

El legado técnico de los tratados de fortificación en América hispánica*

Jorge Galindo Díaz

Introducción

A lo largo del período comprendido entre los siglos XVI y XVIII se imprimieron en Europa al menos 250 títulos de diferentes libros consagrados al tema de la fortificación de plazas y ciudades. Estos libros, los llamados tratados de fortificación,¹ sirvieron como instrumento fundamental para hacer de la construcción arquitectónica algo más que una simple práctica artesanal: una disciplina del conocimiento. Así, haciéndose contenedores y transmisores de las argumentaciones técnicas, de los razonamientos constructivos y de las justificaciones operativas que aparecieron, se confrontaron y se transformaron a lo largo de esos años.²

Una rápida exposición en torno a la producción impresa acontecida en las naciones europeas que más influyeron en el mundo moderno, y una breve revisión de los contenidos de los tratados, sirven de contexto al análisis detallado de uno de los más importantes aspectos desarrollados con interés en sus páginas. Tal aspecto, que despertó en casi todos los autores una natural y especial preocupación, es la construcción de murallas, es decir, el más antiguo de los elementos de la fortificación que, por la diversidad de sus aplicaciones, no llegó jamás a quedar en desuso una vez superada la tradición medieval, aunque el edificio tomara la forma de castillo, fortaleza o ciudadela.³

Adicionalmente, se revisa, a través de algunas fuentes testimoniales y gráficas, la manera como los tratados de fortificación constituyeron un medio para la transmisión de las ideas y de los procesos técnicos, lo cual permitió que en lugares remotos y de muy complejas condiciones materiales fueran aplicados —casi siempre con rigor y con muy pocas adaptaciones locales— los mismos principios que dieron vida a los recintos amurallados europeos.

Los tratados de fortificación impresos a lo largo de los siglos XVI-XVIII

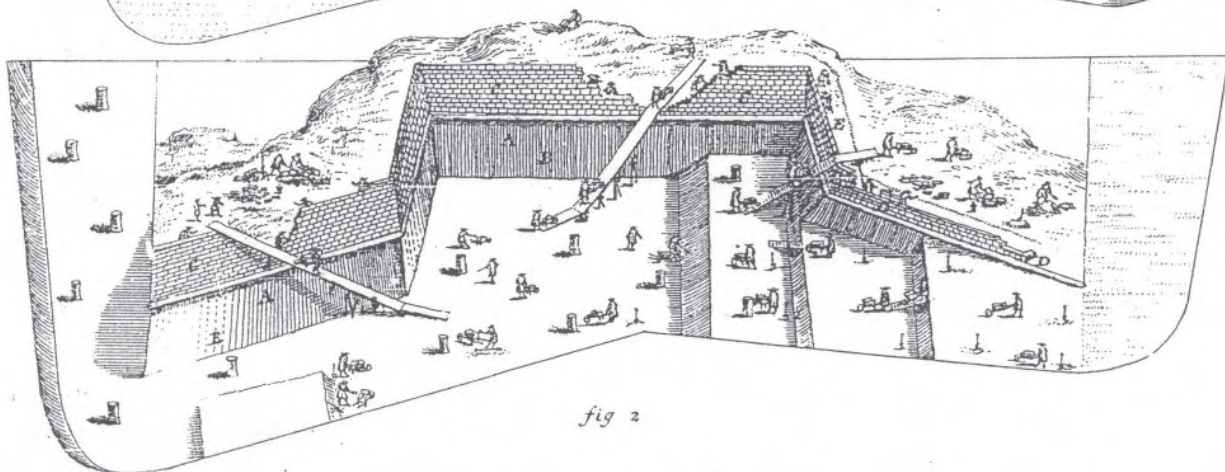
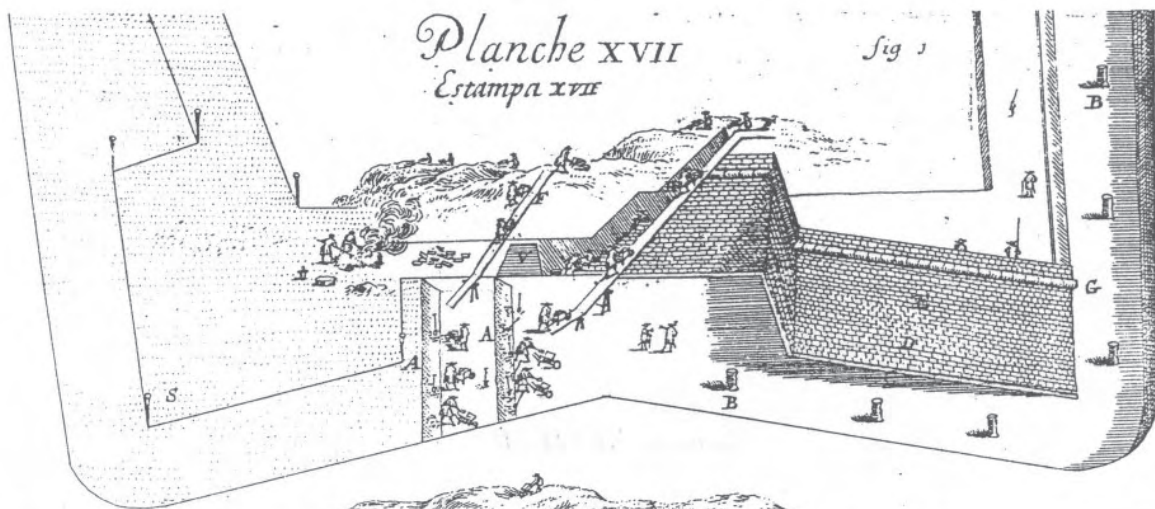
Es sabido que los primeros libros impresos en Europa aparecieron hacia 1448, en la región alemana de Maguncia; pero no por ello, con anterioridad a tal invento, dejaron de hacerse innumerables copias manuscritas de todo tipo de tratados, y entre éstos también aquellos que versaban sobre el arte militar. De tal forma se aseguró, por una parte, la vigencia de las tradiciones militares clásicas (en especial romanas) y, por otra, se realimentaron las opiniones y teorías acerca de la guerra y la construcción de murallas. Al respecto, Rykwert (1988) ha introducido una consideración importante: se publicaban muchos libros antes de que fuera introducida la imprenta, es decir, un libro se hacía público fundamentalmente por su difusión y también por la cantidad de copias que de éste

1 Todos los libros que se citan en este artículo fueron consultados directamente por el autor durante el desarrollo de su tesis doctoral, en bibliotecas de Madrid y Barcelona. Para una información más detallada y un análisis de cada uno de los tratados de fortificación mencionados véase Galindo (2000a).

2 Una de las conclusiones obtenidas a partir del estudio ampliado de los conocimientos constructivos contenidos en los tratados de fortificación es que dicho proceso de transformación de un saber artesanal depositado en los oficios a un conocimiento codificado y reglado, capaz de ser consignado en las páginas de los libros, se produjo en dos niveles: el que concernía a la evolución misma de los conceptos operativos, basados en razonamientos de carácter abstracto y vinculados a juicios de valoración más amplios y generales, y el que tuvo que ver con sus aspectos puramente prácticos, es decir, con la manera en que se resolvían técnicamente los particulares procesos constructivos.

3 No es de extrañar que Lanteri, un temprano autor italiano, incluyera en su tratado una explícita sentencia: "Il fabbricare di muro è principale professione di ingegnere" [La construcción del muro es la principal profesión del ingeniero] (1559, p. 75).

* Una versión inicial de este documento fue presentada como ponencia en el Congreso Internacional Fortificación y Frontera Marítima, que se llevó a cabo en la ciudad de Ibiza, organizado por el Govern Balear-unesco, los días 24 y 26 de octubre de 2003. A comienzos de diciembre de 2005 fueron publicadas las actas de este Congreso en un CD de circulación limitada. De cualquier manera, este artículo es una versión ampliada de la ponencia que en él fue presentada e incluye además ilustraciones no contenidas en el CD. El material gráfico que no lleva fuente es propiedad del autor.



Paroisse: fecit

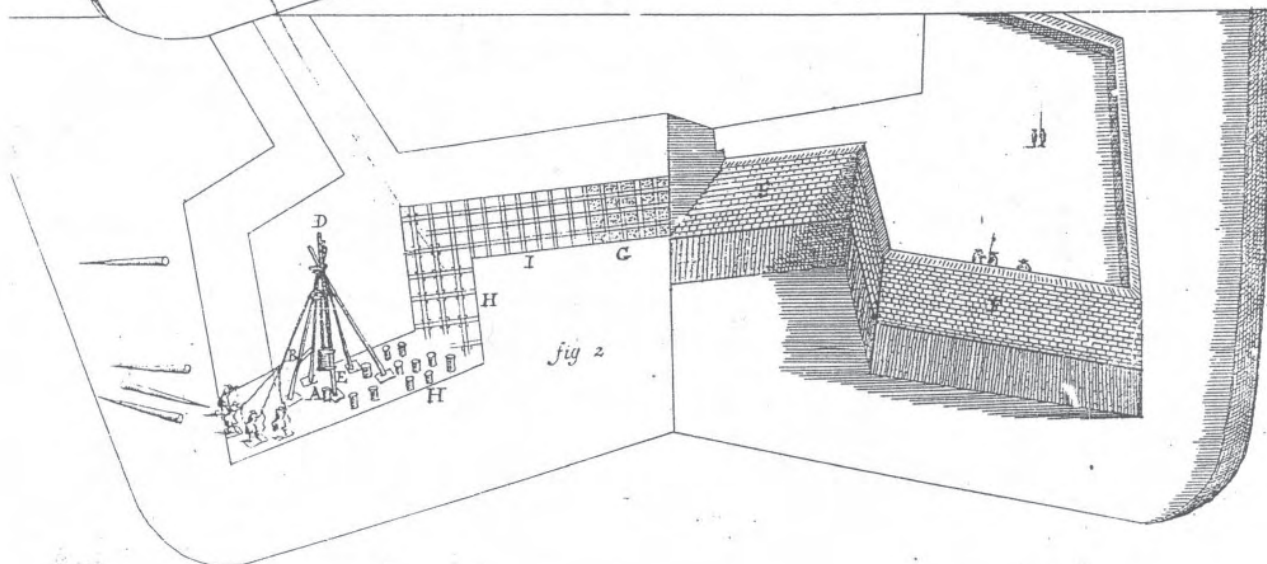
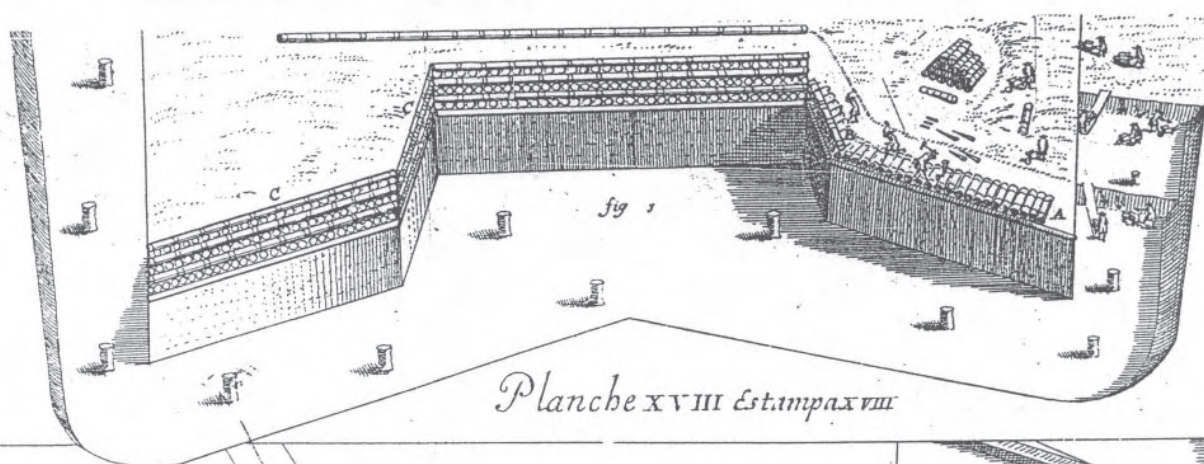
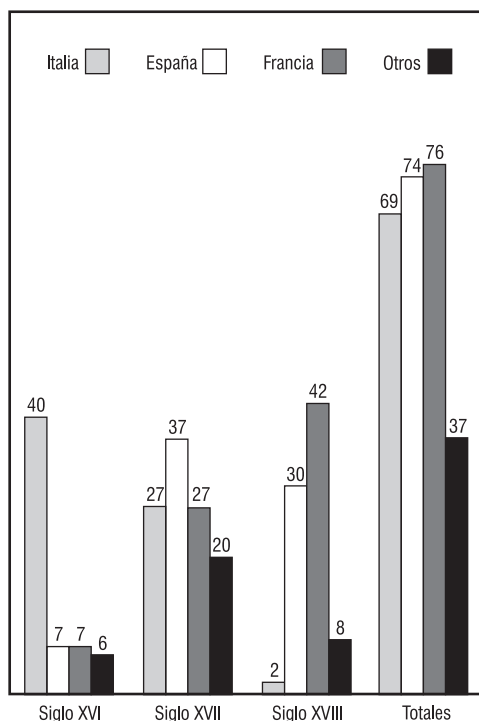


Gráfico 1.
Distribución espacial de los tratados de arquitectura militar impresos a lo largo de los siglos XVI al XVIII.



se hacían, las mismas que en algunos casos podían superar en número a los primeros tirajes impresos de varios títulos.⁴

De cualquier manera, a efectos del trabajo de investigación en el cual se soporta este artículo, sólo se han tomado como referencia 253 tratados impresos que aparecieron en lenguas italiana, francesa y castellana, durante el período cronológico ya mencionado y que se resumen en el Gráfico 1, de la cual es posible concluir lo siguiente: en el siglo XVI Italia era la nación que mayor número de publicaciones de arquitectura militar registra. Este período coincide con la aparición de la fortificación abaluartada, respuesta a la introducción del cañón accionado con pólvora.

Sin embargo, en el siglo XVII dicha producción impresa disminuirá a casi la mitad, y prácticamente desaparecerá en el siglo XVIII. Señalemos, además, que son los autores italianos los de mayor originalidad al registrar sólo una traducción en un volumen de 69 títulos (1,42%). Son ellos, precisamente, la fuente común que ha de nutrir los primeros tratados que aparecerán en Francia y especialmente en España, cuyos monarcas contaron para sí con la participación de ingenieros italianos en la construcción de obras públicas, trabajos de fortificación e, incluso, encargaron la redacción de tratados como el de Fiamelli, en 1604.

Por otra parte, es notorio que en los territorios de la Corona española la publicación de tratados de fortificación sufriera un aumento considerable en el siglo XVII: de los 7 títulos registrados a lo largo del siglo XVI se alcanzarán los 37 en el siglo XVII, para luego decaer ligeramente en el siglo XVIII. Si se tiene en cuenta que en este último período (1700-1800), de los 30 títulos 10 son traducciones (casi todas del francés), se podrá afirmar que el descenso es más notorio. Vale la pena recalcar el hecho de que tal avalancha de tratados de fortificación españoles coincide con el momento de mayor expansión militar de la Corona, que abarcaba territorios europeos y americanos. Finalmente, es posible afirmar que el número que indica la publicación de tratados de fortificación en Francia a lo largo de los 300 años que sirven de espacio temporal es siempre creciente y que también el número de traducciones es escaso (5,55%). Es, en últimas, la nación que más tratados impresos posee en su haber.

Parece inevitable vincular las variables en la aparición de tratados de fortificación con la vida política y militar de las naciones que sirven de referencia. Se sabe que Italia padece una agitada situación político-militar durante la segunda mitad del siglo XV y la primera del XVI; que España está en permanente lucha armada con Francia durante el XVII, a la vez que amplía sus dominios de ultramar, y que Francia entra en un proceso de revolución de las ideas que alcanza su momento de esplendor en el siglo XVIII, las cuales ejercerán una notable influencia en el ámbito político y cultural del siglo XVIII español, en virtud de las relaciones entre sus casas dinásticas.

Adentrándose en los aspectos de contenido, es necesario aceptar de antemano la premisa expuesta por González (1993), según la cual cualquier tratado publicado antes del siglo XX se puede clasificar dentro de los tratados integrales o los tratados parciales.⁵ Ello nos permite concluir que los tratados de fortificación corresponden al grupo de los llamados *tratados parciales*, los cuales cumplen con las siguientes condiciones: no incluyen simultáneamente los tres apartados tradicionales que cita González (*firmitas, utilitas, venustas*), se dedican a una específica tipología edificatoria (las obras de defensa) y desarrollan una teoría de

4 Hale (1977) ha estimado la cifra de mil ejemplares por edición como norma del número que se imprimían, al menos durante el siglo XVI.

5 En los tratados integrales se asume el estudio de lo que él llama "los tres apartados tradicionales": la teoría de los órdenes, las tipologías de edificios y la teoría de la construcción. En los tratados parciales se toman alguno o algunos de estos temas y los desarrollan generalmente de manera aislada, variando su escala de percepción, desde el elemento hasta la totalidad del edificio según el aspecto que desarrollen.

Figura página anterior:
Actividades constructivas propias de una fortificación a través de dos baluartes y un lienzo de muralla
(Fernández, 1688)

la construcción ajustada a sus intereses concretos (cimientos, murallas, arcos y bóvedas, al tiempo que se excluyen los temas relacionados con entresijos, cubiertas, pavimentos y prácticamente todo tipo de acabados). Además de ser ellos mismos tratados parciales, dentro del conjunto de los tratados de fortificación existen distintos grados de completez: si intentamos describir las cualidades de un tratado de fortificación ideal o “tratado al completo”, es necesario que cuente con algunas características: (a) una preocupación por la elección del sitio y determinación de la figura o traza, (b) la construcción material de la fortaleza y (c) los medios para su defensa y ataque.

Antes de introducirnos en el ámbito puramente tectónico, aclaremos que en los tratados de fortificación el término *construcción* puede hacer referencia a dos aspectos distintos, pero complementarios. Por un lado, a la “construcción sobre el papel”, es decir, al trazado gráfico del edificio con ayuda de métodos geométricos (plantas, alzadas y secciones) y numéricos (trigonometría); por otro, a la “construcción material y sobre el terreno” de las obras de defensa, expresada en aspectos muy concretos que giran, fundamentalmente alrededor del problema que representaba la construcción de murallas; sin embargo, también se evidencia una preocupación por conocer las propiedades de los materiales de construcción y su puesta en obra (piedra, ladrillo, tepes y morteros), por los cimientos que esas murallas requerían (pilotes, masas monolíticas, arcos de descarga, etc.) y por las obras complementarias como las excavaciones periféricas, los tipos de contrafuertes o la conformación de sus terraplenes.

Si se usa la tríada vitruviana (*firmitas, utilitas, venustas*) como patrón de referencia, se evidencia que el problema arquitectónico fundamental que interesa a la arquitectura militar es el de la solidez, que era la garantía de la permanencia de la obra y de su capacidad de resistencia ante el ataque de los enemigos. El siguiente aspecto desarrollado, en menor grado de preocupación, es el de la utilidad, un factor clave para tener en cuenta en el momento en que el edificio entraba en combate y debía garantizar su efectividad bélica. Finalmente, el tema de la belleza no se excluye, sino que se aparta del modelo clásico que sirvió de refe-

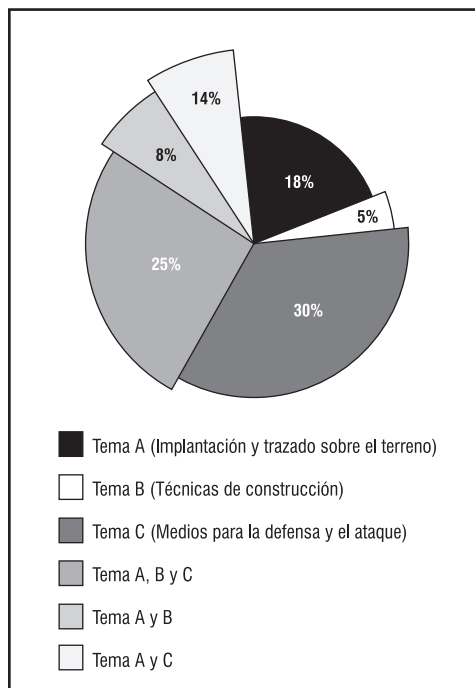


Gráfico 2.
Contenidos temáticos
de los tratados
de fortificación.

rencia a la mayor parte de los tratados de arquitectura civil. Para quienes se dedicaron a la fortificación, el ideal estético que se construyó paulatinamente buscaba el perfecto equilibrio de un riguroso y preciso trazado geométrico, con una solidez material a prueba de fuertes agresiones, y capaz de servir eficientemente a los hombres que la ocupaban.

De acuerdo con este modelo —el del tratado ideal que abarca simultáneamente los temas (a), (b) y (c)—, y luego de su comparación directa con los 253 libros estudiados, es posible afirmar que los tratados de fortificación pueden clasificarse conforme al Gráfico 2, y puede concluirse que ninguno de los tratados consultados excluía el tema de la implantación y trazado de las fortificaciones (combinación b-c), el tema (a) estaba presente en el 65% de los tratados consultados; el tema (b), en el 35%, y el tema (c), en el 69% de los tratados consultados.

Otra observación importante nacida de la comparación entre estos temas y la producción de títulos por países y por épocas, es que no parece existir una correlación entre contenidos y períodos cronológicos, y tampoco entre contenidos y nacionalidad de los autores. Su reparto es homogéneo.

VESTA forte di muraglia dalla scarpa riuelta, si che non ui si possono appicare le palle delle artiglierie, fu già pensata da Alberto Durerò, come si uede nella sua opera di fortificatione già molti anni sono stampata in Latino da Christiano Vuchelo in Francia. qual forte di muraglia benche sia assai sicura dalle batterie, è non di meno molto pericolosa ne gli affalti di scale, bastando al nemico h uere scale che solamente aggiunghino fino alla metà dell'altezza, alla quale ancora facilmente può arriuar la fascinata: e potendosi correre per quella scarpa, e sfuggir l'offese de' difensori. Pur doue siano c'fossi molto larghi, e cupi, io non la biasimo. Il modo del fare la coimatura, e scarpa predetta, tenuto dal Durerò, è migliore e dimanco spesa che questo del Castriotto, perche egli uuole, che si mettino alla superficie pietre lunghe con le teite in giù, e che si uenghi à fare un'opra, che sia si come questa scarpa fu: se un muro fatto delle dette pietre quadrate, che giacesse sul terrapieno tagliato à scarpa, e fusse sostenuto sotto da una uolta, che habbia per spalla il rimanente della muraglia, che uà à piombo.

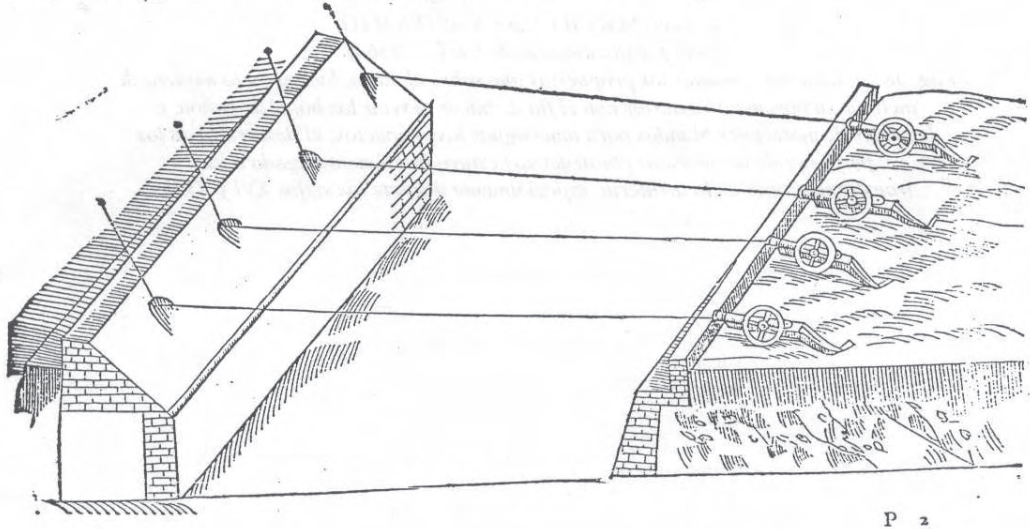


Figura 1.
Propuesta de un muro de tierra construido con una inclinación capaz de hacer rebotar las balas de cañón.
(Maggi & Castriotto, 1564).

De la transformación del concepto de muralla

Es un hecho aceptado que a partir del siglo xv empezó a operar un cambio de mentalidad respecto al tema de la fortificación: de un sistema defensivo basado en el amurallamiento circular de las ciudades, se adoptó, en el Renacimiento, una teoría mucho más compleja inscrita en un sistema global de protección de fronteras de los nuevos estados europeos, donde los efectos de las nuevas armas de fuego accionadas con pólvora, la destructiva acción de las minas y la valoración de los ángulos de tiro constituyeron un motor dinámico del pensamiento capaz de generar unas nuevas exigencias operativas y conceptuales.

Una de las primeras señales de esta transformación se advierte curiosamente en el tratado de alguien que como Alberti (1991),⁶ aunque no construyó fortalezas militares, se destacó, en cambio, como un arquitecto civil de importancia. En su tratado, el italiano abandona la clasificación tradicional de los elementos que componen la muralla (torres, cortinas y contrafuertes), tal como lo habían declarado ya Vitruvio y Vegetio —las fuentes clásicas de la

tratadística militar—, y los entiende como parte de un sistema complejo en el que las razones constructivas —sumadas a las estratégicas— incidían en la forma y la disposición del conjunto:⁷ “Y hay quienes piensan que el muro más seguro contra los ingenios de proyectiles es el que tiene un trazado tal que se asemeja a los dientes de sierra [...] Y al muro hay que adosar torres cada cincuenta codos, a modo de contrafuertes, sobresaliendo del muro con una parte frontal en círculo y más alta que el propio muro” (Alberti, 1991, p. 81). Incluso Alberti concede un valor constructivo a los elementos ornamentales de las murallas cuando afirma: “A las torres y a los muros las cornisas les sirven de adorno, les proporcionan solidez mediante la ligazón que suponen e impiden que se fijen las escaleras” (1991, p. 181).

Sin embargo, Alberti no fue el único tratadista del Renacimiento italiano que abordó el tema de la fortificación: ya en 1472 había aparecido el texto de Valtuario —donde además se recrean las técnicas militares clásicas—, seguido por otros autores como Zanchi (1554), Cataneo (1584), Maggi y Castriotto (1564) o Busca (1601), caracterizados todos por la manifiesta insistencia en la utilidad del conocimiento abs-

6 La obra de Leon Batista Alberti, *De Re Aedificatoria*, fue presentada al papa Nicolás V en el año de 1452 y editada por primera vez en 1485. A efecto de las citas textuales se han tomado de la versión castellana de 1991, con traducción de Javier Fresnillo Núñez.

7 Acerca del tratamiento de Alberti a las murallas militares, Tzonis y Lefaivre dicen que “el carácter realmente innovador del texto de Alberti no reside tanto en los detalles y en los cambios específicos en la forma de las fortificaciones propuestas, como en la estructura general de su discurso [...] ahora son contempladas desde un punto de vista diferente: ya no como componentes aislados, sino como sistema...” (1989, p. 319).

tracto aplicable a un extenso repertorio de formas y soluciones constructivas que aparecen explícitamente dibujadas en sus libros—como lo ejemplifica la Figura 1—, que evidencia, por lo demás, un esfuerzo por definir los límites propios de su actividad, con el fin de hacer de la construcción de fortificaciones una disciplina autónoma ligada al arte de la guerra.

Para algunos como Lanteri, “la primera cosa que es necesaria y sin la que no debemos hablar de la fortificación, es la comprensión de la forma, la cual no se puede poseer sin la ayuda de la Geometría”⁸ (1559, p. 3), y escuda su argumentación en la autoridad clásica por excelencia: “como dice Vitruvio, toda la Arquitectura nace de la fábrica y del discurso”⁹ (1559, p. 3). Esto fue complementado cuando Maggi y Castriotto dijeron que “Nadie pone en duda, que la fuerza de la muralla consiste más en la forma que en la materia, de tal manera que si ella no se hace con la guía del ingenio del Arquitecto, por gruesa que se haga, y de cualquier clase de piedra, o de ladrillo, que valientemente resiste a los impactos, será inútil ante los golpes de la artillería”¹⁰ (1564, fol. 21).

La teoría, entendida como discurso, comprensión de la forma, guía del ingenio o simplemente razón, impone a través de los tratadistas su presencia. Busca es claro en su sentencia: “Todos los edificios que se hacen con razón, consisten en fábrica y en discurso. La fábrica es la ordenada composición y constitución de la materia [...] el discurso rinde razón de la invención de la disposición y su comportamiento”¹¹ (1601, p. 105).

Y si los tratadistas italianos concedían una justificada importancia a la necesaria relación entre la materia del muro y su trazado geométrico, entre construcción y razón, no se puede descuidar a los dos primeros autores españoles dedicados el tema de la fortificación: Rojas (1598) y González de Medina Barba (1559). Para el primero, el conocimiento abstracto precede cualquier tipo de saber práctico o habilidad individual:

... tres cosas han de concurrir en el soldado, ó Ingeniero que perfectamente quiere tratar la materia de fortificación. La primera, saber mucha parte de Matematicas: si fuere posible, los seis primeros libros de Euclides, y el undécimo y duodécimo [...] La segunda es la Aritmetica [...] La tercera

[...] es saber reconocer bien el puesto donde se ha de hazer la fortaleza. (Rojas, 1598, fol. 1)

Medina Barba, por su parte, dedica la primera parte de su libro a la construcción de las figuras geométricas más usuales y que corresponden a la traza de fortificaciones (pentágono, hexágono, octágono, etc.), para luego hablar de la dificultad que representa trasladar dicha traza del papel al terreno. Este aspecto habrá de aparecer con frecuencia en los tratadistas de fortificación a lo largo de los siglos XVI, XVII e incluso del XVIII, puesto que el paso de la *figura al terreno* constituía una parte delicada del proceso de construcción de las murallas, donde se necesitaba de precisos instrumentos de medición. A diferencia de las herramientas, patrimonio de la artesanía constructiva (compás, escuadra, plomada, saltarregla, nivel, etc.), los instrumentos de medición eran producto del *ingenio*: se construían a partir de los dictados de la aritmética y de la geometría con el fin de mediar entre el proyecto y la obra, entre abstracción y realidad, entre lo inteligible y lo sensible. Pero, además, y a diferencia de las herramientas medievales que hacían parte del secreto edificado alrededor del oficio, los instrumentos de medición empezaron en el siglo XVI a gozar del adjetivo de *universales*, es decir, podían ser fabricados y empleados por cualquiera.¹²

Esta nueva concepción dio paso a la publicación impresa de libros consagrados a explicar la manera en que debían fabricarse y usarse los más diversos instrumentos, todos ellos útiles en las labores propias de la fortificación. El de Fludd (1618), por ejemplo, es un libro muy bien ilustrado que contiene la explicación de diversos instrumentos empleados en la medición de distancias horizontales, verticales y angulares, como el llamado *quadrante geométrico* (ilustrado en la Figura 2), y en un tono similar al que adoptarán García de Céspedes (1606), Ozanam (1700) y Bion (1716). La difusión de estos libros fue amplia: se sabe que en 1675 el español Joseph Zaragoza regaló a su rey Carlos II una caja que contenía diversos instrumentos matemáticos hoy extraviados, acompañados de su propio libro, donde se mencionaban con detalle “la regla de alaton, la pantometra militar, el triangulo filar, la cruz geométrica, el rhombo gráfico, el triángulo equilátero, el triángulo menor, el largavista, el

8 “la prima cosa, ché à colui che siunole dilettere delle fortificationi, fa mestiero, è la cognitione delle forme la quale non si puo vero perfettamente possedere, senza la Geometria”.

9 “come dice Vitruvio, tutta l’Architettura nasce da fabrica, et discorso”.

10 “Non è dubio alcuno, che la fortezza della muraglia consiste più nella forma, che nella materia; auuenghi che s’ella non farà aiutata dall’ingegno dell’Architetto con detta forma, per grossa ch’ella si faccia, e di qual si uoglia sorte di pietra, ò di matone, che gagliardamente resiste alle percosse, sarà nondimeno da’colpi dell’artiglieria”.

11 “Tutti gli edifici y quali con ragione si fanno consistono in fabrica, et in discorso. La fabrica è la ordinata compositione, et costruzione delle materie dalla quale [...] Il discorso rende ragione dell’invention della dispositione, et compartimento di esso”.

12 Para mayor precisión sobre este tema, véase Vérin (1993, pp. 174 y ss.).

Figura 2.
El "Quadrante
geométrico", en la obra
de Fludd (1618).

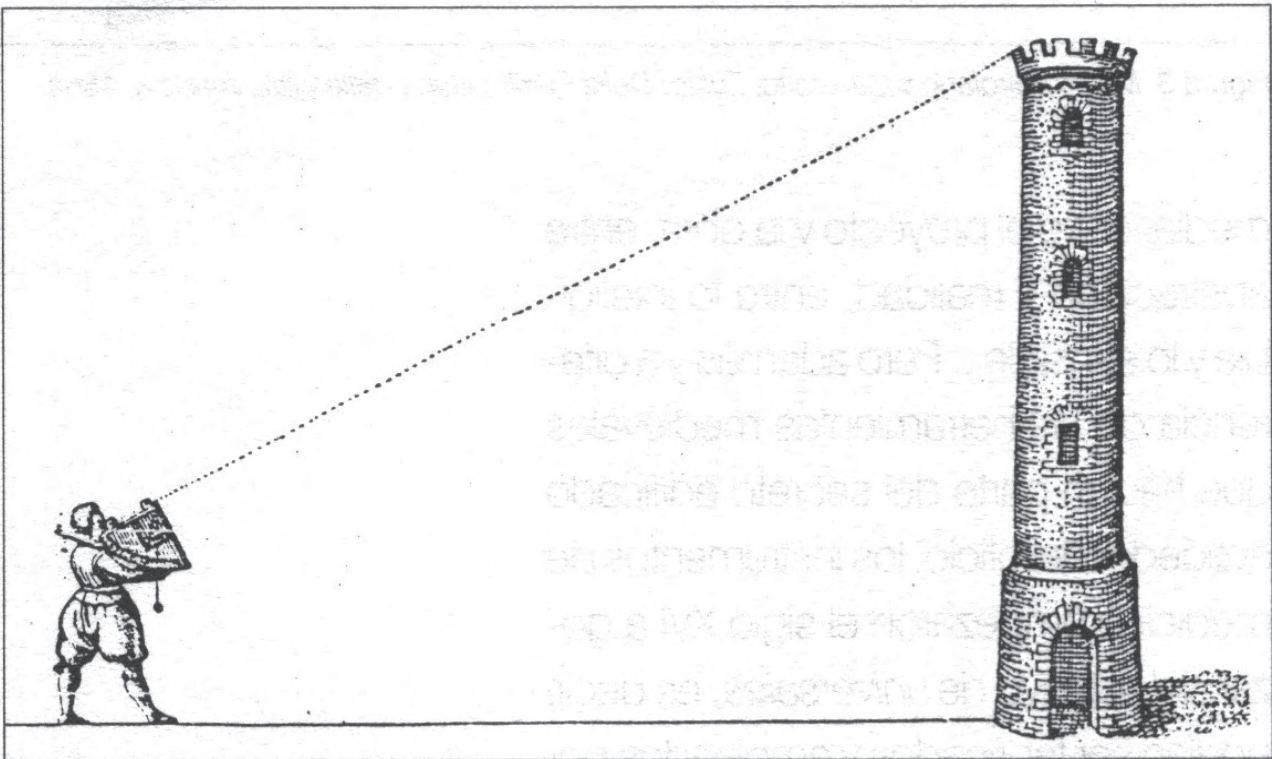
compás armónico, el compás de varilla, la cadenilla, una mesa, el pie de dicha mesa, y la esquadra" (Zaragoza, 1675, p. 72).

Ya se ha mencionado el hecho de que el siglo ^{xvi} demuestra un enorme predominio de publicaciones de los tratados de fortificación escritos por italianos y que a partir de 1600 tal proporción se ha de invertir a favor de Francia y España. Hay que señalar, además, que matemáticos, soldados y sacerdotes configuraron la base heterogénea de sus autores: los primeros se empeñaron en resolver el arte de la guerra mediante principios numéricos controlables; los segundos, con un conocimiento directo de los hechos constructivos que les permitía evaluar las soluciones técnicas empleadas, y los últimos, consagrados a la recopilación de los saberes de su época, con el fin de dejarlos atrapados en las páginas de extensas obras enciclopédicas.

El primer gran tratado militar del siglo ^{xvii} fue escrito por el francés Errard (1594), quien deja en claro desde las primeras páginas que uno de sus objetivos más importantes es fundar la práctica del ingeniero sobre las bases sólidas de la geometría: la expresión *reducción en arte*, que incluye en el título de su libro, consiste precisamente en dominar y controlar el

saber del ingeniero a partir del conocimiento matemático. En el ámbito francés, y dentro de los mismos principios conceptuales, a Errard le seguirán otros autores destacados como De Ville (1628) y Manesson Mallet (1672); sin embargo, es difícil afirmar si es la necesidad de razón matemática la que atrae a autores como Stevin (1589) y Marolois (1614) a escribir de la fortificación, o si, por el contrario, su interés por el tema responde a la dificultad del siglo ^{xvii} para fijar límites al conocimiento. Lo cierto es que ambos incluyen en sus obras extensos apartes dedicados a la construcción de recintos amurallados, incluso —como en el caso de Marolois— demostrando conocer aspectos prácticos de la construcción de murallas con tepes, y la cimentación de murallas ubicadas en el frente de mar.

A lo largo del siglo ^{xvii}, los principios y las fórmulas se repiten sin variación. Una vez el libro ha dejado constancia en los primeros capítulos de la necesidad del saber abstracto —y, en algunos casos, haciendo largas demostraciones geométrico-matemáticas—, el autor pasa a dar cuenta de las maneras posibles de adelantar la construcción. Es tan evidente el estado de estancamiento teórico acerca de la construcción de fortificaciones que el español



Bayarte escribe que “el [arte] de la fortificación ha llegado a tal estado, en que parece haber apurado los discursos, ò satisfecho los deseos, y assi se puede entender en todo lo essencial, hazelo evidente el aver cesado de escribirse, ni executarse cosa que pueda tenerse por nueva en la substancia, aunque se aya variado en el modo” (1674, p. 3). Como novedad, Bayarte se atreve a proponer un doble recinto amurallado donde el exterior no tiene otra intención que la de servir de mero obstáculo al enemigo. Su propuesta será rápidamente retomada por otros autores como el sacerdote Fournier (1649),¹³ y será finalmente aceptada, evaluada y desarrollada por el ejército francés en cabeza del Mariscal de Vauban, que dará paso a la fortificación moderna que tendría en el siglo XVIII su decisiva y última oportunidad.

De las soluciones constructivas

La práctica constructiva se consideraba parte integral de la esencia de la fortificación, tal como lo corrobora la aseveración de Fallois (1768), según la cual: “Esta es la fortificación, el arte de ejecutar un proyecto de construcción con toda la solidez y la economía necesarias que son la parte más importante tanto en el ataque como en la defensa de las plazas” (s. n.).¹⁴ No extraña que entre los requisitos que debía tener el arquitecto militar, estuviera el necesario conocimiento de las propiedades de los materiales y las estructuras, además de la aritmética, la trigonometría, la geometría y el uso de instrumentos matemáticos. A la persona encargada de dirigir los trabajos de construcción de una fortaleza, le correspondía intervenir en las labores de replanteo (trazar el perímetro de la planta sobre el terreno), en la excavación del foso y las zanjas para los cimientos y también en el alzado de muros y terraplenes. Sin embargo, en muchos casos, con la terminación del recinto no concluían los trabajos, sino que éstos incluían también la construcción de los edificios militares interiores (alojamientos, arsenales, iglesias, almacenes para víveres, municiones y pertrechos), y también de obras de infraestructura como pozos y cisternas.

Pero el uso de la razón no parecía ser suficiente para resolver los problemas que, con frecuencia, se presentaban en la construcción de los recintos amurallados. El número, la geo-

metría, no daban siempre buena cuenta a la hora de tener un terreno pantanoso, de contar con materiales deficientes o con una mano de obra sin preparación. Los libros también debían incluir un manual ante la adversidad, un conjunto de recetas frente a posibles problemas, un repertorio de salidas allí donde el discurso se agotaba, y donde sólo parecía quedar la praxis hundida en la misma tradición que los libros intentaban relegar.

Para el soldado y el artillero, formados al calor del combate, el ingenio era una actitud individual y no un estado del intelecto. En lo relacionado a la construcción de murallas, los problemas más urgentes—según los tratadistas de la fortificación— se resumían en los siguientes: (a) conformación de una base firme ante los distintos grados de compactación de los suelos, (b) estabilidad del muro frente al vuelco por efecto del empuje de los terraplenes, (c) solidez ante las agresiones de las balas de los atacantes, (d) compactación de los mampuestos (ladrillos, piedras o tepes) y (e) construcción de arcos y bóvedas correctamente medidos para soportar la acción de las bombas.

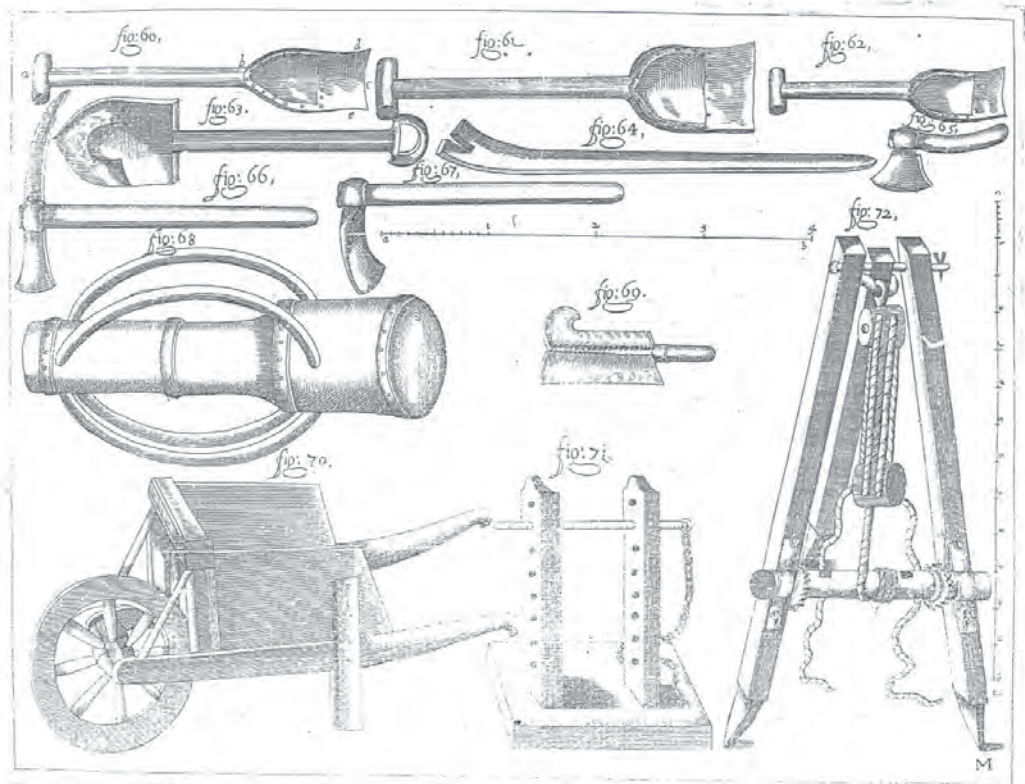
El proceso de construcción se iniciaba con lo que hoy denominamos replanteo, es decir, la traslación del contorno de la figura de la fortificación sobre el terreno. Para ello, se disponía de personas adiestradas en las matemáticas y, en especial, en la construcción geométrica a gran escala capaz de reproducir sobre el suelo las longitudes de los muros y los ángulos de las caras de los baluartes, con ayuda de instrumentos de medición y el uso de herramientas.

Este tema también inquietó a tratadistas como Fritach (1631), quien hace en su libro una descripción minuciosa de las herramientas de mano que se usaban en las obras de fortificación. Se trata de una explicación sobre algo tan importante y, a la vez, inadvertido como componente del saber del oficio de la construcción: cuatro figuras ilustran varios tipos de palas (Figura 3). La primera se recomienda para la extracción de tepes; la segunda, un poco más larga, es usada en lugares húmedos; la tercera se emplea para trabajar en lugares estrechos como las trincheras, y la cuarta, una pala ordinaria, resulta útil ante la tierra dura. Otras figuras describen hachas, picas (para romper cosas duras y resistentes) y hasta un azadón. En otras se representan un martinete de uso manual, una

13 Este autor francés pertenece al grupo de sacerdotes jesuitas que, interesados en la fortificación, contribuirá con su obra a una extensa lista de sacerdotes dedicados al tema; otros son: Siscara (1657), Dechalets (1677), Cassani (1704), Benavente (1704?) y Tosca (1712).

14 “C'est la Fortification, l'Art d'exécuter un projet de construction avec toute la solidité, & l'economie nécessaire qui en fait la principale partie, ainsi que l'attaque, & la défense des Places”.

Figura 3.
Las herramientas
ilustradas en la obra
de Fritach (1631).



podadora para cortar las ramas para hacer las faginas, una carreta de mano y un artificio para levantar grandes pesos. Para Fritach, los materiales de construcción exigen unos instrumentos adecuados capaces de optimizar su uso y su tratamiento. Las herramientas condicionan también a los sistemas constructivos, y de ahí su esfuerzo por codificar un saber que hasta ahora era propiedad exclusiva del saber artesanal.

El terreno sobre el cual se había de edificar no siempre correspondía con la mejor de las alternativas posibles. De Ville (1628), por ejemplo, considera varias tipologías: montañosos, rocosos, gravillosos, arenosos, pantanosos y con arcilla. Los dos primeros, según él, podrían ser buenos para cimentar, pero incapaces de suministrar la tierra necesaria para las obras: “En las montañas y peñascos se encuentran pocas fuentes de tierra y lo que hay demás son piedras revueltas, que no son precisamente la más apropiadas para realizar las obras. Aquellas que sirven para fortificar en estos lugares se deben resolver carreteando la tierra de lugares más próximos donde la hubiese” (1628, pp. 19-20).¹⁵ El terreno gravilloso, por su parte, no ofrecía mayores ventajas, tanto por

la baja cohesión entre las piedras como por los efectos del impacto de cañón sobre obras construidas con este tipo de tierras. El terreno arenoso no era tampoco mejor que el anterior, contrario al pantanoso, que consideraba de mayor utilidad pues, aunque requería ser excavado en tiempo de verano y cimentarse con pilotes, poseía tierra gruesa, la cual es manejable y con la que se pueden construir las murallas. Finalmente, concluye que el mejor terreno era el arcilloso, por su resistencia y maleabilidad, y recomendaba así aumentar su cohesión mediante el uso de faginas y maderas, lo que era una práctica común en las naciones del Mediterráneo y los Países Bajos.

Y ante las dificultades que planteaban suelos distintos, la cimentación se resolvía como regla general mediante el empleo de pilotes de madera. Cataneo (1584) explica los temas relativos a la construcción de cimientos usando el baluarte como elemento de referencia a partir del cual se permite generalizar el conjunto de la edificación. Las ilustraciones que nos enseña la construcción progresiva están siempre sujetas a la escala de la parte y no del todo. El primer caso es cuando el terreno es húmedo, y se resuelve cimentando, mediante pilotes hin-

15 “Aux montagnes & rochers il se treuve fort peu de terre, & celle qui y eft a trop de pierres meflées, qui ne font aucunement propers à faire les ourages. Ceux qui veulent fortifier en ces lieux se doiuent refoudre à la depenfe de faire charrier la terre des lieux plus proches qu’on la treuve”.

cados, en el área que han de ocupar las murallas, sobre cuyas cabezas se dispone de una mezcla de piedras y mortero de cal hasta formar una base horizontal firme. En el segundo caso, cuando el suelo es arenoso, se disponen los pilotes de forma horizontal a la manera de un doble emparrillado.

En cuanto al terraplén, o volumen de tierra, que servía de respaldo a las murallas, debía estar compactado, a fin de que su masa efectiva, en medio de los contrafuertes, constituyera los elementos dispuestos para contrarrestar su empuje hacia el exterior. El terraplén podía consolidarse mediante el empleo de haces de ramas llamados *faginas* o de pequeños bloques de césped llamados *tepes* que, con sus raíces y fibras, permitían un aceptable grado de unión entre sus piezas, con la ayuda adicional de pequeñas estacas. El uso de uno u otro material estaba dado por las condiciones naturales del emplazamiento y la proximidad del sitio a las fuentes de las materias primas. La ejecución del terraplén constituía sin duda una de las labores más dispendiosas, y hacía necesario que el ingeniero pudiera calcular con precisión los volúmenes de tierra que iba a remover, generalmente del foso, para luego transportar y apilar hasta darle forma.

El mallorquino Mut (1664) hace, por ejemplo, una descripción detallada de las variantes constructivas de un terraplén en función del tipo de recubrimiento que habría de protegerlo. Así, aun cuando la camisa fuera de piedra o ladrillo, el terraplén debía levantarse con algunos meses de anticipación, a fin de que la tierra se compactara y no produjera empujes por deformación a la fábrica. Tal compactación se hacía

mejor si se ponía la tierra por capas húmedas y apisonadas hasta por lo menos los dos tercios de su altura. En caso de usar piedras para el recubrimiento, éstas debían ser blandas con el fin de minimizar los efectos que sufrían frente a las balas de los cañones enemigos. Y si la muralla se hacía de *tepes*, estos debían ser de tierra gruesa, cortados en forma de cuña y colocados alternadamente a la manera de un *opus incertum* de la construcción romana.

Mut resalta la propiedad más importante de los *tepes*, que es su posibilidad de unión mediante las raíces de las hierbas que posee:

Algunos modernos ya desconfían de la unión de tepes; y así como van levantando el Terraplén, le viste de tierra muy pingue bien apisonada; echa agua sobre su cara exterior, y quando está muy humedecida, esparzen mucha semilla de qualquier yerva, ò gramen; y luego allanan toda la superficie de aquella tierra, que desta suerte encrostada, queda mas unida. (1664, p. 96)

No se detiene mucho en el tercer caso, cuando la muralla se hace de tierra y *faginas*; pero, a cambio, introduce una variante que seguramente conocía bien: la construcción con tapial, mediante el empleo de tablas que servían como moldes deslizables.

Uno de los temas de mayor polémica entre los tratadistas a lo largo de muchos años, será precisamente el de determinar cuál de todos los materiales resultaba más conveniente para su elaboración. El español Cristóbal de Rojas (1598) defiende el uso del ladrillo por encima de la piedra, en virtud de los distintos efectos que sobre ellos tienen las balas de ca-

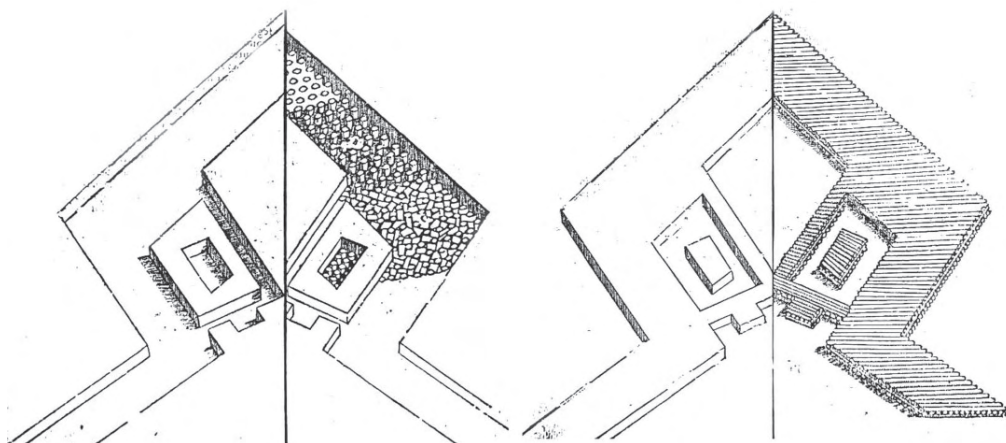


Figura 4.
Construcción de
cimientos y muros en la
obra de Cataneo (1584).

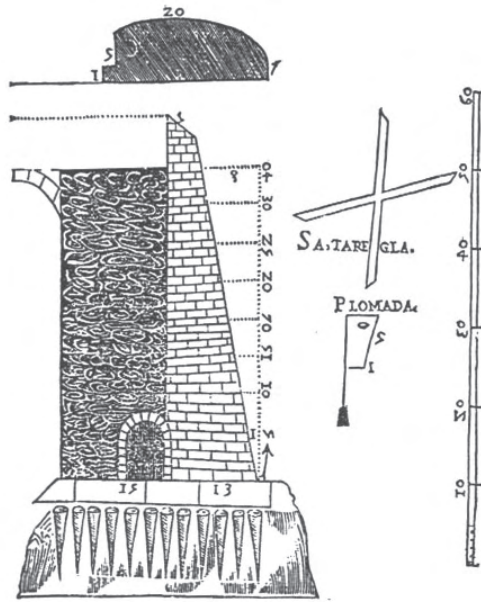


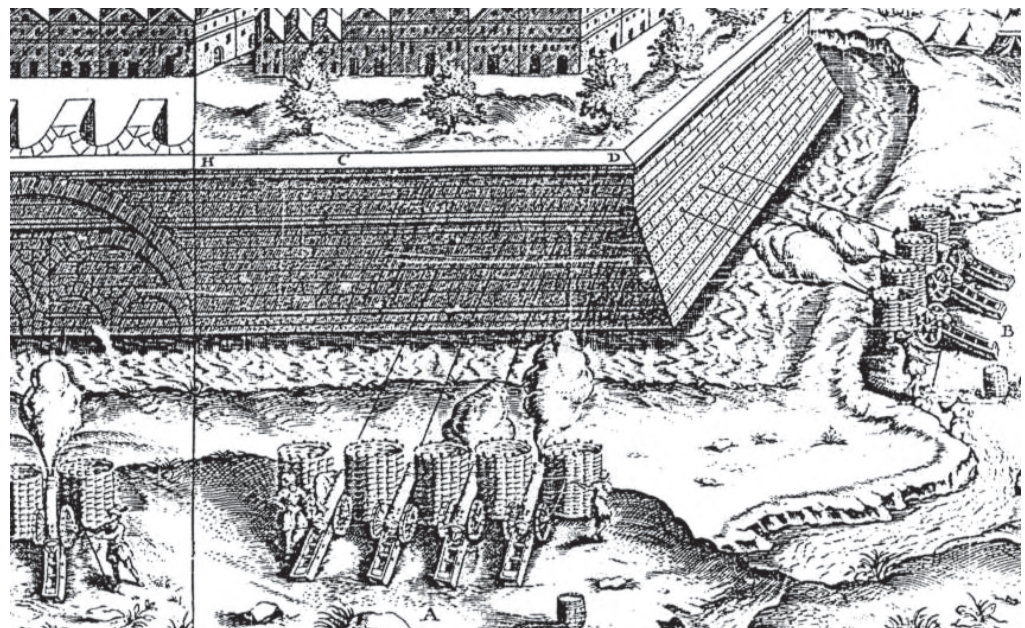
Figura 5.
Corte transversal de un
trozo de muralla, en la
obra de Rojas (1598).

ñón: ante el proyectil, el ladrillo se desmorona sólo en el área misma del impacto y se fragmenta en unidades pequeñas, en tanto que sobre la piedra, afecta la estabilidad del conjunto por tratarse de unidades más sólidas y de mayor tamaño. Desaconseja también construir murallas mixtas de piedra y ladrillo, y ante la dificultad que representara el obtener ladrillos, bien por su costo o por dificultades de transporte, prefiere hacerlas sólo en piedra, pero con el cuidado de que ella estuviera libre de salitre, de pelos, de caliches y de otras enfermedades

que suelen tener. Los sillares exteriores deberían ser pequeños, especialmente los de la mitad superior, y puestos en tizón; las piezas grandes se podrán emplear en la cimentación. Según este autor, la escogencia de los materiales está condicionada por sus características mismas, por el uso y por su comportamiento ante hechos que la función genera.

Para otros como Errad (1594), la muralla debía ser de piedra y construirse mediante un sistema de arcos y bóvedas que, insertas en su cuerpo, quedarían cubiertas y escondidas del paramento, con el espesor de una piedra solamente, para que los enemigos no las descubrieran y las convirtieran en blanco de sus ataques. Con este delicado sistema constructivo es indudable que se lograba un reparto uniforme de las cargas a lo largo de los lienzos de muralla y que se facilitaban los procesos de control de ejecución de las obras: "el cuerpo de la muralla se apoya en arcadas y bóvedas; y por debajo de estas arcadas, otras grandes arcadas, uniendo varios contrafuertes, de tal manera que estando contruidos en este sitio, las inferiores puedan subsistir durante largo tiempo, tal como se puede ver en la figura, marcados entre G y H".¹⁶ (Errad, 1594, p. 14).

Paralelo a estos asuntos, en algunos autores se encuentra el eco de otra vieja polémica acerca de cuál debería ser la geometría de los contrafuertes de la muralla, a fin de que demandara la menor cantidad de materiales po-



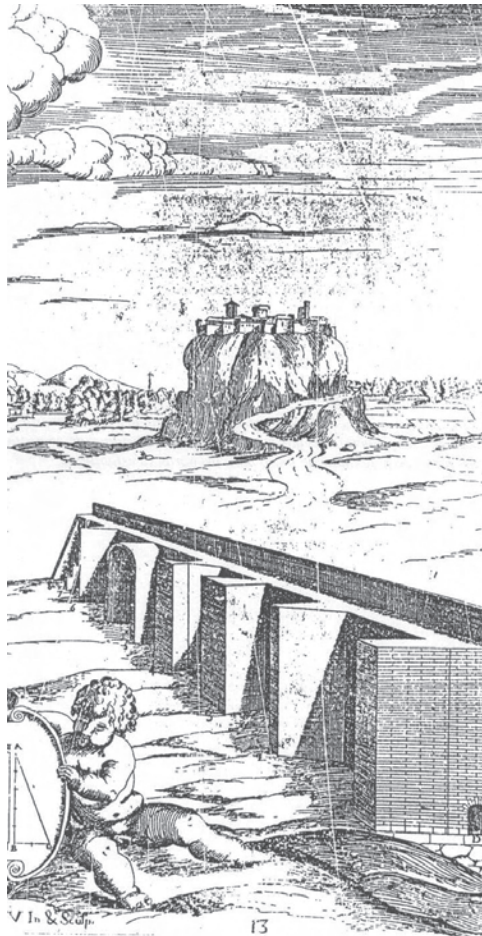
16 "le corps de la muraille sust en arcade, & vouté; & par dessus ceste arcade, autres grandes arcades, comprenans plusieurs esperons, afin qu'estant battuë en cét endroit, le dessus puisse subsister plus long temps, ainsi qu'il se peut voir en ceste figure, en ce qui est marqué entre G & H".

Figura 6.
Arcos de descarga
en las murallas,
según Errad (1594).

sibles y fueran a la vez más efectivos. De nuevo, Errard (1594) reclama la necesidad de unir los contrafuertes mediante arcadas, tanto en su plano vertical como horizontal; en tanto que De Ville (1628) incluye un repertorio de diez tipos distintos de contrafuertes, explicación que años más tarde será retomada literalmente por Fournier (1649).

Con el advenimiento del siglo XVIII, los ingenieros militares franceses se pusieron en la tarea de obtener recintos más complejos, dispuestos a la manera de un intrincado laberinto para el enemigo, con el fin de obtener más tiempo de resistencia. La durabilidad de las murallas se transformó en un intento por minimizar los efectos de la acción de las balas enemigas y alejar la artillería atacante mediante un sinnúmero de obras exteriores. Los llamados *sistemas Vauban*, desarrollados por Sebastian Le Prestre, mariscal de Vauban, son una clara muestra de la complejidad formal a la que llegó la conocida fortificación permanentemente abaluartada; sin embargo, las preocupaciones de este militar francés alcanzaron también asuntos de orden técnico, poco conocidos debido al carácter de secreto de Estado que cobijó sus escritos. Sólo hasta 1716, con la aparición en París del libro de Gautier, se harán públicos algunos de los métodos de Vauban para medir el espesor de los muros: un sistema gráfico que el propio mariscal había ido desarrollando con la práctica y que, incluso, le llevaba a la formulación de una tabla síntesis.

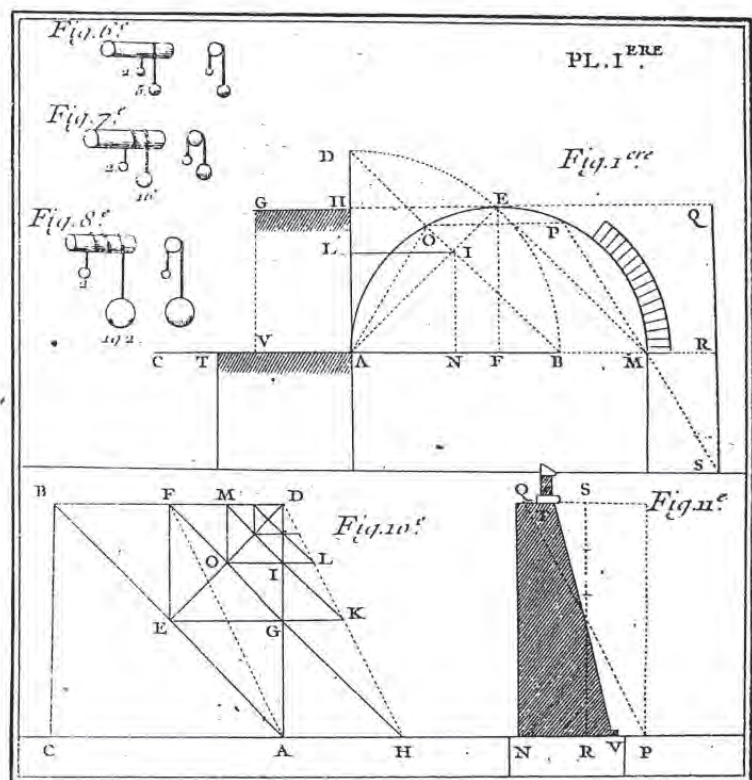
La concepción estructural, hasta la primera mitad del siglo XVIII, estará dominada por el sobredimensionamiento de la mayor parte de los elementos portantes, pensados siempre en términos de proporciones y asegurados mediante un sentido de lo macizo que se reafirmaba continuamente bajo el pretexto de la acción de las armas de fuego. La superación de tal método de razonamiento se logrará gracias al completísimo tratado del francés Belidor (1729), quien con métodos de orden numérico fue capaz de definir un modelo útil en la comprensión estructural de arcos, bóvedas y muros de contención: "Así, para comenzar a seguir el método según el cual me parece que el arquitecto deba ser tratado [...] hemos de enseñar en este libro, una nueva teoría para reglar el espesor de los revestimientos de mampostería".¹⁷ (1729, vol. 1, p. 4).



17 "Ainsi pour commencer à suivre la méthode selon laquelle il m'a paru que l'Architecte devoit être traité [...] nous allons enseigner dans ce Livre ci, une nouvelle théorie pour régler l'épaisseur des revêtements de maçonnerie".

Figura 7. Repertorio geométrico de los contrafuertes, según De Ville (1628).

Figura 8. Método gráfico para medir el espesor de los muros y de los pilares de los arcos, en la explicación de Gautier (1716).

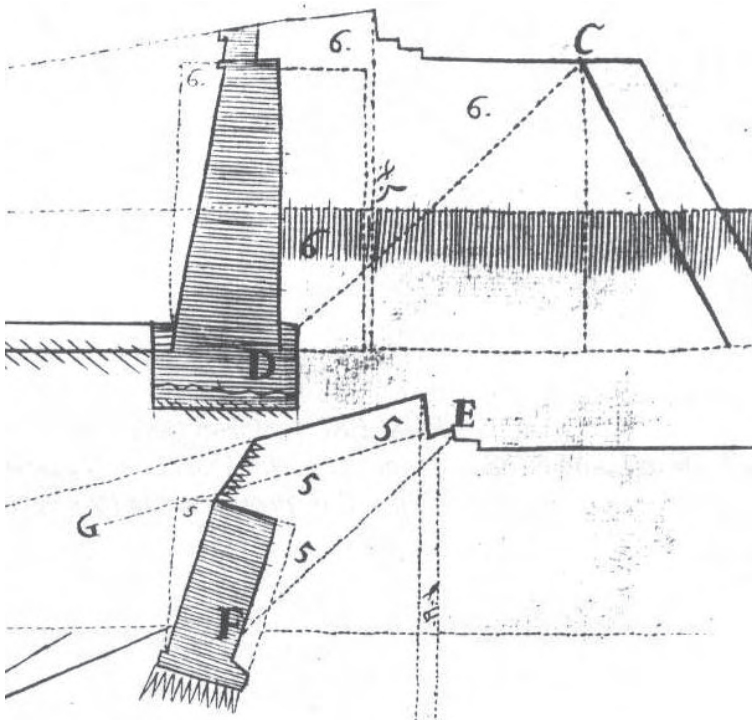


18 Un análisis detallado de los contenidos técnicos en los tratados de Belidor y Sánchez Taramas puede consultarse en Galindo (2000b).

19 Una reseña detallada de la obra escrita de Prósperi puede consultarse en Galindo (2001).

20 Según Vérin (1993), Vauban evalúa la capacidad defensiva de Casals, fortaleza de Piamonte, construida en 1681, calculando el tiempo presumible de su resistencia.

Figura 9.
Propuesta de muralla,
según Prósperi (1744).



Sus demostraciones serán corregidas y desarrolladas posteriormente en la Academia de Ciencias de París, y traducidas a numerosos idiomas, entre ellos al castellano, gracias al español Miguel Sánchez Taramas (1769), quien, en la presentación de su propio libro, explica acertadamente la importancia que para la fortificación tenía el conocimiento de las propiedades mecánicas de arcos y bóvedas: "Para la fabrica de los Almacenes de polvora à prueba de Bomba, es indispensable en un Ingeniero mucho fondo de habilidad, y de prudencia; porque en mi concepto, no se han establecido hasta ahora por algun Autor, Reglas seguras, que le dirijan" (1769, p. 43).

Aunque por la práctica se habían establecido principios y resumido en tablas algunas dimensiones, el autor cree conveniente "establecer una Theoria, que corresponda, y satisfaga à las varias circunstancias, que ocurran" (Sánchez Taramas, 1769, p. 44). Para desarrollar el tema, se plantea un conjunto de problemas en los que va aumentando progresivamente su complejidad, haciendo uso de razonamientos amparados en las leyes elementales de la mecánica. Así se logra precisar cuál debe ser el espesor de los pies derechos en función del empuje calculado, extendiendo luego su demostración a los arcos rebajados y ojivales.¹⁸

Sin embargo, con la segunda mitad del siglo XVIII se produce una radical transformación en los principios de la fortificación moderna: los elevados costos de las obras militares, la reorganización de los ejércitos y las nuevas tácticas de guerra abogan por unos edificios más compactos y austeros, que requieren soluciones técnicas baratas y rápidas de ser construidas. En Prósperi (1744), ingeniero militar italiano al servicio de la Corona española y destinado a las entonces remotas tierras mexicanas, encontramos uno de los primeros autores que reflexiona en tal sentido: "No puedo menos de admirarme en ver que hombres de primer nota están empeñados en gastar a los Principes cantidades considerables en la erección de unas Murallas, que muchas veces arruina el peso intolerable de sus terraplenes, quales a fuerza de contrafuertes, que entran en dichas tierras las mantienen en equilibrio" (1744, p. 64).

A cambio de las construcciones convencionales, Prósperi propone una muralla más corta, inclinada sobre el terraplén y acabada en su tercio superior con tepes. Mediante una demostración gráfica, Prósperi concluye que su ejemplo soporta menos peso y vence la misma altura que las murallas convencionales. Incluso va más allá de la escala del muro, y sustenta en el libro un completo sistema defensivo basado en su respuesta constructiva. Sin embargo, nunca atendidas sus cartas por el Rey de España, Prósperi regresaría a terminar sus días en Europa y dejaría en manos del francés Montalembert (1777) la tarea de sacar adelante en los ejércitos alemanes los efectos de su novedosa propuesta.¹⁹

Finalmente, hay que decir que tal variedad de situaciones técnicas requerían, sin duda, unos mecanismos de organización y control, que también inquietaron a personajes de la talla de Vauban, capaz de desarrollar un método de cálculo para evaluar la capacidad defensiva de una plaza, teniendo en cuenta tanto el número de hombres necesarios para su defensa y aprovisionamiento como el tiempo estimado de la resistencia a un sitio.²⁰ En la obra del también militar Le Blond (1777) es posible encontrar algunas de estas tablas que contienen, entre otras cosas, un cálculo detallado de las guarniciones, víveres, municiones y provisiones necesarias

para un determinado número de hombres en un lapso específico.

Todo esto se explica en cuanto la relación establecida entre objetivos y resultados se ha alterado desde fines del siglo xvii, producto de la aplicación de unos nuevos criterios internos de valoración en el ámbito de las fortificaciones: un rígido control sobre los proyectos, rapidez y rendimiento en los procesos de ejecución y un estricto seguimiento de los costos de la edificación. Todo lo anterior gana en relevancia si se tiene en cuenta que la repercusión de las obras de fortificación se extendía a un vasto conjunto de la sociedad: áreas devastadas o despobladas para facilitar la implantación de complejas fortificaciones y una política de expropiación de pequeños propietarios en beneficio de los gobernantes residentes desde afuera el llamado sistema de fortificación permanente.

Gracias a Belidor (1729) sabemos también que Vauban llegó a codificar los contratos de los trabajos de obra empleados por los ingenieros del Rey y que consideró, al menos, cuatro aspectos: las dimensiones principales de la obra, las cualidades de los materiales, el orden de los trabajos y las condiciones entre las partes. Belidor retoma estas propuestas en sus dos libros²¹ y propone un modelo general de contrato para los trabajos, denominado en francés *devis*:

Se puede entonces decir que un *devis* debe ser entendido como el jefe de obras del Ingeniero [...] El *devis* es una memoria instructiva de todas las partes de una obra que se quiere construir; él explica el orden y la conducta de los trabajos, las cualidades y los modos de los materiales, y generalmente todo aquello que interviene en la construcción y la perfección de la obra.²² (1729, vol. VI, p. 2)

Las instrucciones contenidas en éste deben estar claramente enunciadas, bien detalladas y sin omitir nada esencial; no deben dar lugar a equívocos y han de referirse, además, a la planta y al perfil del proyecto, es decir, al plano arquitectónico, que se entiende ahora no sólo como un instrumento de la acción, sino como su guía.

A través del *devis* era posible hacer un estimativo detallado de los costos para cada uno de los procesos constructivos, de tal ma-

nera que las actividades quedaran no sólo desglosadas, sino organizadas y programadas secuencialmente y constituyeran, sin duda, la expresión más elaborada de un proyecto técnico, tal como se entendía en el siglo xviii. A través de éste se regulaba todo aquello que intervenía en la construcción, en la deseada perfección de la obra. No era sólo una serie de mandatos, se trataba de la previsión, la anticipación, el control de lo hasta ahora incontrolable. El *devis* pone en palabras el saber de los oficios, lo ordena, lo regula, y así se convierte en el modelo abstracto por excelencia que pone a la práctica bajo el control de un modelo teórico.

Respuestas americanas

La monumental labor técnica y científica desarrollada por el personal militar español en los territorios americanos ha sido estudiada con detalle por Capel (1983 y 1988), quien señala acertadamente que durante el siglo xvi trabajaron en América, de manera desigual y poco cohesionada, varios ingenieros militares enviados por la Corona española, sin llegar a conformar todavía un cuerpo organizado encargado de acciones sistemáticas inscritas en un plan global. En el siglo xvii no se experimentarán cambios importantes, y sólo con la organización de los ingenieros militares en un cuerpo especial, a raíz de las reformas de 1711 impulsadas por el marqués de Verboom, se producirá un cambio de actitud hacia las posesiones españolas de ultramar y, más concretamente, en aquellos sitios donde su presencia era necesaria para adelantar trabajos de reparación de viejas construcciones o para iniciar la traza de proyectos de nueva planta.

Clima, materias primas y calidad del suelo no eran uniformes en toda América, y en algunos casos representaban diferencias sustanciales con lo hasta entonces conocido por los ingenieros españoles. Precisamente en un libro escrito por el español Fernández de Medrano (1688) encontramos una descripción que demuestra el asombro provocado por la variedad natural del Nuevo Mundo y en el que se alude de manera particular a una ciudad colombiana:

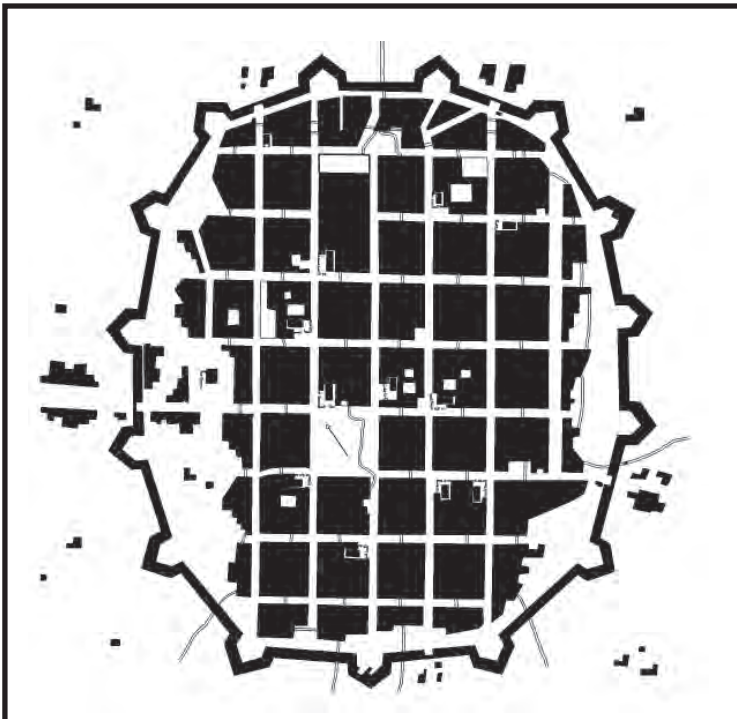
Hay en Popayan un Animal dicho Chucha, que mettiendo sus cachorros en un zurrón que tiene en el pecho, va con ellos donde

21 Belidor (1729) y Belidor (1737-39).

22 "On peut donc dire qu'un Devis doit être regardé comme le chef-d'oeuvre de l'Ingénieur [...] Le Devis est un mémoire instructif de toutes les parties d'un ouvrage, qu'on veut construire; il explique l'ordre & la conduite du travail, les qualités & façons des matériaux, & généralement tout ce qui rapport à la construction & à la perfection de l'ouvrage".

Figura 10:
*Plano de la
ciudad de Trujillo,
en Perú, siglo XVIII.*
Fuente:

Elaboración propia a
partir del plano existente
en la Colección Martínez
Compañón, Biblioteca
del Palacio Real, Madrid.



quiere; y por todo hay tales Arboles que de uno se haze un gran barco, hallense culebras como un muslo y Arañas como una mano llenas de pelo, hasta una hierba dicha vejuquillo, que como si tuviera infinito se àlarga à picar, y efto por toda tierra firme. (1688, p. 93).

La madera fue, sin duda, una de las primeras diferencias con la que se toparon los constructores: material imprescindible en las tareas de cimentación por pilotes y en la elaboración de estructuras provisionales y encofrados, no existían el roble, la encina ni el castaño, a cambio del guayacán, el cañafístolo, el mangle o la guadua. Sobre esta última, Cobo (1613), cronista de las Indias, escribía:

Son tan altas las guaduas que igualan y sobrepujan a los más altos árboles de la montaña; y así, cuando se cortan para los edificios y demás usos en que sirven, con quitarles más de la mitad que no es de provecho [...] sirven estas cañas de vigas a los edificios pobres, y las rajas o listas que de ellas se sacan, de travesaños; y por ser tan largas y livianas, se suelen hacer con ellas los andamios para las fábricas de los edificios... (1956, p. 232)

Además de la madera, era también imprescindible contar con los materiales necesarios en

la construcción de murallas: piedras, ladrillos y cal para hacer morteros. La ausencia de canteras obligó a que ciudades como Lima o Trujillo, construidas en una región seca y casi desértica, pero importantes como fuente de minerales, fueran amuralladas empleando las mismas técnicas pregonadas por los tratadistas italianos de fortificación del siglo XVI, es decir, empleando tierra y *faginas* en un recinto circular con baluartes, que en América se transformaron en grandes adobes de tierra, paja picada y excrementos animales. La ventaja adicional de estas obras era que podían absorber elásticamente el impacto de la artillería; sin embargo, en Lima pudo más la intención de una bella muralla y finalmente fue recubierta en mampostería.

La carencia de piedra caliza obligaba a elaborar la cal a partir de la cremación de conchas marinas, como nos lo señala de nuevo Cobo: "En la provincia de Nicaragua y en otras tierras marítimas donde se carece de cal, la hacen de conchas de la mar, y esta excede en blancura a todas las otras" (1956, p. 21), lo cual no llegaba a ser una respuesta autóctona, sino más bien el cumplimiento de una regla ya registrada por el español Sánchez Taramas: "... también se hace cal de toda especie de Hostras, y Conchas de Mar, la qual se aprecia mucho por su calidad exquisita; pues se enjuga, y endurece en muy poco tiempo" (1769, p. 170).

Pero uno de los testimonios más patéticos acerca de las dificultades que representaba construir en América para un ingeniero militar lo encontramos en un manuscrito redactado por el ingeniero Beranguer (1774), quien, pese a su apellido de origen francés, fue un militar español que actuó durante un buen número de años de la segunda mitad del siglo XVIII en territorios que comprenden lo que hoy es Chile y Perú. Empieza así uno de sus apartados: "Este Pays ofrece solo para las obras maderas y tierras, con que se construyen los fuertes. Materiales de poca duración, porque las maderas se pudren, y la tierra por delesnable se arruyna con las copiosas lluvias incesantes en el año [...] de manera que su construccion es laboriosa y engorrosa" (1774, fol. s. n.). Y aunque luego admite la presencia de piedras, señala la falta de mano de obra capacitada para su extracción: "... porque aunque no falta la piedra, falta quien la sepa cortar: no hay cantera ni oficio de Cantero alguno; falta la cal; y aunque hay el recurso de con-

chas, para tenerla, nunca podrá ser en cantidad, que pueda sufragar a dar toda aquella que se necesitare para los muros principales” (1774, fol. s. n.).

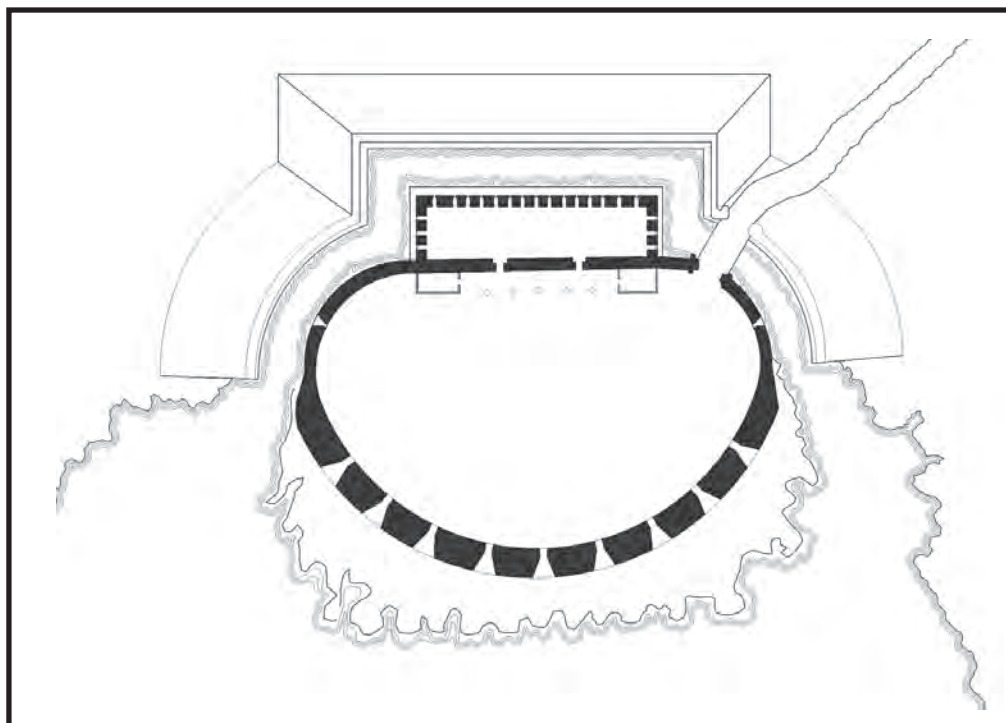
Líneas más abajo cuestiona también la calidad de las piedras: “Díge que no falta la piedra; esto es para una obra de poca cantidad; y aunque la hay, no considero se hallará de aquella calidad, que corresponde para una obra de fortificación; pues la poca que preparé para el Frente del Mar [...] que llaman Ladrillo, he reconocido que su formación es arena congelada de poca solidez, mui quebradiza por su blandura y que las Aguas la desmoronan” (1774, fol. s. n.). Pero, precisamente, tal acopio de dificultades obliga a Beranger a hacer una propuesta sobre la forma que el fuerte debe tomar debido a las limitaciones técnicas:

Mi pensamiento es formar un fuerte natural, cortado en la Peña dócil, o Greda dura [...] de manera que escogido el parage en las mismas orillas dominantes, facilitará, quitada la tierra que cubre la superficie, laboriar el Fuerte, o Batería, sin mas auxilio que el cortar en dicha Peña docil o Greda dura, las defensas [...] sus muros y frentes resistiran por su dureza natural el impulso e impetu de las balas de cañon. (1774, fol. s. n.)

Beranger demuestra una permanente preocupación por vencer las dificultades que le impone el entorno y por cumplir siempre con “las reglas y proporciones que dispone el Arte, y la Siencia de la Arquitectura Militar”. Una aproximación al resultado final de sus proyectos lo podemos contemplar en la Figura 11, que nos muestra el Fuerte de La Concepción en Valparaíso, en un plano realizado por Josep Antonio Birt, en 1764.²³

Los temblores de tierra fueron uno de los nuevos problemas más difíciles de resolver para los arquitectos e ingenieros españoles. En julio de 1785, por ejemplo, sus efectos se hicieron sentir en Santa Fe de Bogotá, hasta el punto de arruinar las torres de la Catedral, cuya demolición definitiva correría a cargo del artillero Domingo Esquiaqui, oriundo de Nápoles, pero al servicio de la Corona española, y destinado por aquel entonces a la capital neogranadina.

También es significativo el caso de la ciudad portuaria de El Callao, la cual constituyó, como otras tantas, un campo de pruebas para la labor de arquitectos e ingenieros militares, y cuya ventajosa posición estratégica hizo que su desarrollo fuera, durante algunos períodos, más acelerado que el de la propia Lima. Asolada por un terremoto en 1687, que obligó a la

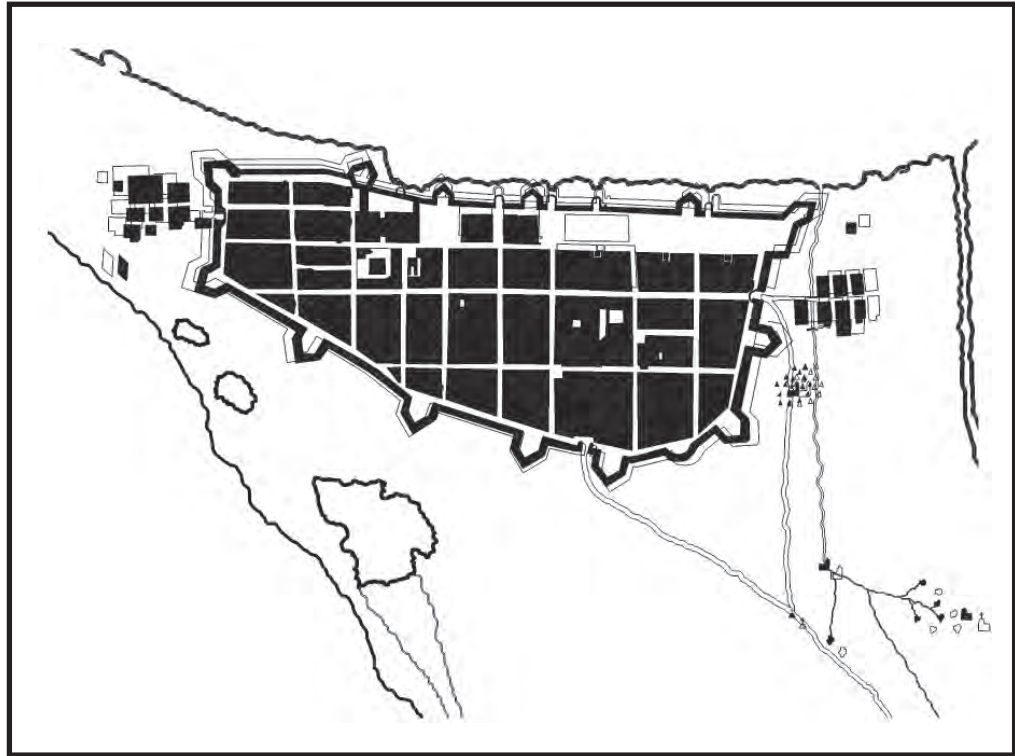


23 Más detalles sobre la obra de Beranger en Rodríguez y Pérez (1949).

Figura 11.
Plano del Fuerte de La Concepción, en Valparaíso, 1764.
Fuente:
Elaboración propia a partir del plano existente en el Archivo General de Indias, Chile, 434.

Figura 12.
*Muralla defensiva
de la ciudad peruana
de El Callao, 1746.*

Fuente:
Elaboración propia a
partir del plano que
existe en el folio 24 del
Ms. 400, Biblioteca
de Catalunya.



reconstrucción de buena parte de su muralla, contó desde entonces con un muelle de mampostería sobre pilotes de mangles proyectado por un fraile agustino.

Esta nueva construcción traería consigo la progresiva destrucción de la muralla que se vendría definitivamente abajo con otro terremoto en 1746. Durante la segunda reconstrucción se optó por olvidar el recinto que rodeaba la ciudad a cambio de una fortificación abaluartada bautizada con el nombre de El Real Felipe del Callao, proyectada por el francés L. Godin, y cuya traza guarda un parecido al castillo de San Fernando de Figueras, fortificación militar que fue durante años espacio de prácticas para los jóvenes ingenieros que se formaban en la Real Academia de Matemáticas de Barcelona.

Pero un conjunto de las más claras pruebas del papel que desempeñaron los tratados de fortificación en la América hispánica como transmisores de normas y reglas constructivas lo encontramos dentro del sistema de obras defensivas de Cartagena de Indias, cuya bahía llegó a contar con al menos doce de ellas, y que, si bien algunas tienen sus orígenes en pequeñas construcciones del siglo XVI, alcanzan entre 1700 y 1800 su período de

máximo esplendor y desarrollo de la mano de varios ingenieros que participaron en la génesis de los proyectos y su construcción. Además, en este caso, tales obras pueden testificar con hechos su solidez constructiva luego de haber padecido los ataques de tropas inglesas comandadas primero por Francis Drake, en 1586, y Edward Vernon, en 1741.

Existe un completo trabajo llevado a cabo por Zapatero (1979), donde se hace un recuento de los hechos históricos de la ciudad y las distintas fases de desarrollo de los trabajos de defensa. No vamos, por lo tanto, a repetir estos aspectos que implicarían una investigación mucho más extensa de la que aquí se expone. Sin embargo, bien podemos valernos de algunas de las citas e ilustraciones por él recogidas para verificar la validez que en, desarrollo de esos trabajos, tuvieron los conocimientos técnico-constructivos como habían sido codificados a lo largo de trescientos años.

Durante el siglo XVIII existieron en Cartagena dos etapas diferenciadas: (a) entre 1699 y 1732, en que las obras cuentan con la dirección del ingeniero militar Juan de Herrera y Sotomayor, quien desarrolla tareas que van desde mejoras en las viejas y desatendidas construcciones, como es el caso de la reparación

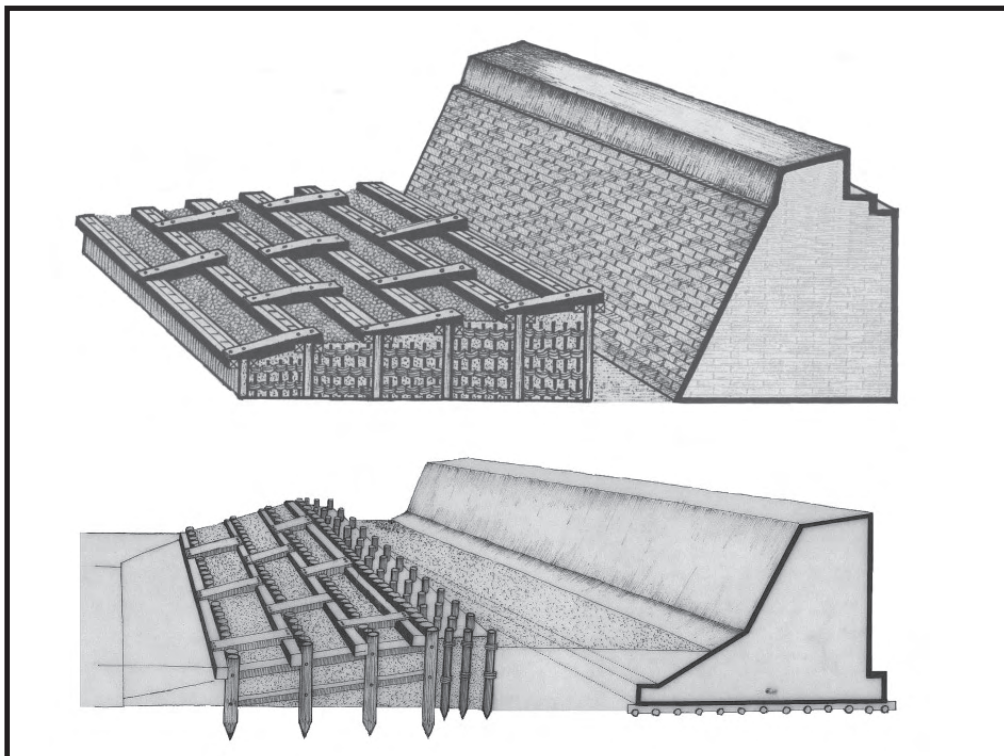


Figura 13.
Arriba: ilustración de Marolois (1614) acerca de la manera de cimentar sobre el mar.
Abajo: cimentación de muralla del frente de mar en Cartagena de Indias, 1721.
Fuente:
Elaboración propia a partir del plano hecho por Juan de Herrera que se encuentra en el Archivo General de Indias, Santa Fe, 472.

de las murallas que rodean a la ciudad y su arrabal de Getsemaní, hasta la construcción de nuevas baterías; y (b) entre 1741 y 1812, es decir, después de la destrucción de los ataques de Vernon, que es cuando se refuerza la presencia de ingenieros muy calificados e instruidos académicamente en Europa (Juan Bautista McEvan, Ignacio de Sala, Lorenzo de Solís, Antonio de Arévalo, entre otros).

Decir que para acometer trabajos tan extensos, de tanta envergadura y a lo largo de casi un siglo se tuvo que acudir al empleo de reglas e instrucciones ordenadas, tal como se expresaban en los tratados de fortificación, puede parecer una obviedad; pero si nos ponemos en la tarea de escarbar en documentos con el fin de hallar ejemplos, el encargo se hace un tanto más complejo, especialmente por las formas de expresión que ellas suelen adoptar.

Veamos con detalle algunos casos validables: durante el primero de los períodos señalados, se hizo necesario reconstruir uno de los baluartes pertenecientes al recinto que protege la ciudad por su frente de mar, el baluarte de Santa Catalina. Para ello, Juan de Herrera y Sotomayor simuló las obras necesarias en la intervención mediante un dibujo axonométrico,

que permitía reconocer su estado antes de la reconstrucción y después de ésta. El plano data de 1719 y muestra no sólo las diferencias entre uno y otro estado, sino que incluye la manera en que es necesario ganarle terreno al mar mediante el empleo de cajones de madera rellenos de piedras. Aquí, como en el tratado de Cataneo de 1584 (Ver figura 4), la escala de percepción es el baluarte; el recurso expresivo es el mismo, la axonometría, y la idea de exposición se mantiene, la representación de etapas de la acción y de ideas precisas que se deben acometer. Lo que presenciamos no sólo es un dibujo, es una forma de razonamiento.

El segundo ejemplo es también bastante claro: durante las obras dirigidas de nuevo por Herrera y Sotomayor se hizo necesario cimentar la muralla del baluarte de Santa Catalina. El dibujo del delineante José Figueroa, que muestra una sección en perspectiva, parte necesariamente de la ilustración del tratado de Marolois de 1614, y que retomará Fournier en 1649. Es decir, el empleo del conocimiento técnico, en sus diferentes formas y expresiones, permite llegar a respuestas y soluciones concretas, y a veces idénticas, a pesar de la distancia geográfica y cronológica. De dos situaciones expuestas y resueltas en dos trata-

dos de fortificación distintos, llegamos a dos usos racionales sobre casos particulares.

Ya se ha mencionado que durante el segundo período del desarrollo que se presenta en Cartagena de Indias el nivel técnico de los ingenieros llegados es mayor, con lo cual se tienen también planos más precisos y detallados que buscan resolver las dificultades operativas. Así, en un plano realizado por Lorenzo Solís, en 1756, que muestra las características y dimensiones de los cajones empleados en las tareas de cimentación, se detallan las instrucciones para su fabricación, a fin de que se tenga cuidado del trabazón y ensamblaje de las tablas que lo componen, para valerse también de dos secciones perpendiculares y de una escala gráfica.

A partir de ese dibujo podemos concluir dos ideas: (a) que existe la necesidad de detallar al máximo el desarrollo de las acciones técnicas y (b) que el plano expresa el afán del ingeniero por controlar aquello que hasta ahora se regía por las habilidades de los operarios. En el mismo sentido apuntan muchos otros ejemplos, en los que se evidencia que el plano mismo es el contenedor de las instrucciones necesarias para cumplir con los objetivos propuestos.

Finalmente, mencionemos un caso que es particularmente significativo, puesto que involucra a un personaje que perteneció a la Real Academia de Matemáticas de Barcelona, primero como alumno y luego como profesor: Carlos Cabrer y Rodríguez, quien realizó prácticas en las obras de San Fernando de Figueras (entre 1778 y 1782) y, por último, fue enviado a Santa Fe de Bogotá, donde alcanzó a realizar algunos proyectos importantes antes de regresar a España. Nace en Madrid hacia 1760, hijo del también militar Carlos Cabrer y Suñer, quien según Capel (1983) desarrolló tareas en América y, específicamente, en las ciudades de Montevideo y Buenos Aires, en 1766. Destinado primero a Rosas, en 1776, Carlos Cabrer y Rodríguez ingresa a la Academia de Barcelona de donde sale en 1778 con la calificación de "sobresaliente en matemáticas y dibujo". Trabaja en Barcelona como ayudante de ingeniero y pasa a Figueras en 1779. En 1782 es destinado a Santa Fe, y su primera preocupación pasa a ser el llevarse consigo a su sobrestante y a su albañil.

De los fondos existentes en el Archivo de la Corona de Aragón en Barcelona (Caja 125), hemos podido consultar la carta dirigida a Antonio Sopena, por entonces al mando de las obras de San Fernando de Figueras, mediante la cual se le autoriza pasar a América en compañía de sus dos colaboradores:

El ingeniero ordinario D. Carlos Cabrer solicitó al Rey la gracia de llevar consigo a Santa Fe a Manuel Poll y Baudilio Vidal, el primero para sobrestante y el segundo para oficial de albañilería de las reales obras que han de executarse en aquella Capital. S. M. se lo ha concedido y de su R. Orden se me ha remitido el correspondiente pasaporte para que yo lo dirija a Cabrer, si me consta la aptitud de los referidos individuos [...] Antes de verificarlo, conviene que V. S. se informe de las circunstancias que concurren en estos sujetos y su disposición para los empleos de que se trata... [Firma: Francisco Sabatini, el 16 de octubre de 1792].

Tal hecho parece evidenciar la necesidad que tiene el ingeniero de trasladar consigo a la parte de su saber técnico, depositado todavía en los oficios. Del paso de Cabrer por Colombia, entre 1792 y 1805, nos quedan al menos tres planos, todos ellos conservados en el Archivo General de la Nación: un croquis de la ciudad de Santa Fe de Bogotá y sus alrededores en 1797; planos y perfil que demuestran el estado en que se encontraba en 1797 el edificio destinado como Casa de la Real Administración de Correos, que se construía en Bogotá (se incluyen detalles de las puertas, arcos, cornisas y basas), y planos, perfil y elevación de una alcantarilla que se ha de hacer en el Camellón del Puente Grande, en Bogotá, 1799. Del legado de los maestros de obra nada sabemos.

La extensión y la complejidad de los nuevos territorios guardan, con seguridad, muchos ejemplos similares que aquí serían difíciles de sintetizar, pero que evidencian la estrecha relación entre ingenieros, arquitectos, alarifes y, por supuesto, tratadistas. Se demuestra así que el flujo de conocimientos y de tradiciones prácticas fue una constante que se extendió incluso en los años posteriores al proceso de independencia del imperio español. Todo ello se encuadró siempre en una dinámica tremen-

damente viva e intensa que entierra en el territorio una tradición técnico-constructiva de la cual todavía quedan numerosos ejemplos edificados.

Conclusión

Se ha comprobado que los tratados de fortificación no se limitaron a ser los depositarios de un conjunto de saberes, almacenados en los estantes de las bibliotecas como parte de la memoria que se tiene sobre el pasado, sino que, por el contrario, fueron la fuente de la cual se nutrió el cuerpo militar de ingenieros españoles que se extendería por Europa y América.

La codificación del conocimiento por medio del lenguaje, y a través de las formas ya reconocidas de sus relatos y mediante recursos expresivos característicos, permitieron que el saber fuera fácilmente transmisible y reconocible, tal como se verifica a través del estudio de algunos de los ejemplos citados. Pero, ¿era suficiente con estos conocimientos tal y como se ha identificado en estas páginas, para asumir la tarea de construcción de complejos conjuntos fortificados? ¿Bastaba acaso con conocer los más remotos o recientes tratados para resolver el inabarcable abanico de los casos particulares, de los pequeños detalles y de las mínimas variables que surgen en la construcción de una edificación? ¿Qué papel desempeñaban las formas del saber en este proceso de confrontación con la práctica?

En conclusión, la cantidad de conocimientos constructivos sí era suficiente, pero no sólo por la profundidad de sus contenidos, sino también por su extensión, es decir, por el dominio de un mayor número de parcelas del saber, en especial de aquellas que le brindaban medios operativos para la acción: conocimiento de los materiales y de su empleo, principios de geometría y matemáticas, al igual que comportamiento estático y mecánico de las estructuras.

Se ha afirmado también que los tratados eran guías para la acción, luego ellos eran un buen punto de referencia del cual un ingeniero podía tomar reglas y organizar instrucciones con las que podía resolver los problemas constructivos, pero también necesitaba de ese conjunto de saberes no formalizables depositados en los operarios: las habilidades. Hay que recordar que los tratados están planteados

precisamente para resolver lo imprevisto, la multiplicidad de variables, empleando para ello un conjunto de alternativas. Por todo esto, es posible constatar que la técnica constructiva requiere la trilogía de saberes que se había venido desarrollando desde el siglo ^{xvi} y que alcanza su madurez en el siglo ^{xviii}: reglas, instrucciones y saberes artesanales, indispensables para la práctica de la construcción.

El espacio de esta reflexión se limitó al de la construcción arquitectónica, considerada una técnica particular, y compuesta por un conjunto de acciones controladas por el hombre a fin de transformar la materia en un objeto arquitectónico, es decir, en un edificio. En esta labor intervienen unos conocimientos que son útiles tanto en la fase de concepción y diseño como en aquella que es propiamente operativa. La construcción, por sí sola, no es arquitectura; esta última se basa en un plan más complejo donde la técnica existe para resolver las necesidades funcionales y alcanzar las intenciones compositivas. Sin embargo, es posible hacer estudios de cada uno de tales aspectos de manera más o menos autónoma, sin que ello implique el reconocimiento de una total y absoluta independencia. Hacerlo sería desconocer los límites que encuadran el concepto general, y abarcar otros que les son próximos, como pueden serlo la pintura, la escultura y hasta el propio diseño industrial, para citar sólo tres ejemplos.

Esta reflexión ha tenido como objetivo general hacer un reconocimiento de los procesos de generación, transmisión y aplicación del conocimiento constructivo a lo largo de un período de la historia que constituye el antecedente inmediato para la comprensión de la continuidad de la técnica en la América hispana. Se insistió, además, en que debería concentrarse no sólo en los hechos constructivos, sino también en las categorías y formas del saber que lo hacen posible: una historia de los procesos técnicos no puede hacerse sobre el mismo modelo que permite construir una historia de las ciencias o de las humanidades.

Para comprender una técnica es necesario pasar examen a sus particularidades y a sus casos concretos, lo que requiere una revisión de sus interrogantes, de sus aciertos y de sus errores; pero, sobre todo, difícilmente puede prescindir de considerar las transforma-

ciones del pensamiento y sus manifestaciones, pues una técnica no sólo es el conjunto de los artefactos o un recuento de las maniobras prácticas. Uno de los aspectos más interesantes del modelo asumido aquí como herramienta de trabajo es que contempla todos los ámbitos que componen una técnica: desde los abstractos hasta los puramente prácticos.

Hasta ahora sólo hemos reconocido una pequeña parte del cordón umbilical que vincula a las técnicas constructivas europeas y americanas: los comienzos del siglo ^{xv} y los últimos años del siglo ^{xviii} son los bordes de esta investigación. A lo largo de este período se construye la figura del arquitecto militar y del ingeniero, a la vez que sucede una transformación profunda y extensa que no se trata de complejas revoluciones tecnológicas protagonizadas por destacados individuos de una comunidad científica, ni siquiera de una misma profesión, sino de cambios acumulativos en el cuerpo doctrinal de conocimientos y en las formas del pensamiento llevadas a cabo dentro de una dinámica particular, aquella que nace de la contradicción entre lo racional y su más clara negación: la guerra.

Esta particularidad no se puede perder de vista: lo que presenciamos no es una historia de los edificios militares ni de los procesos constructivos en su sentido estricto. Asistimos al conjunto de ideas y actos que hacen de la arquitectura y la ingeniería militar una disciplina autónoma, ceñida por principios y por reglas, y que se convierte en una nueva realidad social, especialmente política; pero, sobre todo, en una realidad epistemológica que recombina el orden de los saberes existentes.

De todas maneras, este trabajo no se trata de un producto acabado. Cada tratado, cada edificio al que se hace referencia, cada autor, cada idea expone ante nosotros un universo propio, rico y complejo donde transcurren tantas sugerencias como son posibles. Esta investigación, como lo pueden ser todas, es en el fondo una provocación para continuar recorriendo por el espacio de las ideas y, en nuestro caso, por el espacio de la técnica, que, desde hace muy pocos años, se ha venido desenrollando y extendiendo sobre nosotros como cuando se corta por su eje una cinta de Moëbius.

Referencias

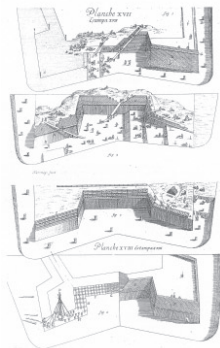
- Alberti, L. B. (1485/1991). *De Re Aedificatoria* (ed. castellana). Madrid: Akal.
- Beranger, C. (1774). Relación que comprehende generalmente la situación y consistencia de la Ysla de Chiloé. En *Manuscrito 400. Biblioteca de Cataluña, carpetas 1 y 2*.
- Bayarte Calazans y Avalo, J. (1674). *Contragalería, un nuevo aderente a la defensa del fosso*. S.l.
- Belidor, B. F. (1729). *La Science des Ingénieurs*. París.
- (1737-39). *Architecture hydraulique, ou l'Art de conduire, d'élever et de ménager les eaux*. París.
- Benavente, N. (1704?). *Conclusiones matemáticas de arquitectura militar*. s. l.
- Bion, N. (1716). *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématiques*. París.
- Busca, G. (1601). *Della Architettura Militare*. Milán.
- Capel, H. (1983). *Los ingenieros militares en España. Siglo ^{xviii}: repertorio biográfico e inventario de su labor científica*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- (1988). *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo ^{xviii}*. Barcelona: Serbal-csic.
- Cassani, J. (1704). *Escuela militar de fortificación ofensiva*. Madrid.
- Cataneo, G. (1584). *Dell arte militare libri cinque*. Brescia.
- Cobo, B. (1613/1956). *Historia del Nuevo Mundo* (Ed. a cargo de Francisco Mateos). Madrid: Atlas.
- De Ville, A. (1628). *Les fortifications*. Lyon.
- Dechales, M. (1677). *L'art de fortifier*. París.
- Errard, J. (1594). *La fortification demonstrée et reduicte en art*. París.
- Fernández de Medrano, S. (1688). *Breve descripción del mundo, o Guía Geographica de Medrano*. Bruselas.
- Fallois, J. (1768). *L'Ecole de la Fortification ou les élémens de la fortification*. Dresde.
- Fiamelli, G. F. (1604). *Il principe difeso*. Roma.
- Fludd, R. (1618). *Ultriusque Cosmi*. Francofurti.
- Fournier, G. (1649). *Architettura Militar*. París.
- Fritach, A. (1631). *L'Architecture Militaire ou la Fortification Nouvelle*. Leyden.
- Galindo, J. (2000a). *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo ^{xviii}*. Cali: Universidad del Valle.
- (2000b). La ciencia de los ingenieros... en la primera mitad del siglo ^{xviii}. *Informes de la Construcción*, 467, 47-54.

- (2001). Arquitectura militar en la América del siglo XVIII: asimilación, hibridación, resistencia. *In: Formes de la Construcción*, 471, 59-64.
- García de Céspedes, A. (1606). *Libro de instrumentos nuevos de geometría*. Madrid.
- Gautier, H. (1716). *Traité des Ponts*. París.
- González de Medina Barba, D. (1599). *Examen de fortificación*. Madrid.
- González, J. L. (1993). *El legado oculto de Vitruvio*. Madrid: Alianza.
- Hale, J. (1977). Printing and Military Culture of the Renaissance Venice. *Medievalia et Humanistica*, n. s., vol. 8, 21-62.
- Lanteri, G. (1559). *Duo libri del modo di fare le fortificatione di terra*. Venecia.
- Le Blond, G. (1777). *Tratado de la defensa de las plazas*. Madrid.
- Maggi, G. & Castriotto, F. (1564): *Della fortificatione delle città, libri tre*, Venecia.
- Mallet, A. M. (1672). *Les travaux de Mars ou l'Art de la Guerre*. París.
- Marolois, S. (1614). *Opera mathematica*. Den-Haag, Países Bajos.
- Montalembert, M. (1777-96). *La fortification perpendiculaire*. París.
- Mut, V. (1664). *Arquitectura militar*. Mallorca.
- Ozanam, M. (1700). *L'usage du compas...* París.
- Prósperi, F. (1744). *La gran defensa*. México.
- Rodríguez V. y Pérez, F. (1949). *Construcciones militares del Virrey Amat*. Sevilla: Centro de Estudios Hispanoamericanos.
- Rojas, C. (1598). *Teoría y práctica de fortificación*. Madrid.
- Rykwert, J. (1988). On the Oral Transmission of Architectural Theory. En J. Guillaume (Ed.), *Les traités d'Architecture de la Renaissance* (pp. 43-63). París: Piccard.
- Sánchez Taramas, M. (1769). *Tratado de fortificación*. Barcelona.
- Siscara, B. (1657). *Compendio de modernas fortificaciones*. Madrid.
- Stevin, S. (1589). *Achitecture von Festugen*. Estrasburgo.
- Tartaglia, N. (1537). *La Nuova Scientia*. Venecia.
- Tosca, V. (1712). *Compendio matemático*. Valencia.
- Tzonis, A. y Lefaivre, L. (1989). El bastión como mentalidad. En C. de Seta y J. Le Goff (Eds.), *La ciudad y sus murallas* (pp. 317-340). Madrid: Cátedra.
- Valtuario, R. (1472). *De Re Militari, libri XII*. Verona.
- Vérin, H. (1993). *La Gloire des Ingénieurs: L'intelligence technique du XVI au XVIII siècle*. París: Albin Michel.
- Villena, L. (1977). Glosario de fortificación abaluartada, en cinco lenguas. *Castillos de España, número especial*, 58-65.
- Zanchi, G. (1554). *Del modo di fortificar le città*. Venecia.
- Zapatero, J. M. (1979). *Historia de las fortificaciones de Cartagena de Indias*. Madrid: Cultura Hispánica.
- Zaragoza, J. (1675). *Fábrica y uso de varios instrumentos matemáticos*. Madrid.



El legado técnico de los tratados de fortificación en América hispánica

(páginas 8-29)



Jorge Galindo Díaz. Arquitecto de la Universidad del Valle, entidad a la que estuvo vinculado como docente hasta febrero de 2000. Obtuvo el título de Doctor en Arquitectura en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona-Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en 1996 y actualmente se desempeña como profesor asociado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Ha sido autor de más de quince artículos en revistas colombianas y españolas relacionados con la historia de la construcción, la técnica y la industria; temas de los que ha sido ponente en eventos nacionales e internacionales. Entre sus más importantes publicaciones se cuentan: *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII* (2000), *Arquitectura, industria y ciudad en el Valle del Cauca* (2002) y *Cruzando el Cauca: pasos y puentes sobre el río Cauca en el Departamento del Valle hasta la primera mitad del siglo XX* (2004), ganador en la modalidad de Historia Regional en el Premio Jorge Isaacs de Autores Vallecaucanos. Actualmente prepara un libro acerca de la tradición constructiva de los puentes de arcos de ladrillo, producto de su investigación posdoctoral iniciada en el 2003.

Recepción:
11 de julio de 2005

Evaluación:
14 de julio de 2005

Aceptación:
22 de agosto de 2005

Correspondencia:
jgalindo@telesat.com.co

Resumen

Buena parte de los tratados de arquitectura e ingeniería militar impresos y publicados en Europa a lo largo de los siglos XVI, XVII y XVIII constituyeron un medio de transmisión de conocimientos técnicos relacionados estrechamente con la construcción de las más importantes partes de un recinto fortificado. De este modo, cimientos, muros, arcos y bóvedas fueron una constante preocupación de autores italianos, franceses y españoles, y originaron no pocas soluciones constructivas que abarcaron desde el conocimiento de los materiales y las labores propias de la ejecución hasta el control y la administración de las obras. En este artículo se des-

criben algunos de esos saberes a partir de una revisión de los más importantes tratadistas de la fortificación, consultados gracias a un riguroso trabajo de investigación, que incluye una explicación acerca de la manera en que, desde el territorio americano, se hicieron algunos aportes a la ingeniería militar europea. Aunque no se hace referencia directa a ejemplos construidos, aporta ideas a los arquitectos consagrados a la restauración monumental, sobre la manera en que se concebía la técnica, en su dimensión más amplia, por parte de los ingenieros y arquitectos militares que intervinieron en el trazado y construcción de fortificaciones.

Palabras clave

- Fortificaciones-fuentes-siglos XVI-XVIII.
- Arquitectura militar-fuentes-siglos XVI-XVIII.
- Ingeniería militar-fuentes-siglos XVI-XVIII.

The Technical Legacy of Fortification Treatises in Hispanic America

Abstract

A good deal of the treatises on military architecture and engineering printed and published in Europe along the 16th, 17th, and 18th centuries constituted a means of transmitting technical knowledge closely related to the construction of the most important parts of fortified premises. Such as foundations, walls, arches, and vaults were a constant preoccupation for Italian, French, and Spanish authors, giving rise to numerous construction solutions that ranged from aspects such as knowledge of materials and the labor related to the execution, to the control and administration of the construction itself. This article describes some of that know-how, starting from a detailed revision of the most important writers on fortifications. These were consulted through a rigorous research endeavor, including an explanation on the manner in which, from the American territory, some contributions were made to European military engineering. Although no direct reference is made of constructed examples, the article contributes with ideas to architects dedicated to monumental restoration on the way the technique was conceived, in its broader conception, by military engineers and architects who intervened in the tracing and construction of fortifications.

Key words

- Fortification-16th-18th centuries-Sources.
- Military architecture-16th-18th centuries-Sources.
- Military architecture-16th-18th centuries-Sources.