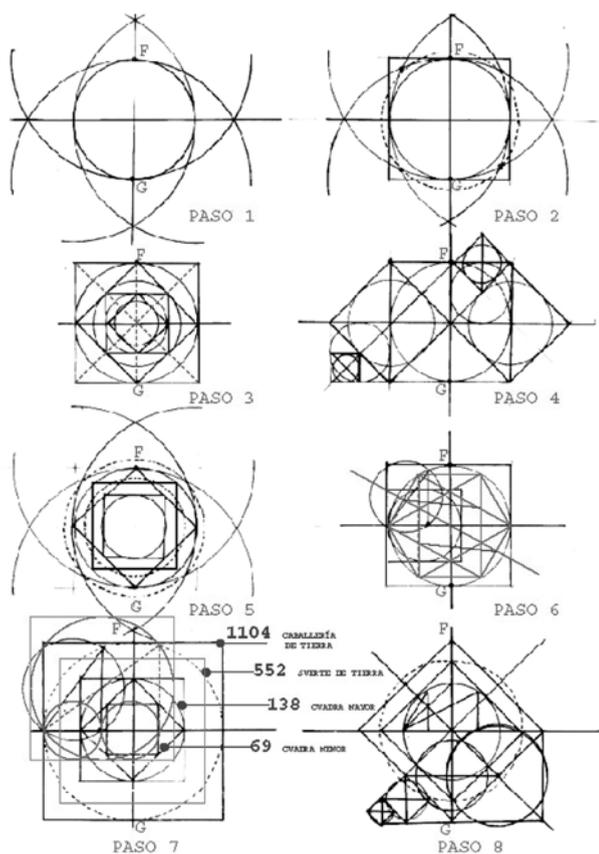


Figura 39. Síntesis geométrica de la vara, sitio de ganado mayor y caballería de tierra.

corresponden a su equivalente en área de los cuadrados correspondientes.

*Paso seis.* Dividir un cuadrado de una dimensión conocida (recta C-G) y en  $1/3$  del área de la figura base con el auxilio de un círculo inscrito.

*Paso siete.* Partiendo de la dimensión de un surco (48a. parte de una vara), dividir ese cuadrado en su tercera parte a partir de un círculo inscrito para obtener la medida de una naranja, y de ésta hacer dos subdivisiones del área de ese cuadrado para deducir el área de un limón.

*Paso ocho.* De la dimensión conocida por la recta F-G y de establecer la cuadratura del círculo para obtener la misma área que la del cuadrado base, las *Ordenanzas de Sevilla* aplicadas

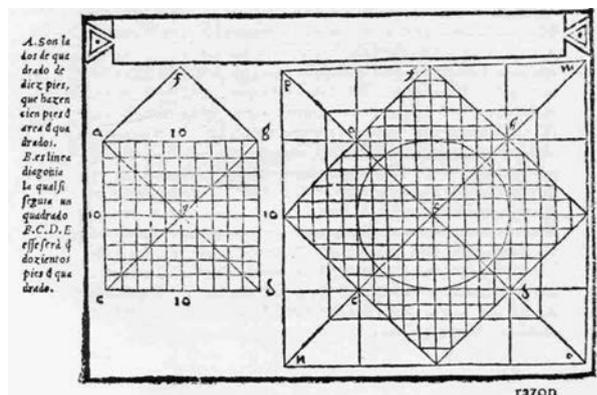


Figura 40. Vitruvio Pollion, *Los X Libros de Architectura*, ed. cit., Libro Nono, capítulo primero, Invención de Platón para medir el campo.

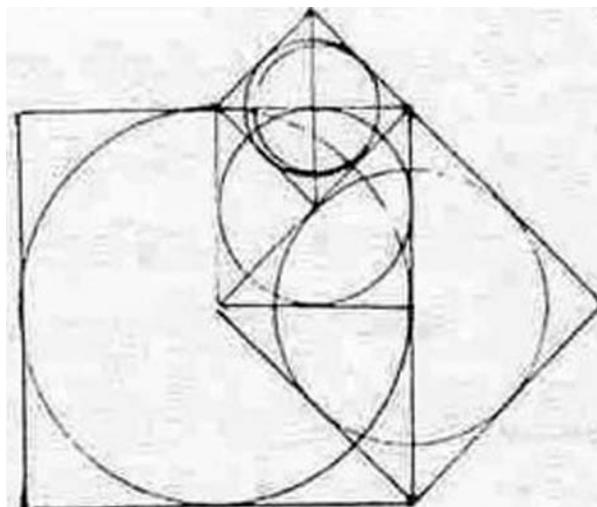


Figura 41. Subdivisión del cuadrado y la inscripción de un círculo. Marco Vitruvio, *Los X Libros de la Arquitectura*, ed. cit., Libro nono, capítulos primero y segundo.

al caño de Carmona nos muestran un magnífico resumen de la síntesis geométrica; lo que hemos hecho en el croquis es seguir los pasos lógicos para reducir el equivalente de lo que es una vara por una vara “buey de agua” a 16 cuartas o “surcos” de los surcos, reduciendo en terceras partes esa dimensión para obtener naranjas, y de esta medida reduciendo dos veces esa área cuadrada obtuvimos limones, reales o el equivalente a dos dedos. A las subdivisiones del cuadrado de una dimensión conocida, dibujar sobreponiendo los círculos de áreas semejantes a las de los cuadrados correspondientes.

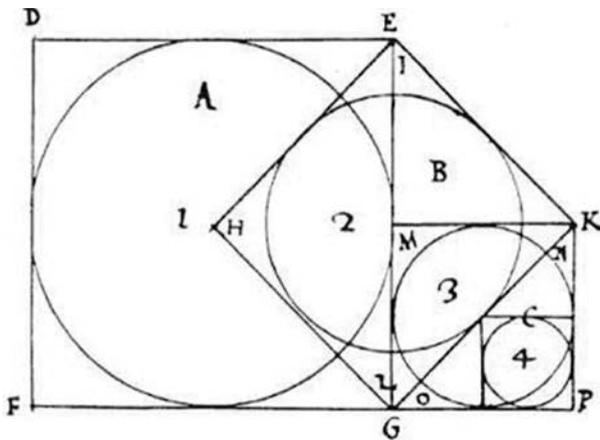


Figura 42. Subdivisión del cuadrado y la inscripción de un círculo para obtener la proporción de una rueda hidráulica. *Los Veintidós Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ed. cit., Libro 13, f. 344v.

### Vesica piscis y trazo de un nivel

*Paso uno.* Determinar el punto F y apoyar el compás con una dimensión de 10 pies de radio y trazar una circunferencia.

*Paso dos.* Por el punto F pasar una vertical, y donde corte al círculo tendrá el punto G; con la misma dimensión del compás hacer centro en G y trazar otro círculo con la unión de la recta F-G; la intersección de los dos círculos definirá la *vesica piscis*.

*Paso tres.* Por el punto F trazar una recta que corte al círculo y será el diámetro de la figura F; por ese mismo punto prolongar la recta G-F hasta que corte el círculo de centro F.

*Paso cuatro.* Unir las intersecciones verticales y horizontales que pasan por F y G; tomando como referencia los puntos de intersección unirlas para formar un cuadrado. Unir los puntos A-I, I-G, G-H y H-A, con los que se inscribirá un cuadrado en el círculo F.

*Paso cinco.* Dividir la recta F-G en 10 (pies) partes iguales. Haciendo centro en G, trazar círculos concéntricos por cada una de las divisiones de la vertical, con las que se obtendrán 10 intersecciones de cada lado del eje F-G; éstas se referirán al punto A.

*Paso seis.* La intersección que forma la *vesica piscis* corresponde al trazo de la división "10-10", que unida horizontalmente constituye uno de los

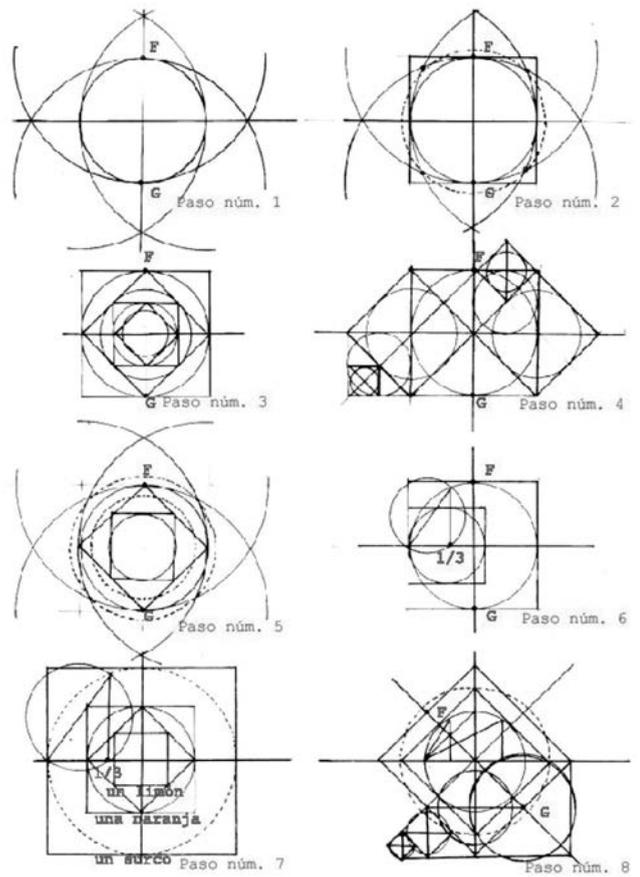


Figura 43. *Vesica piscis* y trazo de datos.

tres lados de un "triángulo equilátero" cuando se une en A. Con la unión entre el punto A y las intersecciones de los círculos al círculo F, tendremos un señalamiento de 20 marcas.

*Paso siete.* Asimismo, la intersección "seis-seis", si la referimos verticalmente y donde intercepta con las rectas H-A y A-I tendremos la posición de la travesa, donde determinaremos las (20) divisiones.

*Paso ocho.* Trazar el "nivel de tranco" conforme a la sección de la madera utilizada y los ensambles correspondientes.

### Trazo de un cuadrado geométrico

*Paso uno.* Construir un círculo que tenga de radio una vara al unir con una recta los centros F-G. La

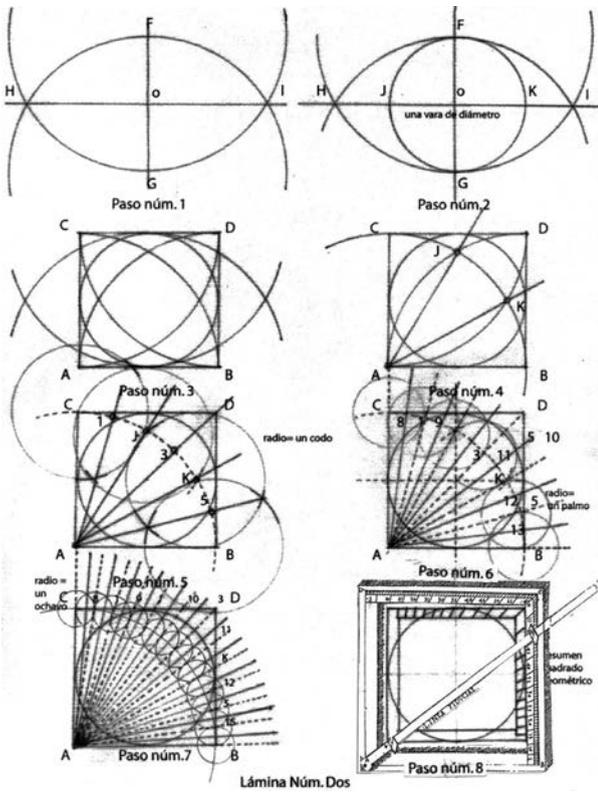


Figura 44. Trazo de un cuadrado geométrico.

*vesica piscis* se obtiene colocando la punta del compás en la letra F, y con una abertura G trazar un arco de círculo; asimismo, tomar como centro G con una abertura hasta F por las dos intersecciones de los círculos H-I; pasar una recta que será perpendicular a FG; donde se crucen tendremos el centro O.

*Paso dos.* Por el centro O trazar un círculo que tenga de radio media vara o un codo; al trazarlo veremos cómo la *vesica piscis* contiene un círculo de una vara de diámetro.

*Paso tres.* Pasar por los puntos F y G dos paralelas a la recta H-I; y teniendo J-K, pasar dos rectas paralelas a F-G; localizamos los puntos A, B, C y D, mismos que formarán un cuadrado que contenga al círculo antes trazado. También se pueden construir localizando los puntos A; trazar un cuarto de círculo que vaya de C a B en B, de A a D en C, de A a D en D, y de B a C.

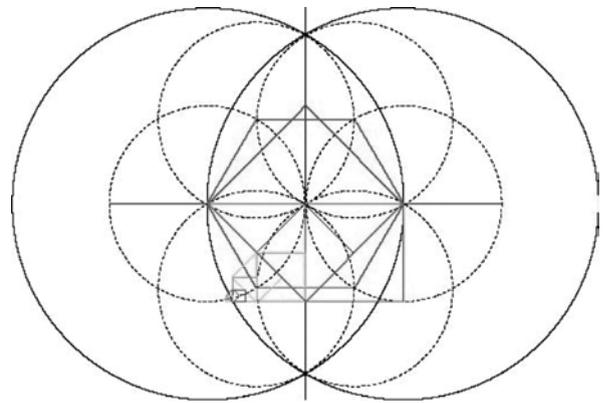


Figura 45. Trazo del hexágono a partir de la vesica piscis.

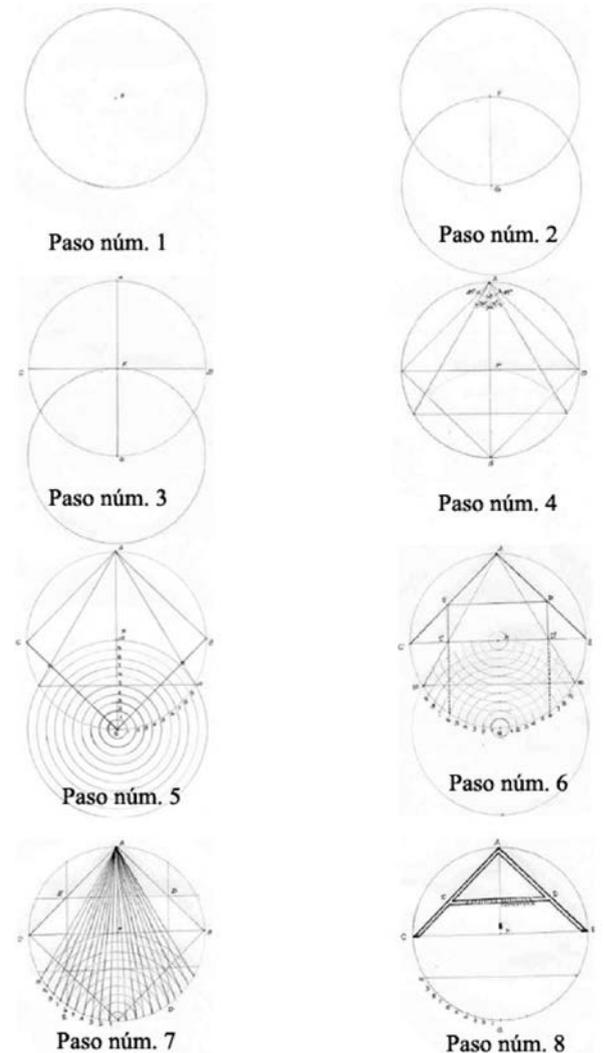


Figura 46. Vesica piscis y trazo de nivel.

*Paso cuatro.* Para obtener la trisección del ángulo recto formado por las rectas A-B y A-C: haciendo centro en A, se traza un arco de círculo de una vara de radio que pase por B y C, y luego haciendo centro en B y en C se trazan otros dos círculos con la misma dimensión de una vara de radio donde éstas se intersecten; obtendremos los puntos J y K.

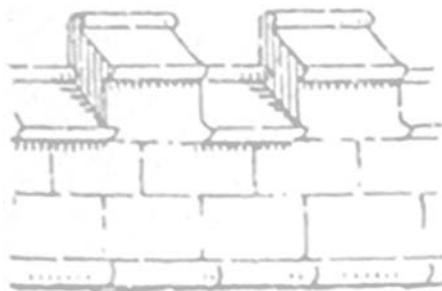
*Paso cinco.* Ya dividido el arco de círculo en tres partes, éste se puede subdividir en otras tres partes. Haciendo centro en B y con una apertura del compás de media vara (un codo) notamos que el círculo pasa por K; haciendo centro en K, trazando otro círculo con la misma apertura; notamos que el círculo toca a J y a D, donde se cruzan los dos círculos tenemos los puntos 5a y 5b. Con la punta del compás en C y con la apertura J se traza otro círculo, colocando la punta del compás en J y con la apertura C, notamos que el círculo pasa por C, por D y por K; en las intersecciones de estos dos últimos círculos obtenemos los puntos 1a y 1b. Las intersecciones de los círculos 3a y 3b tienen como

centros J y K. El arco de círculo C-B ha quedado dividido en seis partes.

*Paso seis.* La división de 12 partes del arco de círculo B-C se obtiene trazando círculos de una cuarta de vara (un palmo) colocando la punta del compás en los puntos B, 5, K, 3, J, 1 y C, de donde se obtienen las intersecciones 8a-8b, 9a-9b, 10a-10b, 11a-11b, 12a-12b y 13a-13b.

*Paso siete.* La división en 24 partes del arco de círculo B-C se logra construyendo círculos que tengan una octava parte de vara de diámetro (un ochavo), teniendo como centro los puntos B, 13, 5, 12, K, 11, 3, 10, J, 9, 1 y C. Donde se obtengan las intersecciones de los círculos, unirlos con una recta en el punto A; la recta C-D y la D-B quedarán divididas en 12 partes cada una.

*Paso ocho.* Construir un marco que tenga una dimensión de una vara por lado y de espesor una sexta parte de vara (una sesma), procurando sobreponer el diseño del cuadrado geométrico a la propuesta.



# Un vestigio acústico en el Carmen de San Ángel<sup>1</sup>

*A menos que el hombre los recuerde, los sonidos parecen.*

ISIDORO DE SEVILLA

**E**l objetivo del presente estudio es analizar un vestigio de adecuación acústica en un edificio de la orden del Carmen en San Ángel, a través de la búsqueda de los patrones que la constituyen, para dar las bases y contribuir a la constitución de una memoria y que por ignorancia no quede en el olvido. La hipótesis a probar es la intencionalidad en la creación de espacios acústicos en las soluciones de la arquitectura, ya que si no se consideran patrimonio, ya sea por desconocimiento, éstos tiendan a desaparecer sin percatarnos que alguna vez existieron. La exposición la hemos dividido en el seguimiento de la arquitectura, la música y la geometría como tres huellas. El vestigio de la solución y del arquitecto corresponden a la primera, el sonido vestigio de la música y el eco vestigio del sonido a la segunda, el seis vestigio de un número y el hexágono como vestigio corresponden a la última; establecer su relación ubicándolas en un espacio de tiempo y otro de lugar al localizar dónde se vinculan, es nuestra intención.

## **Primera huella: la arquitectura**

### *El vestigio de la solución*

El edificio pretexto de este análisis se localiza en lo que fue la huerta del ex convento del Carmen en San Ángel, en la ciudad de México; se le conoce popularmente como “cáma-

<sup>1</sup> El diseño de portada y de todos los dibujos elaborados con los programas Photoshop e Illustrator son de Irene Icaza García, así como la asistencia en la elaboración de las fotografías.

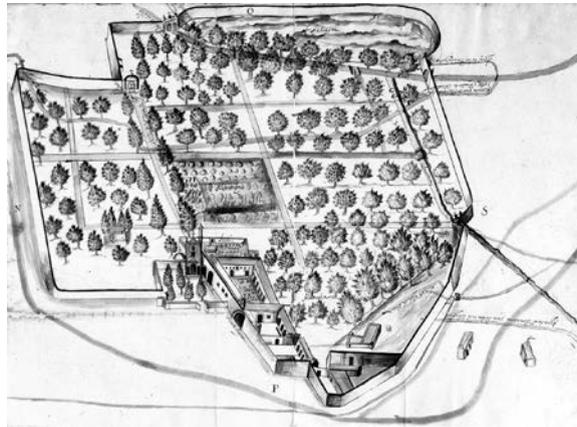


Figura 1. Plano del Colegio de San Ángel o Santa Ana y su huerta de 1684. Jaime Abundis Canales, *La huella Carmelita en San Ángel*, t. I, México, INAH, 2007, p. 463. Plano de 1684 del Archivo General del AGI y un detalle del Humilladero. Agradezco a este destacado investigador y amigo su conocimiento para el ejemplo desarrollado.

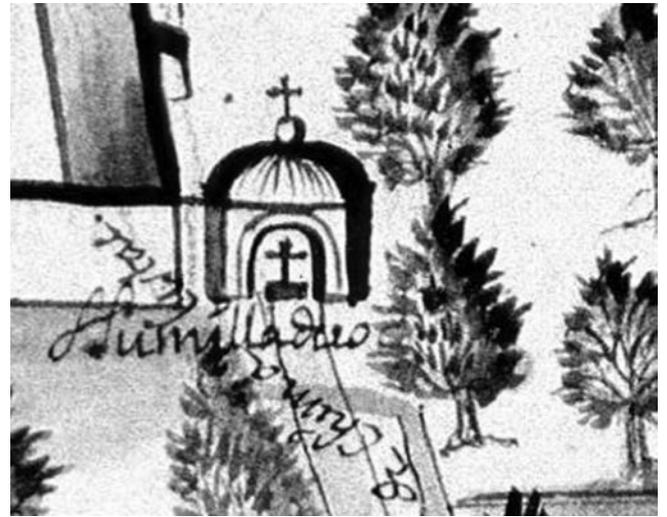


Figura 2. Detalle del Humilladero.

ra de los secretos”, mismo que despertó mi curiosidad dedicándome a probar si la solución era una casualidad o si existía una intención de manejo del espacio acústico. No fue posible encontrar para el uso buscado el nombre del edificio. La consulta de documentos que pudieran servirnos de testimonio nos condujo a las recreaciones espirituales,<sup>2</sup> que es como denominan la actividad.

Recurrimos a las descripciones que hacen de la solución materializada en este singular edificio tanto Fernández del Castillo como Jaime Abundis, con dos denominaciones diferentes (tabla 1).

<sup>2</sup> Fray Agustín de la Madre de Dios, *Tesoro escondido en el monte Carmelo mexicano*, versión paleográfica, introd. y notas de Eduardo Báez Macías, México, IIE-UNAM, 1986. El resalte de la palabra en color es nuestro: “Y aunque hay aquestos tiempos y lugares dedicados al silencio, no por eso se entiende que en los otros les es permitido hablar a nuestros religiosos, porque en ningún lugar ni en ningún tiempo pueden sin pedir licencia hablar despacio a nadie, aunque sea religioso el que lo quiere hacer [...] Guárdase esta virtud tan sin violencia que apenas se halla y aun cuando se juntan para hablar unos con otros (que llaman recreaciones) es menester a veces hacerse grande fuerza para abrir los candados a los labios; tiénelos tan cerrados al hablar porque se persuaden que guardan en el silencio un encendido tesoro, al cual estiman y aprecian más que todos los del mundo, como se ha visto muy bien en varias ocasiones”, pp. 49-50.

A partir de la visita al edificio, agregamos una denominación más, la de *ermita del secreto* tomada de una placa:

La llamada Ermita del Secreto aquí edificada, data de 1620, según proyecto de Fray Andrés de San Miguel, se dedicó a la virgen de los Dolores, a través del patronazgo para obras pías del militar Capitán Juan de Ortega y Baldavía, vecino de México, Caballero de la Orden de Santiago Mayor de este Reino de la Nueva España, según acta del 3 de Mayo de 1622.<sup>3</sup>

La toma de fotografías y de datos del propio edificio, y estableciendo por la dimensión del vano —usado como patrón— de la fachada principal, siguiendo unas sencillas reglas, me percaté de la existencia en su geometría de la presencia de una relación de proporción entre lo largo, ancho y alto del edificio.

### *El vestigio del arquitecto*

Habría que cuestionar los datos de la placa antes citada, de que si el proyecto es de Andrés de San

<sup>3</sup> La placa se localiza frente a la fachada que da al poniente del edificio en estudio, en el barrio de Chimalistac, en San Ángel.

**Tabla 1.**

<i>Cámara de los secretos<sup>a</sup></i>	<i>Cárcel de San Juan Clímaco<sup>b</sup></i>
<p>Esta cámara, en el centro de la huerta, es una pieza á modo de ermita con techos de bóveda esquilfada; las paredes, son dos macizas y dos abiertas en casi toda su extensión; en el centro de la cámara hay una enorme cruz; la construcción esta arreglada de tal suerte, que por un fenómeno curioso de acústica, hablando en uno de los ángulos contra la pared, en voz muy baja, en el ángulo diametralmente opuesto se oye distintamente cuando se dice, sin que las personas colocadas en cualquier punto de la pieza lo oigan.</p>	<p>Se trata de una cámara cubierta con bóveda cohesiva y abierta por medio de arcos elípticos hacia el oriente y el poniente; los muros norte y sur están cegados aunque también acusan un arco de geometría similar por el interior y poseen una banca corrida en la parte baja; una cruz de madera sobre un pedestal de mampostería de tres peldaños ocupa el centro del espacio cubierto. Tiene varios contrafuertes y arcos botareles por el exterior. Las fotografías antiguas de esta cámara muestran un elemento en mampostería sobre el muro norte, que podría corresponder a la base de la espadaña; dicho elemento ha desaparecido del todo.</p>

<sup>a</sup> Francisco Fernández del Castillo, *Apuntes para la historia de San Ángel y sus alrededores*, México, Porrúa (Biblioteca Porrúa, 88), 1987, p. 85.

<sup>b</sup> Jaime Abundis Canales, *La huella Carmelita en San Ángel*, t. I, México, INAH, 2007, p. 1082. Este autor destaca que la denominación de “Cámara de los secretos” para este edificio no es la correcta y que debería llamársele “Cárcel (celda) de san Juan Clímaco”. En 1586, la existencia de una solución en el convento de Nuestra señora de los Remedios en Puebla para la penitencia de frailes y novicios así la justifica. Un plano de 1684 denomina a esta solución “Humilladero”, pp. 1081-1082.

Miguel y de si fue edificada en 1620, así como de si el edificio es una ermita; desconozco el acta mencionada donde se obtuvieron los datos, pero no dejen de ser de suma importancia los datos contenidos en ella, ya que nos facilita el seguimiento del vestigio del arquitecto. El poder tener la certeza de que Andrés de San Miguel es el autor del proyecto

del edificio en estudio, da la oportunidad de que enfoquemos nuestra atención en este singular personaje, pero sobre todo el dominio del oficio, no sólo para corroborar lo que escribe con lo que hace, y en el caso de no ser esto verdad, nos proporcionó la oportunidad de otra lectura a sus “Obras” y darle el lugar que se merece.



Figura 3. Fachada que da al poniente de la “cámara de los secretos”. Fotografía de Leonardo Zaldivar Icaza.

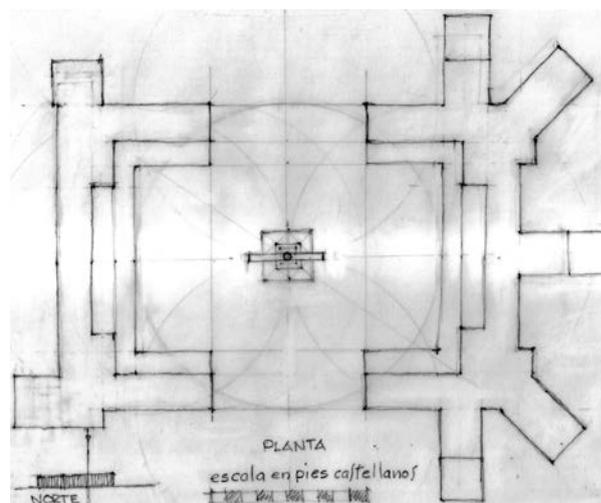


Figura 4. Planta “cámara de los secretos”, escala 10 pies.

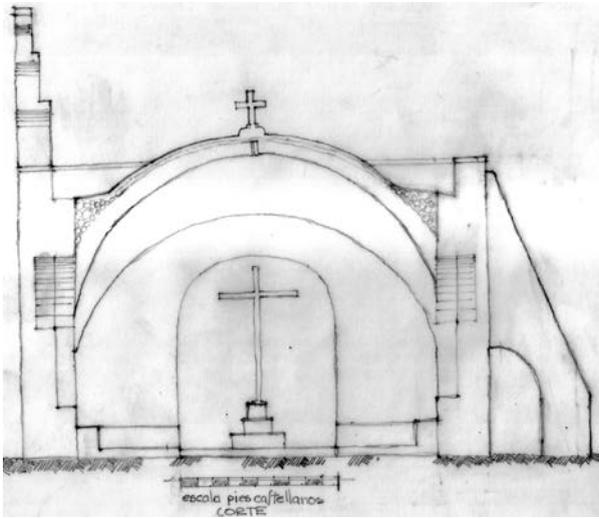


Figura 5. Corte "cámara de los secretos", patrón 10 pies.

Regresemos a la orden del Carmen, ahora refiriéndonos al autor del edificio como alarife arquitecto que toma la responsabilidad de seguir las reglas y constituciones, materializándolas en los edificios como el de la "cámara de los secretos", no sólo en sugerir y elegir el sitio, su traza, su construcción y su acondicionamiento a la actividad y el medio para evitar el ruido o la de inducir el sonido.

Al averiguar qué conocimiento sobre acústica debía poseer un arquitecto, nos percatamos de que al tratar sobre las matemáticas Andrés de San Miguel nos dice que se componen de geometría, aritmética, música y astrología, y —como ya lo había notado Báez Macías— "al entrar en materia con cada una de ellas se olvida de la música y la sustituye por la perspectiva";<sup>4</sup> regresamos al Vitruvio, sabiendo que también era su fuente para darnos una idea de cómo se vinculaba el conocimiento de la disciplina de la música con el especialista (figura 6).

Por lo planteado en la figura 6, la conveniencia para ser un buen arquitecto en el sentido amplio y de dominio del oficio, éste debe saber de música al

Mas aquellos a quien la natura proueyo tanto de diligencia, y de delicado ingenio, y de memoria, que puedan tener conocimiento de la geometria, y astrologia, y musica, y de todas las otras sciencias, estos tales passan de architectos, y son hechos mathematicos, asy que facilmente estos tales podrá disputar contra estas cosas, porq[ue] estan proueydos de muchas armas de sciencias.

Figura 6. Fragmento del Libro I, Capítulo primero, *Que cosa es Architectura, y del enseñar del architecto*. M. Vitruvio Polion *De Architectura*, dividido en diez libros, traducidos del latín en castellano por Miguel de Urrea, España, Impreso en Alcalá de Henares, por Juan Gracián, año MDLXXXII (1582), f. 9r.

momento de diseñar y construir instrumentos que sirvan tanto para la guerra como para acondicionar espacios acústicos. En los primeros, *Vallestas*, *Catapultas* y *Efcorpiones* con el tensado de alguno de sus elementos, debe producir un sonido a conformidad del oído del artifice, y no digamos de los segundos, *Teatros* con la integración de vasos resonadores *Echeia* y la localización de ollas acústicas, al tiempo de proyectarlos y trazarlos, ésta quizá sea considerada en el manejo y control acústico la aplicación más puntual de la disciplina.

De los cuatro componentes de las matemáticas herencia de la antigüedad clásica, y que pasando por la Edad Media se utilizaban en el siglo xvii, la música dentro de este grupo tal vez parezca encontrarse en extraña compañía de acuerdo con Crosby, más su influencia como "fenómeno físicamente medible que se mueve a través del tiempo y la relación de las matemáticas con la realidad es esta: la música era el único de los cuatro componentes del cuadrivio en el cual la medición podía aplicarse de forma práctica y directa".<sup>5</sup>

Con esa característica tan notable de la música de que se podía medir, no parece tan ajena la relación que establece Vitruvio entre música y astrología; crea su atadura con el seis como número y el hexágono como geometría.

<sup>4</sup> Fray Agustín de la Madre de Dios, *op. cit.*, p. 64.

<sup>5</sup> Alfred W. Crosby, *La medida de la realidad. La cuantificación y la sociedad occidental, 1250-1600*, trad. al castellano de Jordi Beltrán, Barcelona, Crítica/Grijalbo/Mondadori, 1988, pp. 118-126.

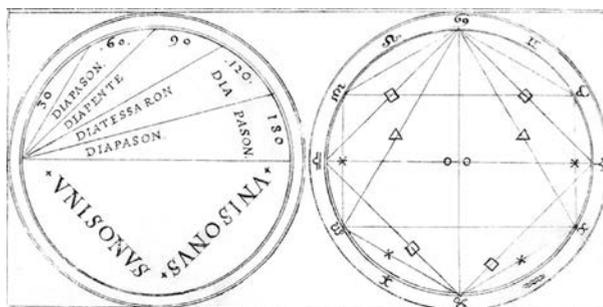


Figura 7. Comparación de un mismo principio geométrico entre dos disciplinas: música y astrología, escalas para la primera, signos del zodiaco para la segunda. Vitruvio Lázaro de Velasco. Marco Vitruvio Polion, *Los X Libros de Arquitectura*, según la traducción al castellano de Lázaro de Velasco, estudio y transcripción de Javier Pizarro y Pilar Mogallón Cano-Cortés, Cáceres, Cicon, 1999.

La presencia en el trazo de la izquierda de la figura 7 con un semicírculo dividido en seis partes con anotaciones de diapasón, diapente y diatesarón, mismas que relacionan con denominaciones de dupla, tripla, cuádrupla, sexquiáltera y sexquitercia, pertenecientes a una notación de proporción geométrica. El círculo de la derecha dividido en 12 partes está formado por tres figuras geométricas: un triángulo equilátero, un cuadrado girado 45 grados y un hexágono, mismas que definen los 12 puntos del zodiaco; presentamos a continuación una síntesis de lo antes expresado, donde pasamos de una definición escrita a una gráfica.

La consulta de la versión del Vitruvio de Miguel de Urrea nos pudo aún más aclarar gráficamente la relación de proporciones entre estas dos disciplinas, por lo que presentamos la lámina de la versión facsimilar (figura 8) y la otra de una interpretación a la que se le ha añadido una relación numérica (figura 9).

El ejemplo seleccionado de solución acústica del siglo XVII en Nueva España pertenece a la tradición de la comunidad carmelita, por lo que es imprescindible conocer, por un lado, las reglas que la constituyen y, por otro lado, a los especialistas que las pueden materializar en tanto el ejercicio de actividades espirituales y temporales a las que se comprometen con sus votos. Los tres votos fun-

T. signifi-  
ca tono.  
H. semito  
no.  
A. dyate  
saron.  
B. dyapēte  
C. dyapaf-  
son.  
D. dyapaf-  
son y dyate-  
saron.  
E. dyapaf-  
son, y dyate-  
pente.  
F. dos ue-  
ces dyapaf-  
son.

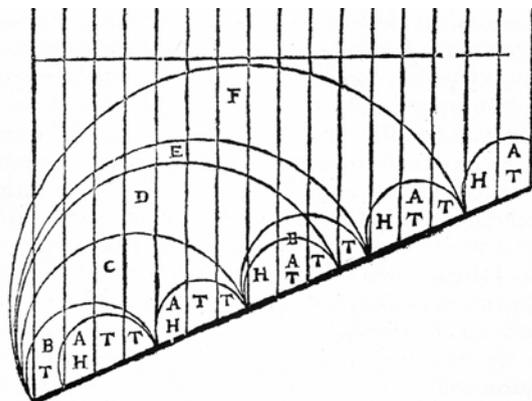


Figura 8. Dibujo donde se señalan las escalas o proporciones de los tonos y semitonos. M. Vitruvio Polion, de Miguel de Urrea, *op. cit.*, f. 66 v.

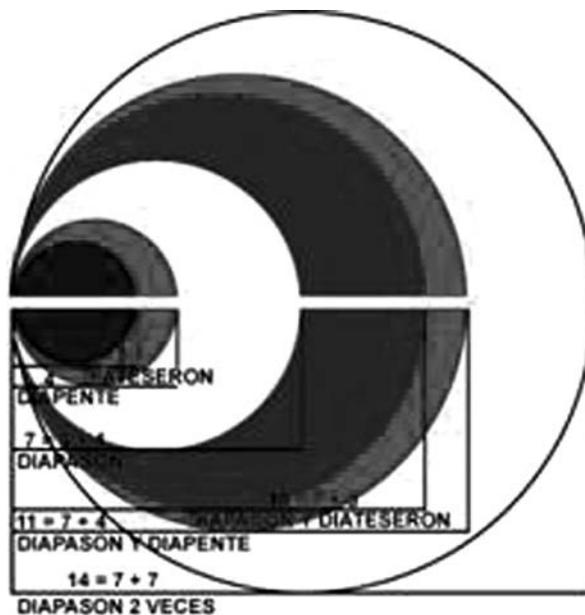


Figura 9. Dibujo donde se señala la relación numérica del diatesarón, diapente y diapason.

damentales (obediencia, castidad y pobreza), así como la vigilia, el silencio, la modestia y la perpetua mortificación, se manifestarán en ejercicios de oración continua, rezo de oficios divinos, decimas (práctica de la retórica), así como escucharlas, exámenes de conciencia y por último las denominadas recreaciones.

La relación entre actividades espirituales, temporales y soluciones, sobre todo los espacios de la arquitectura, para poder llevarlos a cabo en la pre-

---

paración y educación de los miembros de la orden en el siglo XVII en cuanto a lo espiritual; de lo temporal el diseño y construcción de sus edificios; el financiamiento y la producción estuvieron condicionadas a la fundación de seis provincias (San Elías, Espíritu Santo, San Ángel, San José, San Felipe y San Alberto) y a la creación de monasterios en cuatro tipologías:

Para lo dicho tenemos cuatro diferencias de casas. La primera es de aquellas en que se reciben y crían los novicios. La segunda, en que los recibidos a la profesión, fundados ya en virtudes, se les instruye en la ciencia y doctrina de las sagradas letras; y estas casas son los colegios donde principalmente se trata de estudios. En el tercer género de conventos se atiende al aprovechamiento espiritual de los religiosos y al bien de las almas de los prójimos. La cuarta diferencia de casas es de ermitaños, que es de aquellos que a imitación de nuestros padres Elías y Eliseo, se retiran algún tiempo al desierto, para volver con nuevas fuerzas espirituales a guardar con más fervor la disciplina regular y acudir al bien de los prójimos.<sup>6</sup>

## Segunda huella: la música

*La música es al tiempo  
lo que la geometría es al espacio.*

FRANCIS WARRAIN<sup>7</sup>

### *El sonido, vestigio de la música*

Ir tras la huella de un espacio acústico y elegir como problema “la cámara de los secretos” de San Ángel, implica que queden definidas y relacionadas las nociones de las que vamos a tratar.

Jearl Walker, al analizar físicamente la realización de una demostración y preguntarse ¿por qué

<sup>6</sup> Jaime Abundis Canales, *La huella Carmelita en San Ángel*, t. I, México, INAH, 2007, p. 1336.

<sup>7</sup> Matila C. Ghyka, *Filosofía y mística del número*, Barcelona, Apostrofe (Poseidón), 1998, p. 245.

el sonido permanece pegado a la pared?, proporciona una definición de sonido al decir:

En una sala circular, una voz o cualquier otro ruido hace que las moléculas de aire oscilen, provocando, a su vez, la oscilación de la presión del aire. Estas oscilaciones de la presión del aire constituyen lo que nosotros llamamos sonido, porque hacen que nuestro tímpano vibre.<sup>8</sup>

Josef Cohen clasifica al sonido de acuerdo con el tipo de transmisión de ondas, con lo que establece la diferencia entre tono y ruido: “El sonido es generado por una fuente que vibra y se transmite en forma de ondas a través de un medio acústico. Las ondas sinusoidales regulares son tonos; las ondas irregulares son ruidos”.<sup>9</sup>

Para entender al sonido hay que considerar un emisor o una fuente que vibra, un medio donde se pueda propagar y un receptor. Asimismo, por el tipo de ondas que se producen se clasifica en general en tonos y ruidos, y en lo particular en semitonos. Vitruvio ya ha señalado la relación de las proporciones entre consonancias y los planetas (signos del zodiaco), de la cual se han obtenido secuencias numéricas y geométricas usadas en el

<sup>8</sup> Jearl Walker, “Algunas ‘salas de los secretos’ se distinguen por reflejar el sonido, pero hay otras más intrigantes”, en *Investigación y Ciencia*, núm. 27, diciembre de 1978: “Las moléculas próximas a la pared no pueden moverse (ya que encuentran la pared en su camino), pero las que están más lejos sí lo pueden hacer. Cuando estas moléculas más alejadas se mueven en dirección a la pared durante su oscilación, aprisionan a las moléculas más cercanas a la misma, aumentando la presión del aire. Cuando las moléculas más alejadas se mueven distanciándose de la pared, se separan de las moléculas que están más próximas a dicha pared, rebajando la densidad y, como consecuencia, disminuyendo la presión. Por eso las variaciones de presión en la capa próxima a la pared son relativamente grandes”, p. 107.

<sup>9</sup> Josef Cohen, *Sensación y percepción auditiva y de los sentidos menores*, México, Trillas (Temas de Psicología, 2), 1983, p. 80. “El sonido se origina *siempre* en una fuente vibrante [...] El sonido *debe* ser transmitido desde la fuente hasta los oídos, a través de un medio acústico; si el medio falta, no hay sonido y no se produce ninguna sensación auditiva”, p. 10.

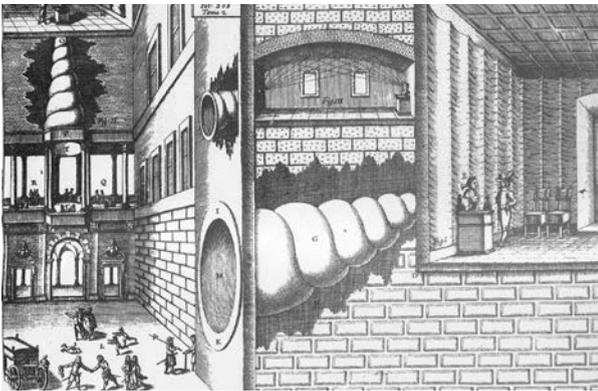


Figura 10. Diseño para un castillo "que oye", del tratado *Musurgia Universalis*, de Athanasius Kircher, Roma, 1650.

trazo y construcción de elementos que constituyen sistemas estructurales y de acabados, que son fundamento o principio necesarios en el logro de un medio acústico intencionado. "El sonido, en paredes rígidas y lisas, se refleja mejor que la luz en los espejos. Este es, por supuesto, el principio del eco, al cual llamaron los antiguos hebreos 'hija de la voz' ".<sup>10</sup>

### *El eco, huella del sonido*

Establecer analogías con otros autores nos llevó a relacionar el conocimiento de Andrés de San Miguel de los carmelitas con el de Athanasius Kircher de la Compañía de Jesús, cercanamente contemporáneo y quien experimentó y desarrolló la acústica. Una huella del sonido será el eco, principio fundamental para entender las soluciones a las que nos hemos comprometido analizar; la consulta de la obra *Musurgia Vniversalis* contiene dibujos muy didácticos acerca de sus investigaciones, y sobre todo los experimentos llevados a cabo; Josef Cohen nos dice:

<sup>10</sup> *Ibidem*, "Eco era la ninfa que se enamoró del bello Narciso. Se deshizo en lágrimas porque Narciso se amaba sólo a sí mismo y subsiste como una voz que responde a las pasiones de los demás", p. 17.

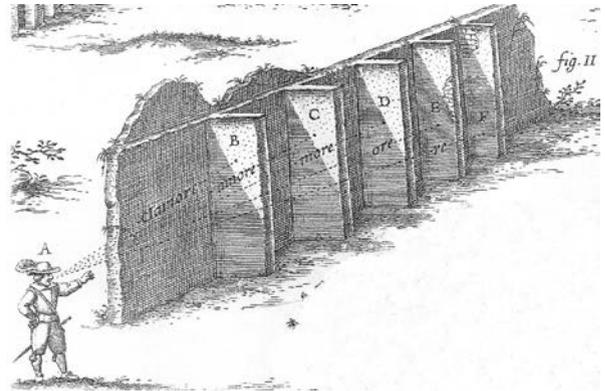


Figura 11. Dibujo del tratado de Athanasius Kircher donde se muestra el comportamiento de la voz con un emisor en un muro longitudinal y cinco paredes transversales para determinar el eco.

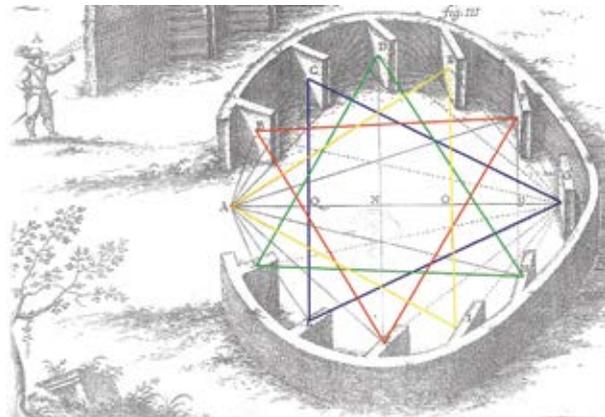


Figura 12. Dibujo de un recinto de forma circular, dividido en 12 partes desde un punto donde se focaliza la voz "A" y se ensayan las propiedades del eco.

El eco fue el objeto del famoso experimento de 1650 del padre Athanasius Kircher, que empleó cinco paralelas; el padre jesuita preguntó: *Tibi vero gratias, agan, quo clamore?* ["Por favor, decidme, ¿a qué se debe este ruido?"], y el eco heterofónico replicó: *clamore-amore-more-ore-re* ["El ruido es el lenguaje del amor"].<sup>11</sup>

Pero, ¿qué es una cámara de secretos?<sup>12</sup> Es una creación en tanto diseño y fábrica de espacios acús-

<sup>11</sup> Jozef Cohen, *op. cit.*, p. 10.

<sup>12</sup> No se ha localizado un nombre específico para estas tipologías dado por los carmelitas, nombres como "ermita de los secretos" de la placa antes citada; "humilladero" del plano de 1684; "cámara de los secretos"; véase Francisco Fernández del Castillo, *op. cit.*, p. 85. A otros espacios con un acondicionamiento acústico semejante en tanto principios se les han denominado "galerías susurrantes" por Jozef Cohen, *op. cit.*, p. 18, y "salas de los secretos" por Jearl Walker, *op. cit.*, p. 104.

**Tabla 2.<sup>a</sup>**

<i>Cubiertas</i>	<i>Apoyos corridos</i>
<p>En el tipo más simple, la superficie interior de la habitación tiene la forma de sección de una esfera o de un elipsoide.</p> <p>Cuando alguien se pone a hablar en el centro de curvatura de la esfera, las ondas sonoras emitidas se reflejan y vuelven a concentrarse hacia el individuo que habla, con sorprendente sonoridad. Si se trata de un elipsoide y el sujeto se sitúa en uno de los focos mientras que el oyente se coloca en el otro igual que antes la superficie curva refleja las ondas sonoras emitidas por el hablante, concentrándolas en el oyente, en esta ocasión situado en el segundo punto focal. En ambos tipos de estructura, un sonido puede cruzar un gran volumen de aire y seguir siendo audible debido a la reflexión simple y a la concentración en los focos.</p>	<p>El segundo tipo de “sala de los secretos” tiene también las paredes curvadas, pero su análisis implica una mayor dificultad, pues no exige la concentración del sonido en los focos. Cuando una persona emite un murmullo a lo largo de una de esas paredes circulares, el sonido se mantiene, de alguna manera, en una capa adyacente a la pared; se propaga a lo largo de la misma y puede ser oído por otra persona situada en cualquier punto de la circunferencia.</p>

<sup>a</sup> Jearl Walker, *op. cit.*

58 |

ticos formados por elementos y acabados de la arquitectura, *donde sonidos tenues recorren las paredes curvadas sobre distancias grandes*. Asimismo, lo que destaca Jearl Walker acerca de estos acondicionamientos es que:

La característica que las distingue de las demás salas es que en ellas cualquier sonido, aunque sea tan débil como un murmullo, recorre distancias muy superiores a las que dicho sonido recorrería sin la ayuda acústica que le presta la estructura de la estancia.<sup>13</sup>

Walker distingue por sus características de adecuación dos tipologías de estructuras para estas soluciones por sus cubiertas y apoyos corridos (tabla 2).

Las tipologías de estructuras antes mencionadas servirán para ejemplificar su aplicación en dos problemas concretos: la primera es la “cámara de

los secretos” del Carmen en San Ángel, México, y la otra la “sala de secretos” de la Catedral de San Pablo, en Londres.

Establecimos la relación 1 a 2, además de considerar a los vanos o arcos como el patrón de medida y trazo, de 10 castellanos (2.80 metros).<sup>14</sup> Localizamos el centro, pasando una vertical y una horizontal; apoyando la punta del compás en el centro construimos un círculo de diez 10 de radio; repetimos el círculo a derecha y a izquierda en la recta horizontal con la misma abertura del compás. En el círculo de enmedio construimos un hexágono, el que repetimos a la derecha y a la izquierda. Dentro de un rectángulo de 20 por 40 pies en el que quedó inscrito tanto el alzado como la planta.

<sup>14</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel*, introd., notas y versión paleográfica de Eduardo Báez Macías, México, IIE-UNAM, 1969. Para reforzar lo anterior, véase cómo se fabrica, pp. 223-224; la elección de 10 pies de radio para esta proporción y medida del instrumento puede dar las pistas de la dimensión y proporción del edificio.

<sup>13</sup> Jearl Walker, *op. cit.*, p. 104.



Figura 13. Interior de la "cámara de los secretos", vista de oriente a poniente. Fotografía de Leonardo Zaldívar Icaza.

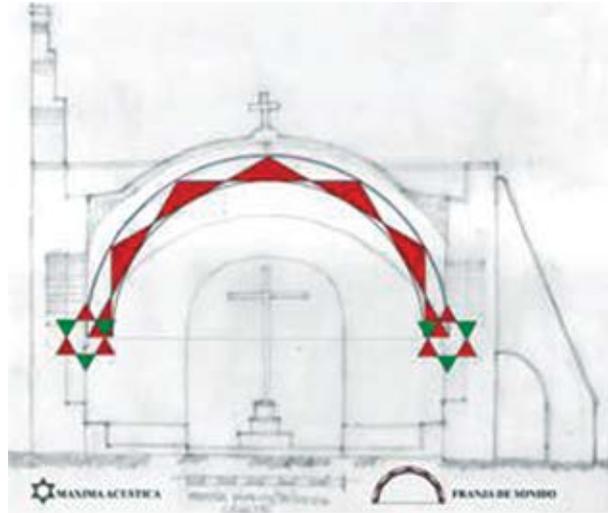


Figura 15. Croquis del corte de la "cámara de los secretos".

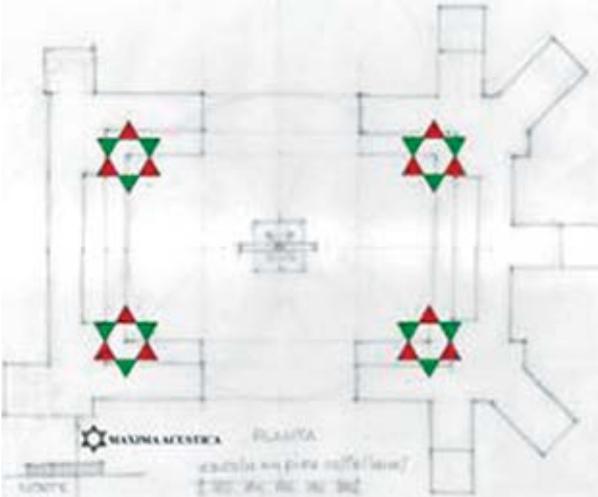


Figura 14. Croquis de la planta de la "cámara de los secretos".



Figura 16. Fotografía de la esquina interior suroeste de la "cámara de los secretos"; en donde se localiza el arranque de los arcos se observa el graffiti, que es la zona de máxima acústica. Fotografía de Leonardo Zaldívar Icaza .

De la segunda tipología y con ensayos de laboratorio se han obtenido resultados donde se relaciona la estructura ligeramente inclinada<sup>15</sup> respecto a una vertical. Más adelante veremos que eso no sólo obedece a una intención acústica, sino también a una mecánica, la calidad de los acabados con relación geométrica determinada por ubicación del emisor y receptor, encontrándose la franja de sonido por métodos matemáticos y geométricos.

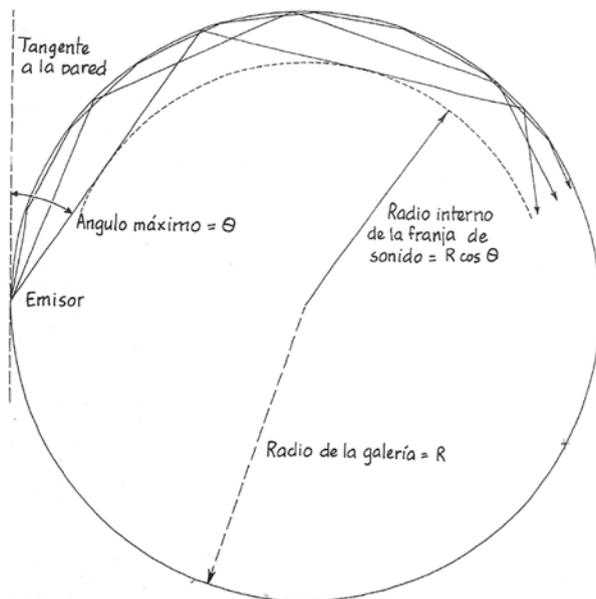
<sup>15</sup> Jearl Walker, *op. cit.*, "Mientras estaba en la galería noté que la pared no sólo estaba inclinada hacia dentro, sino que tenía además un gran borde en la parte alta", p. 109.

### Tercera huella: la geometría

#### *El seis, vestigio de número*

El número seis es considerado por los griegos como uno de los dos perfectos dentro de la década; el otro es el diez. Estudiados por sus características y propiedades místicas, aritméticas y geométricas. Pitágoras y su grupo los definieron por sus "partes alícuotas".<sup>16</sup>

<sup>16</sup> César González Ochoa, *Música congelada*, México, Ubari, 2003. Una parte alícuota de un número es un cociente del mismo número.



Modelo de rayo de Rayleigh para el efecto de la "sala de los secretos"

Figura 17. Resultados geométricos para el cálculo de la franja de sonido entre el radio de la galería y el radio de la franja de sonido. Jearl Walker, "Algunas 'salas de los secretos' se distinguen por reflejar el sonido, pero hay otras más intrigantes", en *Investigación y Ciencia*, núm. 27, Barcelona, Prensa Científica, diciembre de 1978, p. 108.

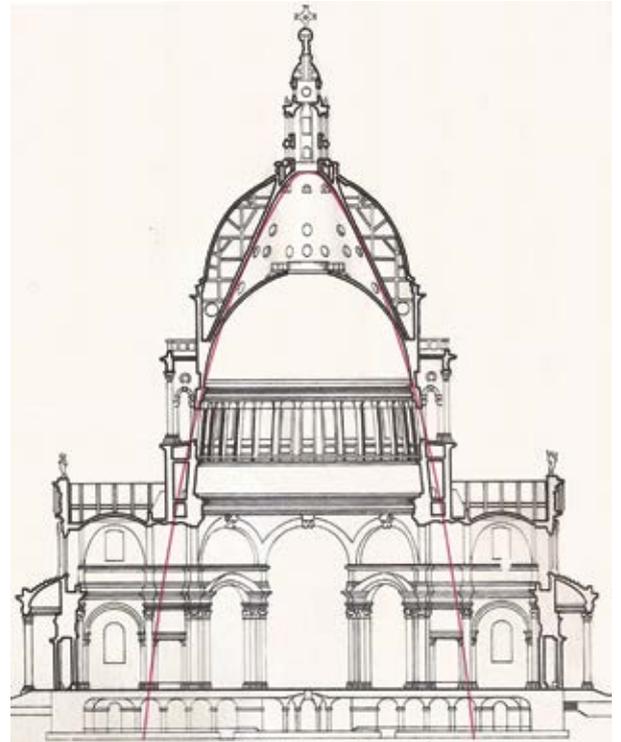
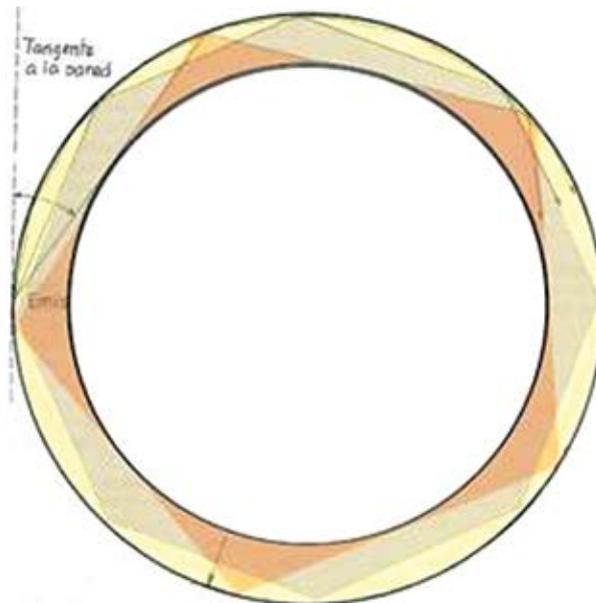


Figura 19. Sección transversal por el crucero de la Catedral de San Pablo. La línea roja es la catenaria donde se indican los esfuerzos de las cargas; la inclinación de los muros del arranque de la cubierta interior obedece a esa intención estructural. Harold Dorn y Robert Mark, "La arquitectura de Christopher Wren", en *Investigación y Ciencia*, núm. 60, Barcelona, Prensa Científica, septiembre de 1981, p. 89.



Modelo de rayo de Rayleigh para el efecto de la "sala de los secretos"

Figura 18. Franja de sonido donde se han inscrito un octógono y un pentágono siguiendo los trazos sugeridos.

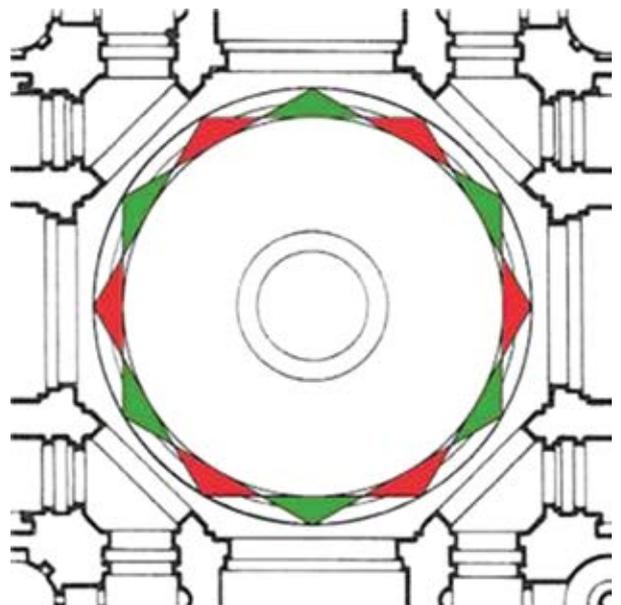


Figura 20. Detalle de la planta de la cubierta de la Catedral de San Pablo. Harold Dorn y Robert Mark, "La arquitectura de Christopher Wren", en *Investigación y Ciencia*, núm. 60, Barcelona, Prensa Científica, septiembre de 1981, p. 83. El dibujo de la estrella indica la franja de sonido obtenida de la geometría de un dodecágono.

Perfecto numero llamaron los antiguos al numero de diez, porq̄ de las manos se tomo el numero de diez dedos el palmo, y del palmo el pie, y porq̄ en los dos palmos de los artejos y coyútu- ras segú naturaleza ay numero perfecto de diez, así plugo a Platon, q̄ el numero de diez fuese numero perfecto, porq̄ de cosas singulares, q̄ cada vna dellas por si es vna, lasquales acerca de los Griegos se dizé monades, se perficiona el numero de diez, lasquales vnidades luego que se hazen onze, o doze, todas las que sobrepujaren, no pueden ser perfectas, hasta que ayan llegado a otro numero denario, por- que cada vna de aquellas cosas es parte de aquel numero. Los Ma- thematicos disputando al contrario, dizen ser perfecto el numero seys, porque este numero tiene perfecciones conueniētes al numero seys

Figura 21. M. Vitruvio Polion *De Architectura*, dividido en diez libros, traducidos del latín al castellano por Miguel de Urrea, España, Impreso en Alcalá de Henares, por Juan Gracián, año MDLXXXII (1582), libro III, capítulo I.

Continuando con el cuadrivio o el conjunto de artes liberales que Andrés de San Miguel nombra de las *Mathematicas*, Vitruvio hace la considera- ción del uso frecuente del número seis por la dis- ciplina de los matemáticos, dejando a los geóme- tras el número diez.

Volviendo a los principios que se deben tomar en cuenta, están los de las propiedades aritméticas y geométricas del número. Así, por ejemplo, las partes alícuotas de 6 son 1, 2 y 3 porque  $1 = 6/6$ ,  $2 = 6/3$  y  $3 = 6/2$ , con lo que notaron que el núme- ro podía ser tanto suma como producto de sus divi- sores ( $6 = 1 + 2 + 3$  o  $1 \times 2 \times 3$ ), así como que “el seis es el único número dentro de la década que está compuesto de la multiplicación de factores diferentes (diferentes de la unidad):  $6 = 2 \times 3$ ”<sup>17</sup>

### *El hexágono como vestigio*

Las características únicas del seis nos permiten acceder a principios fundamentales de la hédada en cuanto estructura función y orden, por lo que la construcción geométrica del hexágono enseña cómo la estructura aritmética de la hédada mani- fiesta su diseño universal, ya que su construcción siempre sale del círculo. Dos métodos son usados para su construcción: con la *vesica piscis* en que se

<sup>17</sup> *Ibidem*, p. 138.

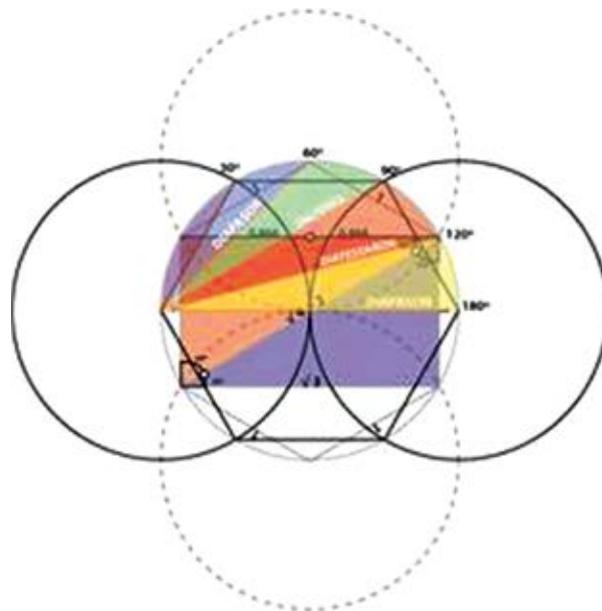


Figura 22. Geometría (hexágono-dimensión) y música (tonos).

conectan las seis intersecciones de tres círculos, obteniendo un hexágono en el central, y el de la longitud del radio pasada alrededor del círculo, el que divide en seis partes iguales. Las característi- cas surgidas de su trazo son:

Hay tres distancias importantes dentro del hexágo- no: la longitud de su lado (que es igual al radio del círculo que lo circunscribe), su diagonal (que es el doble del radio, y la distancia entre esquinas alter- nas (que es igual a  $\sqrt{3}$  veces el radio) esas tres longi- tudes forman los lados de un triángulo rectángu- lo cuyos lados son 1, 2 y  $\sqrt{3}$ , todos ellos números asociados con la recta, el círculo y el triángulo; de allí que el hexágono sea la manifestación visible de las relaciones entre los principios de la monada, de la dí- ada y de la tríada.<sup>18</sup>

Tras la huella de la geometría volvemos a encon- trar la presencia de la aritmética y la música, ya que:

Las relaciones entre esos números 1, 2, y  $\sqrt{3}$  son abstractas, pero pueden mostrarse de una manera

<sup>18</sup> *Ibidem*, p. 144.

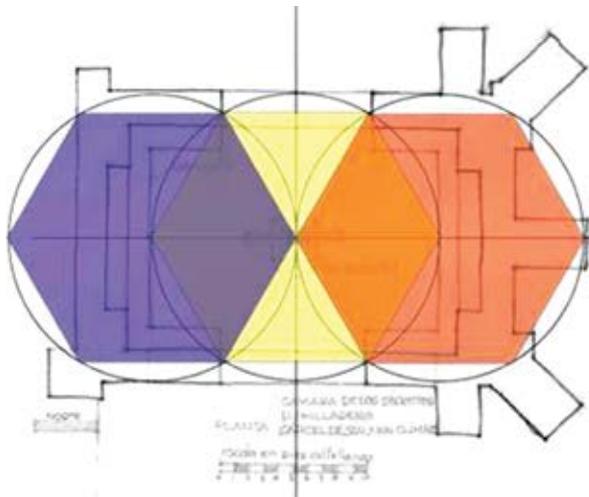


Figura 23. Análisis de la planta "cámara de los secretos" con el principio del hexágono.

más concreta; como sabemos, la música está formada de relaciones numéricas; por tanto, las relaciones entre los lados de ese triángulo pueden manifestarse de manera audible: puede construirse un hexágono de madera, con clavos en las esquinas a los cuales se ata un alambre o una cuerda de anzuelo o de guitarra o de cualquier otro instrumento. Con esa cuerda a la misma tensión entre los tres vértices del triángulo, es posible producir una secuencia de tonos que es la armonía característica del hexágono. Cada tono por sí mismo no es importante, sino sus relaciones con los demás.<sup>19</sup>

Hasta donde nos llevó la búsqueda del vestigio acústico de la "cámara de los secretos" del Carmen de San Ángel: seguimos las huellas de la arquitectura, de la música y de la geometría; éstas carecerían de importancia si no las hubiéramos relacionado; ahora toca el turno a la huella de la geometría. La solución que analizamos con el principio geométrico del hexágono, con la planta y alzado, nos llevó a corroborar que ésta pertenece a una de las dos tipologías con las que Walker determina estas soluciones. Formando parte del primer grupo donde el sonido se transmite a través de sus cubiertas, con

<sup>19</sup> *Idem.*

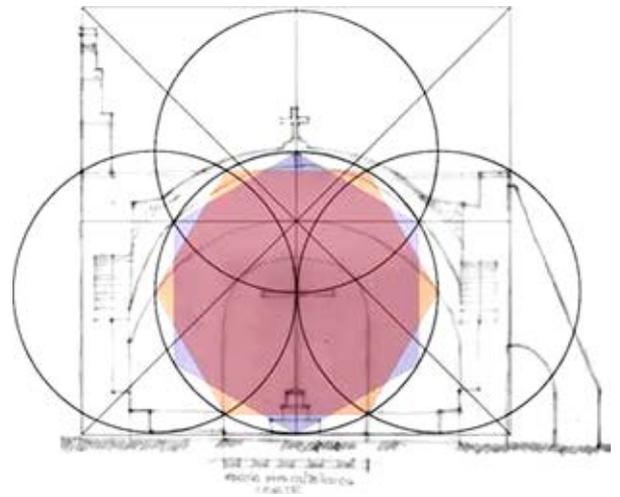


Figura 24. Si se construye un círculo con un radio de 10 pies obtenemos la base de la cruz o el nivel del piso y la altura del extradós de la cubierta; si se inscribe un hexágono, el lado inferior corresponde a la altura de la banqueta y el lado superior a la altura del pretil del edificio.

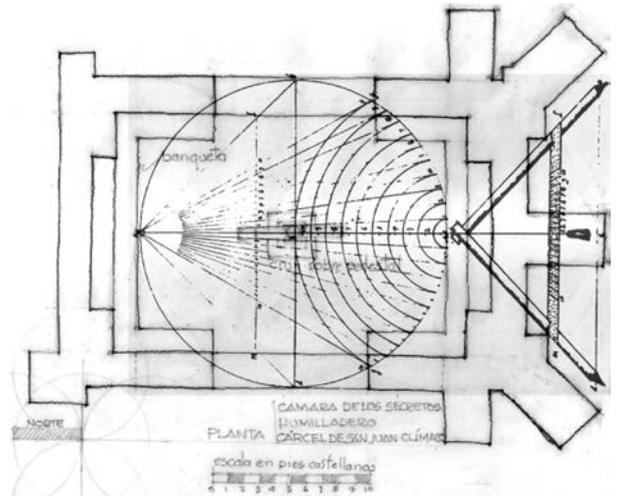


Figura 25. Análisis con el nivel común y misma escala. Fray Agustín de la Madre de Dios, *Tesoro escondido en el monte Carmelo mexicano*, versión paleográfica, introd. y notas de Eduardo Báez Macías, México, IIE-UNAM, 1986; véase la Lámina XCVI.

el modelo estudiado en la Catedral de San Pablo, en Londres, pudimos resolver por geometría la "franja de sonido", así como los probables sitios de mayor nitidez acústica.

Percatarnos de que al dibujar unas simples figuras geométricas, un cuadrado y un círculo, pudimos obtener un hexágono, con esta figura girada relacionamos lo que Vitruvio decía del dodecágono, de cómo inscrito en un semicírculo se podían

---

obtener los tonos de la música, y de éstos, a su vez, las longitudes de las rectas del rectángulo que se obtienen de su geometría, y que todo esto podría estar aplicado integralmente al singular edificio del análisis.

Damos por sentado que Andrés de San Miguel es el autor del edificio “cámara de los secretos”, ya que de sus amplios conocimientos de la geometría tomamos como vestigio la utilización del hexágono presente en la solución de la planta y del alzado. De las huellas seguidas, la que nos da más sustento para probar si el diseño es de Andrés de San Miguel, es la del diseño del nivel común que está

en su *Tratado*; el patrón de medida se fundamenta en una dimensión de 10 pies castellanos, advirtiéndose que el dibujo puede servir de “escala o piti-pié”. El ejercicio que elaboramos con una misma escala fue colocar sobre la planta y el alzado del dibujo “cámara de los secretos” la reproducción de la lámina XCVI, “Dibujo de un nivel”, de Andrés de San Miguel, notando la similitud de principios. A la deducción que llegamos es que si son los mismos patrones geométricos y de medidas los utilizados para elaborar un instrumento de nivel como para un edificio con vestigios acústicos, deben ser del mismo autor.



## La vara

64 |

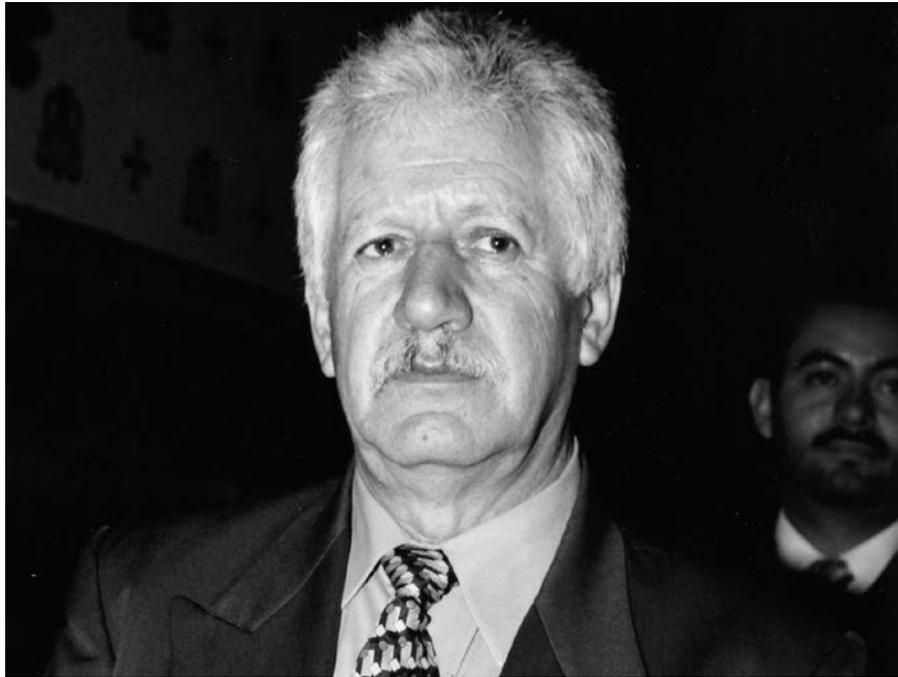
Cuando Leonardo Icaza Lomelí impartía la materia de “Materiales y sistemas constructivos” en la maestría en Arquitectura en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), repartió entre los alumnos de la generación 1977-1979 el artículo denominado “La vara” con el objetivo de ser utilizado durante los levantamientos de los monumentos históricos. Este escrito es una de las manifestaciones del interés de Icaza por difundir la documentación histórica de su acervo personal.

No sólo en las publicaciones Leonardo mostró sus singulares dotes magisteriales. Éstas tuvieron varias formas de manifestación. Cuando impartió la señalada materia entre los meses de enero a junio de 1978, fueron el aula, el taller de proyectos, e incluso en los jardines y en la desaparecida cafetería del antiguo recinto de la ENCRYM, los escenarios donde expresaba sus conceptos sobre la conservación y restauración de las construcciones prehispánicas e históricas. A partir de ese momento su capacidad como maestro fue demostrada bajo una sola idea: compartir, sin cortapisas, su bagaje de conocimientos.

A continuación señalamos una serie de conceptos emitidos por Icaza de manera coloquial y que quedaron registrados en desordenadas notas en sus apuntes, así como en la memoria de quien suscribe esta presentación.

1) “[...] la historicidad de las construcciones está en los procedimientos constructivos y no sólo en las investigaciones históricas [...]”.

\* Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, INAH.



Esto lo expresó al decir que el deterioro en las construcciones patrimoniales no sólo alteraba las peculiaridades de las mismas, sino que afectaba la expresión histórico-social de la organización de los recursos humanos y materiales utilizados para producir determinada edificación en una etapa histórica definida.

2) “[...] las habilidades de alarifes, maestros mayores, albañiles y peones [...]”.

El ingenio del diseño, realización y dirección de obra durante el periodo novohispano, que para muchos estudiosos sólo producen una emoción estética. El mismo Leonardo añadía cómo el producto constructivo se logró con experiencia y profundo conocimiento de los materiales, de la geometría y de la estática, los cuales se convertían en vetas para iniciar investigaciones sobre el proyecto y la manufactura, siendo éstas respuestas a particulares requerimientos de diferentes estratos de la sociedad novohispana.

3) “[...] estudiar las proporciones basadas en las relaciones áureas como base de la definición de las tramas espaciales, tanto en sentido horizontal, plantas, y como en sentido vertical, cortes [...]”.

En diferentes ejercicios señalados por Icaza se experimentó la presencia de estas relaciones en el proyecto.

4) “[...] registrar en un flexómetro o metro las medidas señaladas en su investigación sobre la vara [...]”.

Esto se aplicó en un levantamiento en el Claustro de San Jerónimo de la ciudad de México, con el objetivo de registrar que las dimensiones de los corredores y del patio del claustro, así como de las columnas, correspondía a una modulación en varas y no a un sistema métrico decimal, comprobando que las fracciones de las mismas eran submúltiplos denominados “pie, medias o cuartas”.

Por lo mismo, recomendar la publicación de este singular escrito de Leonardo Icaza está basa-



do en esta última experiencia académica, de particular trascendencia para quienes nos iniciábamos en las especificidades de la práctica restaurativa.

**ARQUITECTO LEONARDO ICAZA LOMELÍ**  
**Apuntes para el curso “Materiales**  
**y sistemas constructivos”**

**de la maestría en Arquitectura,**

**ENCRYM-INAH**

**Generación 1977-1979**

*I. Introducción*

El arquitecto que estudia e investiga planos y documentos, y además mide las obras arquitectónicas de la época colonial e independiente, se encuentra ante la dificultad de entender su dimensionamiento al aplicarles formas de mensura actuales; las medidas así determinadas resultan en la mayoría de casos muy fraccionadas y difícil es encontrarles

relaciones. No olvidemos que en México las unidades de medida han variado en el transcurso de cuatro siglos, su conocimiento plantea serias dificultades, varían tanto en nombre como en dimensión, y no son las mismas de una zona a otra, aunque tengan igual designación. Común es encontrar en interpretaciones gráficas del siglo XVI signos ideográficos que representan medidas, existiendo un sincretismo entre la cultura prehispánica y la española, así como también en planos de los siglos XVIII y XIX, donde el sistema de medición está dado en base a la vara, unidad que se usara desde época muy temprana y cuyo uso será el más generalizado; su conocimiento es fundamental para poder entender el sistema de evolución de las medidas, así como una aplicación práctica de ésta sobre monumentos.

Respecto a su equivalencia, divisiones y relaciones con el metro, se revisarán varias definiciones, así como el análisis de una síntesis histórica sobre su adopción.



## II. Definiciones

El *Diccionario de Autoridades*, edición de 1737, da la siguiente definición para la vara: “se llama asimismo un instrumento formado de madera u otra materia, de que se usa para medir, graduado con varias señales, que notan la longitud de tres pies y la dividen en tres tercias, cuartas, sesmas, ochavas y dedos”.<sup>1</sup>

El *Léxico de Alarifes de los siglos de Oro* define la vara como: “Instrumento formado de madera [...] graduado con varias señales que notan la longitud de tres pies, cuartas, sesmas, ochavas y dedos”.<sup>2</sup>

El *Diccionario de la Lengua Española* dice que la vara es: “Medida de longitud, dividida en tres pies, cuatro palmos y equivale a 835 milímetros y 9

décimas: La vara de Aragón: medida en cuatro de 12 pulgadas; equivale a 772 mm”.<sup>3</sup>

La *Enciclopedia Universal Ilustrada* define la vara como: “Medida de longitud, dividida en tres pies o cuatro palmos y equivale en Castilla a 835 mm y 9 décimas. Vara de Aragón: medida de longitud dividida en cuatro palmos de 12 pulgadas: equivale a 772 milímetros”.<sup>4</sup>

La *Aritmética Razonada*, edición 1897: “Vara: medida de longitud. La Toesa, 2 varas; la vara, 3 pies; el pie, 12 pulgadas; la pulgada, 12 líneas, 12 puntos”.<sup>5</sup>

De lo anterior se deduce que la vara era un instrumento comúnmente fabricado de madera y graduado en pies o tercias, cuartas o palmos, sesmas, ochavas, dedos o pulgadas, líneas y puntos.

<sup>3</sup> *Diccionario de la Lengua Castellana*, Madrid, Real Academia Española.

<sup>4</sup> *Enciclopedia Universal Ilustrada*, Madrid, Espasa Calpe.

<sup>5</sup> José Dalmau Carles, *Aritmética Razonada*, Barcelona, Dalmau Carles & Comp., 1897, p. 9.

<sup>1</sup> *Diccionario de Autoridades*, Madrid, Real Academia Española, facs. del siglo XVIII.

<sup>2</sup> Fernando García Salinero, *Léxico de alarifes*, Madrid, Real Academia Española, 1968.



*III. Síntesis histórica y cronológica  
del uso de la vara y su relación  
con el metro en México*

1521. Hernán Cortés ordena el uso de la vara como medida oficial.

1536. El virrey don Antonio de Mendoza dicta una ordenanza donde se manifiesta que la unidad fundamental es la vara, tomada de la castellana del Marco de Burgos.<sup>6</sup>

1600-1607. Fray Andrés de San Miguel menciona la vara común o castellana que usan comúnmente los geómetras.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Manuel Orozco y Berra *et al.*, *Diccionario Universal de Geografía e Historia de México*, t. V, *Medidas y pesas en la República mexicana*, México, Imprenta F. Escalante y Cia., 1854, pp. 206-214.

<sup>7</sup> *Obras de Fray Andrés de San Miguel*, introd., notas y versión

1721. Existe un modelo de la vara de Burgos, en el cabildo de la Nueva España.

1759. Envían de España el padrón de medidas; la vara es un modelo de madera con cuatro caras de color oscuro y algo veteado con cantoneras de fierro de una pulgada.<sup>8</sup>

1769. Joaquín Velázquez de León construye una vara, la cual se ajustó a la original de México, que enviada por Felipe II se conserva en las casas de cabildo.<sup>9</sup>

1790. Talleyrand propone a la Asamblea constituyente de Francia un sistema que sea unificado.

paleográfica de Eduardo Báez Macías, México, IIE-UNAM, 1969.

<sup>8</sup> Manuel Orozco y Berra, *op. cit.*

<sup>9</sup> Roberto Moreno de los Arcos, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México, 1773-1775*, México, IIH-UNAM, 1977.

<sup>10</sup> L. Benevolo, *Historia de la arquitectura moderna*, Barcelona,



Se comisiona a C. Borda, A. Condorcet, J. C. Lagrange, P. S. Laplace y G. Monge para decidir la unidad más adecuada.

1791. El 30 de marzo se propone que sea la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre la unidad de medida.<sup>10</sup>

1793. El 2 de agosto se crea en Francia, por ley, un metro provisional.<sup>11</sup>

1795. El 7 de abril se modifica la nomenclatura; se propone el sistema por C. Borda y es aceptado por la Academia de París.<sup>12</sup>

1799. El 22 de junio la Comisión Geodésica, representada por Delambre y Mechain, entrega el metro-patrón realizado en platino e iridio, depositándose uno en el Museo de Artes y Oficios de París, y otro en el Observatorio.

1801. Se implanta obligatoriamente el sistema en Francia.

1803. El barón Alejandro von Humbolt da una medida a la “vara Mejicana” de 0.83916 metros; una comisión del supremo gobierno, presidida por el general don Juan Orogegozo, da a la vara una dimensión de 0.838 metros.<sup>13</sup>

1812. Napoleón revoca el uso del sistema.

1840. El 1 de enero el sistema métrico decimal es usado nuevamente en Francia.

1846. El 19 de enero el supremo gobierno ordena construir el modelo de medida de la República, en latón de un costado marca pies y pulgadas, y del otro centésimos franceses.<sup>14</sup>

1849. El 19 de julio fue instituido el sistema métrico decimal en España.<sup>15</sup>

1851. La comisión de la Sociedad de Geografía la considera de una dimensión de 0.83730 metros.

1852. El 4 de junio el señor Benigno Bustamante le asigna una dimensión de 0.83733 metros.

Gustavo Gili, 1974.

<sup>11</sup> *Idem*.

<sup>12</sup> *Idem*; José Dalmau Carles, *op. cit.*

<sup>13</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *Pesas y medidas*,

México, INAH (Científica, 55), 1977.

<sup>14</sup> El original no tiene texto al pie.

<sup>15</sup> José Dalmau Carles, *op. cit.*

<sup>16</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*



Manuel Orozco y Berra le da a la vara la equivalencia de 0.838080 metros.<sup>16</sup>

1861. El 15 de marzo por decreto núm. 5275, dado por el presidente don Benito Juárez, se establece el uso del sistema métrico decimal.<sup>17</sup>

1895. El 19 de junio se dicta la ley sobre pesas y medidas, decretada por Porfirio Díaz. Se recibe el prototipo del metro copia núm. 26 del prototipo internacional.

1905. Don Porfirio Díaz, por medio de un decreto, unifica el sistema de pesas y medidas.<sup>18</sup>

*IV. Índice de los múltiplos de la vara, o medidas que tienen relación con ésta*

*Braza, brazada o estado.* Unidad de longitud que equivale a dos varas, o sea 1.67 metros. Manuel Ca-

<sup>17</sup> *Idem.*

<sup>18</sup> Dirección Técnica de Pesas y Medidas, *Tablas de Unidades Técnicas*, México, Secretaría de Comercio.

<sup>19</sup> Dirección Técnica de Pesas y Medidas, *op. cit.*, Las siglas

rrera Stampa la llama braza y le asigna una medida igual a la del Estado. El documento del DAAC la llama brazada.<sup>19</sup>

*Brazada cúbica o brazas.* Medida utilizada en la compra-venta de mampuestos equivale a 4.70 metros cúbicos.<sup>20</sup>

Paralelepípedo que mide 4 varas × 2 varas × 1 vara; se estima como la cantidad de piedra que puedan contener cinco carros rabones o tres de los llamados guayines.<sup>21</sup>

Medida de volumen para las piedras sueltas empleadas en las construcciones o en los empedrados; se vendían por brazadas cúbicas; equivale a 4.707 metros cúbicos.<sup>22</sup>

*Carro.* Medida utilizada en el comercio de las

DAAC, significan Dirección General de Terrenos Nacionales del Departamento de Asuntos Agrarios y de Colonización.

<sup>20</sup> Fernando García Salinero, *op. cit.*

<sup>21</sup> Adrián Téllez Pizarro, *Materiales de construcción*, México, Tipografía de la Editorial Católica, 1903.

<sup>22</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>23</sup> Adrián Téllez Pizarro, *op. cit.*



piedras; equivale a seis piedras de tres cuartas ( $0.63 \times 0.42 \times 0.28$  metros) o 12 piedras llamadas atravesados ( $0.56 \times 0.28 \times 0.21$  metros).<sup>23</sup>

*Carreta, carretada o Gaullín.* Unidad de peso. Utilizada en el comercio de la cal y en general de los materiales de construcción. Contiene 10 cargas de 12 arrobas y equivale a 1380.739 kilogramos.<sup>24</sup>

*Cajón.* Equivale a una vara cúbica y es igual a 0.588 metros; se utiliza en el comercio de la arena y la grava.<sup>25</sup>

*Codo o media.* Medida lineal equivalente a media vara, o sea 0.419 metros. Es Manuel Carrera

Stampa quien da la denominación de codo a la media vara.<sup>26</sup>

*Cordel.* Manuel Carrera Stampa considera el cordel como una medida de área o lineal. Como medida de área le asigna una equivalencia de 6.96 metros cuadrados, y como medida lineal dice que consta de 10 varas y equivale a 9.38 metros; sin embargo, Orozco y Berra afirma que el cordel se empleaba en las medidas de tierra y que tenía 50 varas; registra una división más vieja: antiguamente el cordel empleado para medir los lados de la caballería tenían 69 varas. Mariano Galván recuerda: “cincuenta varas mexicanas hacen una

<sup>24</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>25</sup> Adrián Téllez Pizarro, *op. cit.*

<sup>26</sup> *Idem*; Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>27</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*



medida que se llama cordel cuyo instrumento sirve para las medidas de terrenos". El documento del DAAC coincide con esta división en 50 varas; el cordel equivale a 41.90 metros.<sup>27</sup>

Cuerda de alinear de que se sirven los albañiles para guiarse en la construcción de una pared recta o para marcar la dirección de una línea, cogiéndolo por los extremos y templándolo por el centro después de haberlo mojado en una tinta colorante; distancia equivalente a cinco pasos.

Cincuenta varas mexicanas son igual a un cordel.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> *Ordenanzas de Minería, Órdenes...*, *op. cit.*

<sup>29</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

*Codo o media*. Medida lineal equivalente a media vara, o sea 0.419 metros. Manuel Carrera Stampa da la denominación de codo a la media vara.<sup>29</sup>

Medida que constaba de seis palmos; conviene a saber veinticuatro dedos, porque los cuatro dedos hacían un palmo diferente del que hoy se usa; y pie y medio hacían un codo.<sup>30</sup>

Según Vitruvio, el codo es igual a 1/4 de la altura total (respecto al cuerpo humano), es igual a 6 palmos o 24 dedos o 1.5 de pie.<sup>31</sup>

Corresponde a pie y medio; el codo común es

<sup>30</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel, op. cit.*

<sup>31</sup> Marco Lucio Vitruvio Pollione, *op. cit.*

<sup>32</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel, op. cit.*



media vara castellana, y el codo geométrico es seis codos comunes o tres varas.<sup>32</sup>

Es igual a dos cuartas o 42 centímetros, medido como la distancia máxima entre el extremo del índice y la depresión (interna) del codo.<sup>33</sup>

Es igual a 1.5 pie, igual a 6 palmos, igual a 24 dedos, igual 0.444477 metros.<sup>34</sup>

*Cuarta o palmo.* Medida lineal equivalente a la cuarta parte de la vara, o sea 0.2095 metros.<sup>35</sup>

Palmo igual a cuatro dedos (cuatro dedos juntos) y el palmo antiguo romano es igual a 12 dedos.<sup>36</sup>

Medida igual a cuatro dedos o 0.4444 metros.<sup>37</sup>

Es un veinticuatroavo de la altura total (respecto al cuerpo humano).

Cuarta igual a 21 centímetros, medida como la distancia máxima que separa la extremidad del pulgar y del dedo chico.<sup>38</sup>

*Cuarto.* Medida lineal equivalente a la cuarta parte de la legua, es decir, 1047.5 metros.<sup>39</sup>

*Dedo.* En las medidas es una de las 48 partes en que se divide la vara castellana... cada pie es 16 dedos, cada dedo cuatro granos de cebada por lo más ancho.<sup>40</sup>

Medida lineal; contiene nueve líneas y es 1/48 de vara; equivale a 0.01745 metros.<sup>41</sup>

*Estado.* Véase *braza*. Equivale a la posición erecta del hombre.<sup>42</sup>

*Fundo legal para pueblos.* Es la porción de terre-

treal..., *op. cit.*

<sup>39</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>40</sup> *Diccionario de la Lengua Castellana...*, ed. cit.

<sup>41</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>42</sup> Víctor Castillo, F. M., "Unidades náhuas de medida", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 10, México, UNAM, 1992, pp. 195-225.

<sup>43</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>33</sup> Departamento de Antropología de la Universidad de Montreal en la región de Cuetzalan, de la Sierra Norte de Puebla, 1969-1970.

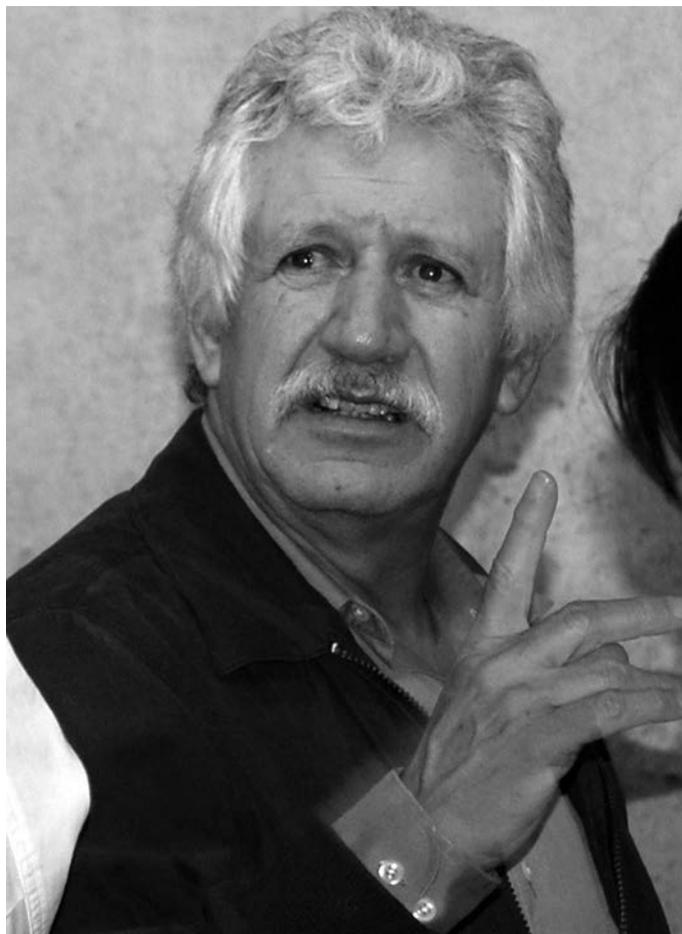
<sup>34</sup> L. Mazzochi, *Memorial técnico*, Madrid, Dossat, 1942.

<sup>35</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, ed. cit.

<sup>36</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel*, ed. cit.

<sup>37</sup> L. Mazzochi, *op. cit.*

<sup>38</sup> Departamento de Antropología de la Universidad de Mon-



no que asigna la ley para el establecimiento de un pueblo. Está formado por un cuadrado de 1 200 varas de lado, que tiene una superficie de 1 440 000 varas cuadradas, o sea 101.12 hectáreas.<sup>43</sup>

*Guallín.* Véase *carretada*.

*Hacienda.* Medida agraria de forma rectangular: mide 25 000 varas de largo por 5 000 de ancho.<sup>44</sup>

Equivale a 0.13965 metros; equivale a medio pie de la vara común. También se le llama sesma.

*Legua.* La legua legal es igual a cien cordeles. A

tres mil pasos de Salomón. Medida lineal, se divide en dos medias y cuatro cuartos, tiene 100 cordeles o 5 000 varas. Orozco y Berrea menciona una división más antigua de la legua en tres millas, y cada milla en 1 000 pasos de Salomón. La legua equivale a 4 190 metros.<sup>45</sup>

Es igual a 100 cordeles, igual a 5 000 varas, igual a dos medias, igual a cuatro cuartos.<sup>46</sup>

Es la medida de 12 estadios o milla y media. La legua italiana es mil pasos geométricos, y la común es de tres millas o 24 estadios.<sup>47</sup>

<sup>44</sup> Julio Hernández, *Nociones del Sistema Métrico*, México, Antigua Imprenta de Murguía, 1907.

<sup>45</sup> *Diccionario de la Lengua Castellana*, *op. cit.*

<sup>46</sup> *Ordenanzas de Minería*, ed. cit.

<sup>47</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel*, ed. cit.

<sup>48</sup> José Dalmau Carles, ed. cit.

Legua es igual a 6.666 2/3 vara.<sup>48</sup>

La legua tiene 100 cordeles, y el cordel 50 varas;<sup>49</sup> por lo tanto, la legua equivale a 5 000 varas.

*Línea.* Medida lineal equivalente a 12 puntos, es  $1/4 = 32$  de vara, o sea 0.00194 metros. Existía también una línea llamada “grande” usada en medidas de tierra y que tenía 2.87 varas, o sea 2.41 metros.<sup>50</sup>

*Marco.* Medida lineal “igual a dos varas y 7 ochavas o lo que es lo mismo 8 varas tenían 23 varas, se empleaba en las medidas de tierra”. Dos varas + siete ochavas igual a 2.4089 metros.

Además, tomando una vara por 23 igual 19.274, y éstos divididos entre 8, es igual a 2.409 metros.<sup>51</sup>

*Mecate.* El documento del DAAC la registra como medida lineal equivalente a 41.9 metros, y también la llama cordel. Orozco y Berra dice textualmente: “Es la única medida agraria que se usa en Yucatán, figura cuadrada de 24 varas por cada lado y una superficie de 576 varas cuadradas”.<sup>52</sup>

*Media.* Esta designación puede aplicarse a la legua o a la vara. Media legua igual a 2 095 metros. Media vara o codo igual a 0.419 metros.<sup>53</sup>

*Palmo.* Véase cuarta.

*Palmo mayor.* Palmo antiguo romano, y es una medida lineal equivalente a 12 dedos, es decir, 0.2218 metros.<sup>54</sup>

*Palmo menor.* Medida lineal que contiene cuatro dedos, es decir, 0.068 metros (es el espacio que ocupan cuatro dedos).<sup>55</sup>

*Paso de Salomón o paso de marca.* Medida lineal “equivalente a cinco tercias de nuestra vara”. A partir de la equivalencia de la vara (0.838) resulta

de multiplicar por cinco y dividir entre tres, la equivalencia de 1.396 metros, mismo resultado que se obtiene si partimos de la afirmación de Orozco y Berra de que la legua tiene 3 000 pasos de Salomón.<sup>56</sup>

*Pie o tercia.* Medida lineal que equivale a 12 pulgadas o 16 dedos, es decir, 0.279333 de metro.<sup>57</sup>

El pie usado por los romanos equivalía a 16 dedos.

El pie también se considera como un tercio de vara.

Es una medida que equivale a cuatro palmos.<sup>58</sup>

*Punto.* Medida lineal equivalente a 0.000162 metros.<sup>59</sup>

Doce puntos hacen una línea.<sup>60</sup>

*Pulgada.* Medida lineal que contiene 12 líneas y equivale a 0.023278 metros.<sup>61</sup>

Es la treintaseisava parte de la vara.

*Sesma.* Medida lineal que contiene 12 líneas y equivale a 0.13466 metros.<sup>62</sup>

*Solar para casa, molino o venta.* Medida agraria formada por un cuadrado de 50 varas de lado, cuya superficie es de 2 500 varas cuadradas, es decir, 0.1755 hectáreas.<sup>63</sup>

*Vara.* Medida lineal que contiene tres pies o cuatro palmos y equivale a 0.838 metros.<sup>64</sup>

Como se dijo anteriormente, la vara procede de medidas antropométricas y tomando como base a la vara lineal, cuyo origen parece resultar de tomar tres veces la medida de la mano de una persona adulta, o bien cuatro veces la medida de la mano derecha perfectamente extendida desde la extre-

<sup>49</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>50</sup> *Idem.*

<sup>51</sup> *Idem.*

<sup>52</sup> *Idem.*

<sup>53</sup> *Idem.*

<sup>54</sup> *Idem.*

<sup>55</sup> *Idem.*

<sup>56</sup> *Idem.*

<sup>57</sup> *Idem.*

<sup>58</sup> *Obras de fray Andrés de San Miguel*, ed. cit.

<sup>59</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>60</sup> Julio Hernández, *op. cit.*

<sup>61</sup> Iris Santa Cruz y Luis Giménez-Cacho, *op. cit.*

<sup>62</sup> *Idem.*

<sup>63</sup> *Idem.*

<sup>64</sup> *Idem.*

<sup>65</sup> *Nociones del Sistema Métrico*, *op. cit.*

midad del dedo pulgar hasta la opuesta del dedo meñique. A la primera medida se la llama tercia o pie y a la segunda cuarta, siendo las dos, como se comprende, enteramente arbitrarias,<sup>65</sup> dando por resultado una gran variedad de medidas para ésta. Tan sólo en España a finales del siglo XIX existían 14 tipos diferentes, correspondiendo a 46 provincias.<sup>66</sup>

*V. Equivalencia de la vara  
en las diferentes provincias de España*

Vara = 0.722 metros: Huesca.

Vara = 0.768 metros: Teruel.

Vara = 0.772 metros: Zaragoza.

Vara = 0.782 metros: Baleares.

Vara = 0.785 metros: Navarra.

Vara = 0.833 metros: Almería.

Vara = 0.835905 metros: Castilla, Álava, Ávila, Badajoz, Burgos, Cáceres, Cádiz, Córdoba, Cuenca, Granada, Guadalajara, Huelva, León, Málaga, Murcia, Orense, Oviedo, Palencia, Pontavedra, Salamanca, Santander, Sevilla, Soria, Valladolid, Vizcaya, Zamora.

Vara = 0.837 metros: Albacete, Guipúzcoa, Logroño, Segovia, Toledo.

Vara = 0.839 metros: Ciudad Real Jaén

Vara = 0.842 metros: Canarias

Vara = 0.843 metros: Coruña, Madrid

Vara = 0.855 metros: Lugo, Castellón, Valencia.

Vara = 0.912 metros: Alicante.

Las diferencias que existen respecto a la medida o dimensión de la vara plantea serios problemas; al desconocer cuál podrá ser la medida exacta, se ha creído prudente revisar un documento colonial del siglo XVIII que alude al uso de la vara en México; dicho documento da especificaciones respecto

a su fabricación y ajuste a ordenanzas urgentes de la época; se ha creído conveniente transcribirlo:

Habiase prevenido para las medidas una vara construida de madera sólida y bien seca, exactamente recta y escuadrada y encasquillada de latón por ambos cabos, y en esta forma se ajustó a la original de México, que enviada por el señor Felipe II, se conserva en sus casas de Cabildo, marcada en una caja de fierro, con el cuidado correspondiente, a la cual se arreglan, examinándose y sellándose repetidas veces, todas las varas de medir legítimas y corrientes en este reino de Nueva España.

Ajustose, pues, nuestra vara el día 19 de noviembre, hallándose el termómetro de Reaumur a la altura de 15 grados y medio. Esta vara se dividió conforme a nuestras leyes y reales ordenanzas, en cuatro; cada palmo en doce dedos; y cada dedo en cuatro granos, y por qué pueda hallarse correspondencia en todas las medidas de Europa, no dejare de advertir, que habiéndola cotejado el mismo día con un pie de latón que para en mi poder, ajustado al original de París en 15 de Septiembre de 1768 a diez y seis grados del termómetro de Reaumur, hallé constar nuestra vara de 31 pulgadas o dos pies y siete pulgadas del pie del rey de París, esto es en la razón de trescientos setenta y dos a ciento cuarenta y cuatro.

Con esta vara se midieron veinticinco sobre una línea recta que se tiró en una pared y a esta línea se ajustó un trecho de cordel que, doblado, dio uno de 50 varas, que es la medida de la ordenanza. Este cordel era de cáñamo de cinco líneas de grueso, torcido, aceitado y encerado en la forma regular.<sup>67</sup>

Lo anterior ofrece una idea de cómo se refería a un sistema de medida, así como el material, divisiones y normas de lo que debía ser una vara.

Respecto a sus divisiones y equivalencias, se han tomado dos varas (la castellana y la toledana), y sus equivalencias al sistema métrico decimal y sus relaciones entre sí: 1) vara castellana = 0.838080 metros (tabla 1), y 2) vara toledana = 0.837 metros<sup>68</sup> (tabla 2).

<sup>66</sup> José Dalmau Carles, ed. cit.

<sup>67</sup> Roberto Moreno de los Arcos, *op. cit.*

<sup>68</sup> L. Mazzochi, *op. cit.*

<sup>69</sup> Víctor Castillo, *op. cit.*

**Tabla 1. Vara castellana. Equivalencias del marco de Burgos**

<i>Medida/codo</i>	<i>Tercia/pie</i>	<i>Cuarta/palmo</i>	<i>Sesma</i>	<i>Jeme/Ochava(c)</i>	<i>Pulgada</i>	<i>Dedo</i>	<i>Paja</i>	<i>Grano</i>	<i>Línea</i>	<i>Punto</i>	<i>Metros</i>
2	3	4	6	8	36	48	144	192	432	5184	0.838080
1	1.5	2	3	4	18	24	72	96	216	2592	0.419040
	1	1.33	2	2.66	12	16	48	64	144	1728	0.27936
	1	1.5	2	2	9	12	36	48	108	1296	0.20952
		1	1	1.33	6	8	24	34	72	864	0.13968
			1	1	4.5	6	18	24	54	648	0.10476
			1	1.05	1	1.05	3.15	4.2	12	144	0.02328
				1	3	4	3	4	9	108	0.01746
					1	1	1	1.33	3	36	0.00582
							1	1	2.25	27	0.004365
									1	12	0.00194
										1	0.0001616

**Tabla 2. La vara toledana**

<i>Ara</i>	<i>Media</i>	<i>Tercia/pie</i>	<i>Cuarta palmo</i>	<i>Sesma</i>	<i>Ochava</i>	<i>Dedo</i>	<i>Paja</i>	<i>Grano</i>	<i>Metros</i>
1	2	3	4	6	8	48	144	192	0.837
	1	1.5	2	3	4	24	72	96	0.4185
	1	1	1.33	2	2.66	16	48	64	0.279
			1	1.5	2	12	36	48	0.20925
				1	1.33	8	24	32	0.1395
					1	6	18	24	0.104625
						1	3	4	0.0174375
							1	1.33	0.00058125
								1	0.0043593

## VI. Conclusiones

Hernán Cortés muy tempranamente implanta en México ordenanzas locales relativas a la reglamentación de medidas de tipo español, siendo de las provincias de Andalucía y Castilla de donde derivarán éstas; es la vara castellana, apoyada en el marco de Burgos, la que aparecerá con mayor frecuencia; su uso se generaliza desde el siglo XVI al XIX. Con lo que respecta a las medidas indígenas, al fusionarse con las españolas se crearon medidas con características muy propias; así, en un documento del siglo XVI<sup>69</sup> se indica claramente a la vara como medida indígena y a la braza como medida española; según Orozco y Berra la vara indígena se designaba como octáctil y equivalía a cuatro palmos.<sup>70</sup> No debemos olvidar que tanto las medidas indígenas como las españolas basadas en el cuerpo humano, y sus dimensiones, no podían variar en mucho; a eso probablemente se debió su rápida asimilación de ambos lados; así, por ejemplo, tenemos el *cémmatl*, el *cenvolloiti*, el *centláxtil*, etc., medidas de longitud que aparecen en códices y documentos.

Es bien conocido que el espíritu ilustrado de la segunda mitad del siglo XVIII va a influir en México en el sistema de medidas; en Francia, en cambio, dado que existía una gran variedad y confusión de medidas deciden adoptar un sistema unificado y racional; forman una comisión integrada por los científicos más afamados de la época y crearon el sistema métrico decimal, y es a principios del siglo XIX cuando se establece definitivamente en Francia. Es a mediados de este siglo cuando en México el supremo gobierno construye una vara marcándole centésimos franceses; se comienza a observar ya la influencia que tiene este nuevo sistema sobre el antiguo. El presidente Benito Juárez decreta, en 1861, el uso del sistema, pero no es sino

hasta 1905 en que Porfirio Díaz unifica el sistema de pesas y medidas y generaliza su uso en la República Mexicana. Como se podrá ver, el uso del metro es muy reciente en nuestro país y debemos darle una mayor importancia a esas unidades de medida, ya ahora olvidadas, para poder entender la dimensión y la proporción de aquellas obras arquitectónicas que son fundamento de nuestro arte.

## VII. Bibliografía

- Benevolo, L., *Historia de la arquitectura moderna*, Barcelona, Gustavo Gili, 1999.
- Castillo Farreras, Víctor M., "Unidades nahuas de medida", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 10, México, IIH-UNAM, 1972, pp. 195-225.
- Dalmau Carles, José, *Aritmética razonada*, 16a. ed., Barcelona, Dalmau Carles & Comp., 1897.
- Departamento de Antropología de la Universidad de Montreal en la región de Cuetzalan, de la Sierra Norte de Puebla, en el periodo 1969-1970, copia Xerox.
- Diccionario Enciclopédico Salvat*, Barcelona, Salvat, 2000, t. III.
- Dirección Técnica de Pesas y Medidas, *Tablas de Unidades Técnicas*, México, Secretaría de Comercio.
- Espasa-Calpe, *Enciclopedia Universal Ilustrada*, Madrid.
- García Salinero, Fernando, *Léxico de alarifes*, Madrid, Real Academia Española, 1968.
- Hernández, Julio, *Nociones de Sistema Métrico*, México, Antigua Imprenta de E. Murguía, 1907.
- Mazzochi, L., *Memorial técnico*, 3a. ed., Madrid, Dossat, 1942.
- Moreno de los Arcos, Roberto, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México*, México, IIH-UNAM, 1977.

<sup>70</sup> Roberto Moreno de los Arcos, *op. cit.*

---

Ordenanzas de Minería y Colección de las ordenes y decretos de esta materia posteriores a su publicación, a las que van agregadas las reformas de que son susceptibles algunos de los artículos vigentes de las mismas ordenanzas, con un apéndice concerniente a las mismas del Perú, París Bouret e Hijo, 1875, 336 p. LVI p.

Orozco y Berra, Manuel *et al.*, "Medidas y Pesas en la República Mexicana", en *Diccionario Universal de Geografía e Historia*, t. V, México, Imprenta F. Escalante y Cía., 1854, pp. 206-214.

Real Academia Española, *Diccionario de Autoridades*, Madrid, facs. de una obra del siglo XVIII.

—, *Diccionario de la Lengua Castellana*, Madrid, 1726.

San Miguel, fray Andrés de, *Obras de Fray Andrés de San Miguel*, México, UNAM, 1969.

Santa Cruz, Iris y Luis Giménez-Cacho, *Pesas y Medidas*, México, INAH (Científica, 55), 1977.

Téllez Pizarro, Adrián, *Materiales de construcción*, México, Tipográfica de la Editorial Católica, 1903.

Vitruvio Pollione, Lucio, *Diez Libros de Arquitectura*, Madrid, Iberia, 1962.



TERCERA ÉPOCA, NÚM. 27 ENERO-ABRIL DE 2013

Boletín de  
**MONUMENTOS  
HISTÓRICOS**  
27



**Homenaje a  
Leonardo Federico Icaza Lomelí.  
Primera parte**

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA



Sobre los sistemas de numeración | CÉSAR GONZÁLEZ OCHOA

Sistema de medidas en el sitio arqueológico de Cacaxtla |  
VÍCTOR HUGO BUENDÍA HERRERA

Instrumentos de nivelación de terrenos y caños utilizados  
en Nueva España del siglo XVI al XIX | JORGE ZAVALA CARRILLO

*Nociones generales de la teoría y práctica de la geometría  
subterránea. Escrita para la enseñanza de los alumnos del Real  
Seminario de Minería de México* | FRANCISCO OMAR ESCAMILLA  
GONZÁLEZ/RUTH LÓPEZ ALEJANDRE

La ruta de *yécatl* o los caminos de agua dulce (1554-1577) |  
NURIA SALAZAR SIMARRO

El sistema de distribución de agua en el Santo Desierto  
de los Leones | VIRGINIA GUZMÁN MONROY

El abastecimiento de agua del convento de Santo Domingo  
de Guzmán, Hueyapan, Morelos | LAURA LEDESMA GALLEGOS

El suministro de agua en el Hospital de San Hipólito,  
siglos XVII y XVIII | JULIETA GARCÍA GARCÍA

Las fuentes de agua y las plazas públicas.  
Agua potable en la ciudad de México al finalizar el siglo XVIII |  
MARÍA DEL CARMEN LEÓN GARCÍA

Agua en la fuente y el convento.  
Ensayo sobre ciertas fuentes virreinales en el actual estado  
de Chiapas | JOSÉ MANUEL A. CHÁVEZ GÓMEZ

Maderos impelidos por la fuerza del agua.  
Molinos del periodo virreinal | YOLANDA TERÁN TRILLO

Puentes novohispanos y del siglo XIX,  
un patrimonio olvidado | GUILLERMO BOILS

Obra hidráulica de los ingenieros militares:  
el desagüe del valle de México en el siglo XVIII |  
JOSÉ OMAR MONCADA MAYA

Proyecto de letrinas móviles de Antonio Villard Olea  
para la ciudad de México: 1824 | LEOPOLDO RODRÍGUEZ MORALES

El arquitecto Francisco Becerra | YOLANDA FERNÁNDEZ MUÑOZ

Los [posibles] tratados de arquitectura en el equipaje de los dominicos con destino a Chiapas en el siglo XVI | FREDY OVANDO GRAJALES

Notas sobre el capitán e ingeniero mayor de su majestad, Juan Lozano Ximénez de Balbuena (1640-1651) | MARÍA DEL CARMEN OLIVERA CALVO

Consideraciones sobre la reconstrucción de la Casa de Moneda de México y la participación de Pedro de Arrieta y José Eduardo de Herrera |  
OSCAR FLORES FLORES

El mercado de San Lucas Evangelista en la zona suroriente del Centro Histórico de la ciudad de México | GABRIELA SÁNCHEZ REYES

*Las Memorias de la portentosa imagen de Nuestra Señora de Xuquila* y el grabador Francisco Agüera Bustamante |  
MARÍA CONCEPCIÓN AMERLINCK DE CORSI

De tierra la casa, de tierra la sepultura: arquitectura vernácula en los valles calchaquíes, Salta, Argentina |  
LUIS ALBERTO MARTOS LÓPEZ

Revalorización y puesta en valor de edificios histórico-artísticos de Extremadura para usos culturales:  
museos y centros de interpretación en el contexto de la restauración arquitectónica extremeña |  
MARÍA ANTONIA PARDO FERNÁNDEZ

La rehabilitación de edificios histórico-artísticos para fines culturales en Extremadura y México. El modelo extremeño como territorio museo |  
ROSA PERALES PIQUERES

# Boletín de Monumentos Históricos, tercera época

## Normas para la entrega de originales

---

1. La Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH, a través de la Subdirección de Investigación, invita a todos los investigadores en antropología, historia, arquitectura y ciencias afines a colaborar en el *Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, con el resultado de investigaciones recientes que contribuyan al conocimiento, preservación, conservación, restauración y difusión de los monumentos históricos, muebles e inmuebles de interés para el país, así como con noticias, reseñas bibliográficas, documentos inéditos, avances de proyectos, decretos, declaraciones de zonas y monumentos históricos.
2. El autor deberá entregar su colaboración en original impreso, con su respectivo respaldo en disquete o disco compacto (CD) con su nombre, título de la colaboración y programa de captura utilizado. Deberá incluir un resumen no mayor de 10 renglones, así como 5 palabras clave, que no sean más de 3 de las que contiene el título del artículo.
3. El paquete de entrega deberá incluir una hoja en la que se indique: nombre del autor, dirección, número telefónico, celular, fax y correo electrónico, institución en la que labora, horarios en que se le pueda localizar e información adicional que considere pertinente.
4. Las colaboraciones no deberán exceder de 40 cuartillas, incluyendo ilustraciones, fotos, figuras, cuadros, notas y anexos (1 cuartilla = 1 800 caracteres; 40 cuartillas = 72 000 caracteres). El texto deberá presentarse en forma pulcra, en hojas bond carta y en archivo Word (plataforma PC o Macintosh), en altas y bajas (mayúsculas y minúsculas), a espacio y medio. Las citas que rebasen las cinco líneas de texto, irán a bando (sangradas) y en tipo menor, sin comillas iniciales y terminales.
5. Los documentos presentados como apéndice deberán ser inéditos, y queda a criterio del autor modernizar la ortografía de los mismos, lo que deberá aclarar con nota al pie.

*a)* nombre y apellidos del autor; *b)* título de la obra en letras cursivas; *c)* tomo y volumen; *d)* lugar de edición; *e)* nombre de la editorial; *f)* año de la edición; *g)* página(s) citada(s).
8. Las citas de artículos de publicaciones periódicas deberán contener:

*a)* nombre y apellidos del autor; *b)* título del artículo entrecorillado; *c)* nombre de la publicación en letras cursivas; *d)* número y/o volumen; *e)* lugar de edición; *f)* fecha y página(s) citada(s).
9. En caso de artículos publicados en libros, deberán citarse de la siguiente manera:

*a)* nombre y apellidos del autor; *b)* título del artículo entrecorillado; *c)* título del libro en letras cursivas, anteponiendo la preposición en; *d)* tomo y volumen; *e)* lugar de edición; *f)* editorial; *g)* año de la edición; *h)* página(s) citada(s).
10. En el caso de archivos, deberán citarse de la siguiente manera:

*a)* nombre completo del archivo y entre paréntesis las siglas que se utilizarán en adelante; *b)* ramo, nombre del notario u otro que indique la clasificación del documento; *c)* legajo, caja o volumen; *d)* expediente; *e)* fojas.
11. Las locuciones latinas se utilizarán en cursivas y de la siguiente manera:

*op. cit.* = obra citada; *ibidem* = misma obra, diferente página; *idem* = misma obra, misma página; *cfr.* = comparese; *et al.* = y otros.

Las abreviaturas se utilizarán de la siguiente manera: p. o pp. = página o páginas; t. o tt. = tomo o tomos; vol. o vols. = volumen o volúmenes; trad. = traductor; f. o fs. = foja o fojas; núm. = número.
12. Los cuadros, gráficos e ilustraciones deberán ir perfectamente ubicados en el *corpus* del trabajo, con los textos precisos en los encabezados o pies y deberán quedar incluidos en el disquete o disco compacto (CD).
13. Las colaboraciones serán sometidas a un dictaminador especialista en la materia.
14. Las sugerencias hechas por el dictaminador y/o por el corrector de estilo serán sometidas a la consideración y aprobación del autor.
15. Sobre las colaboraciones aceptadas para su publicación, la Coordinación Editorial conservará los originales; en caso contrario, de ser negativo el dictamen, el autor podrá apelar y solicitar un segundo dictamen, cuyo resultado será inapelable. En estos casos, el texto será devuelto al autor.
16. Cada autor recibirá cinco ejemplares del número del *Boletín de Monumentos Históricos* en el que haya aparecido su colaboración.

\* \* \*

Las colaboraciones podrán enviarse o entregarse en la Subdirección de Investigación de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH, en la calle de Correo Mayor núm. 11, Centro Histórico, México, D.F., C.P. 06060, tel. 40 40 56 50, exts.: 413014 y 413016.

correo electrónico: boletin.cnmh@inah.gob.mx

## Índice

- Breve semblanza de Leonardo Icaza  
| GUILLERMO BOILS M.
- Patrimonio, agua y arquitectura  
novohispana  
| LEONARDO ICAZA LOMELÍ
- Un vestigio acústico  
en el Carmen de San Ángel  
| LEONARDO ICAZA LOMELÍ
- La vara  
| RUBÉN ROCHA MARTÍNEZ

