



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**Las técnicas constructivas
de las fortificaciones en el siglo XVIII**

Factores determinantes en la transformación tecnológica
de la arquitectura militar de Veracruz

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTORA EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

Mtra. Gladys Martínez Aguilar

TUTORA PRINCIPAL

Dra. Mónica Cejudo Collera
Facultad de Arquitectura UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Agustín Hernández Hernández
Facultad de Arquitectura UNAM

Dra. Sara Elizabeth Sanz Molina
Universidad Cristóbal Colón

Ciudad Universitaria, CDMX, octubre 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**Las técnicas constructivas
de las fortificaciones en el siglo XVIII**
Factores determinantes en la transformación tecnológica
de la arquitectura militar de Veracruz

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTORA EN ARQUITECTURA**

PRESENTA:

Mtra. Gladys Martínez Aguilar

TUTORA PRINCIPAL

Dra. Mónica Cejudo Collera
Facultad de Arquitectura UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Agustín Hernández Hernández
Facultad de Arquitectura UNAM

Dra. Sara Elizabeth Sanz Molina
Universidad Cristóbal Colón

SINODALES

Dr. Ricardo Ignacio Prado y Núñez
Facultad de Arquitectura UNAM

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca
Universidad Autónoma Metropolitana

Ciudad Universitaria, CDMX, octubre 2020

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por brindarme la oportunidad de ser parte de su comunidad, cobijarme en sus espacios durante mi formación de posgrado, permitirme conocer a investigadores y académicos de alto nivel y fortalecerme para ampliar mi visión profesional y humana sobre la arquitectura, su entorno histórico y social. Asimismo, agradezco a la máxima Casa de Estudios por el respaldo otorgado a través del Programa de Apoyo a Estudios de Posgrado (PAEP) para el desarrollo de una estancia de investigación en la **Universidad de Sevilla**, lo que permitió configurar nuevas ideas sobre el tema y vivir una extraordinaria experiencia en sus sedes, archivos de España, bibliotecas y recintos históricos que complementaron el trabajo de esta investigación doctoral.

Expreso una inmensa gratitud a mis tutores **Dra. Mónica Cejudo Collera, Dr. Agustín Hernández Hernández y Dra. Sara Elizabeth Sanz Molina**, por su sencillez y bondad para compartir sus conocimientos. He sido muy afortunada con la asignación del Comité Tutor, pues en todo momento conté con el valioso apoyo de excelentes personas que conformaron una guía inigualable de este trabajo e impulsaron mis estudios en el posgrado; sin ellos, esta investigación no hubiera tomado las dimensiones que alcanzó. La mayor enseñanza de vida que me han regalado ha sido comprender que el conocimiento no tiene sentido si no se comparte y se forjan amistades en el camino.

Agradezco al **Dr. Pedro Luengo Gutiérrez** por su labor como tutor durante mi estancia en la Universidad de Sevilla, contribuyendo con su tiempo y asesorías para aprovechar mi tránsito por España y permitirme construir nuevos vínculos de afinidad al tema.

Al **Dr. Ricardo Ignacio Prado y Núñez**, gracias por formar parte del sínodo, me siento muy honrada porque una persona de gran experiencia en la academia y en la práctica de la restauración cedió su tiempo para revisar este trabajo y aportar acertadas recomendaciones.

Agradezco al **Dr. Luis Fernando Guerrero Baca** sus atenciones al formar parte del sínodo, porque desde que fue mi profesor y tutor de la Maestría en Restauración de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” del INAH, he admirado su claridad para plantear una perspectiva crítica de la investigación y esa ha sido una gran orientación en este trabajo.

Indudablemente esta tesis se ha concluido con el apoyo de grandes personas, entre ellas agradezco la gentileza de la **Dra. Tamara Blanes Martín** quien me recibió y orientó durante mi estancia en La Habana, Cuba.

Agradezco a mi padre, **Francisco Martínez Flores** por su apoyo incondicional durante todo el proceso, por motivarme en los momentos más difíciles, animarme y confiar siempre en mí, y porque en sus palabras escuché también la voz de mi madre **Elena de la Cruz Aguilar Mendoza**, una gran mujer que siempre impulsó mi ser.

Agradezco a **Fernando García Mora** por el esfuerzo en comprender lo incomprendible.

Mi sincero agradecimiento a toda mi familia y amistades; a Rogelio Salazar por el apoyo en los levantamientos; a mis colegas de la Facultad de Arquitectura de Xalapa por sus palabras de aliento. También agradezco a mis compañeros y compañeras del posgrado, cursos y seminarios, quienes fueron muy amables y compartimos diversos momentos que han tejido vínculos de amistad.

Por último, agradezco a la **Universidad Veracruzana**, mi alma mater, porque nutrió el espíritu que me ha permitido abrir caminos en otras regiones y llevar orgullosamente su nombre.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con infinito amor a
Isabella, Sebastián y Daniela,
por ser parte de este logro

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

<i>INTRODUCCIÓN</i>	13
<i>CAPÍTULO 1. ESTUDIOS SOBRE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN LA ARQUITECTURA MILITAR</i>	25
1.1 Panorama inicial	27
1.2 Estudios sobre técnicas constructivas y su metodología	29
1.3 Fuentes sobre construcción de la arquitectura militar en Veracruz	37
1.4 Documentación constructiva de la arquitectura militar	40
1.4.1 Fuentes anteriores al siglo XX.....	41
1.4.2 Fuentes contemporáneas	45
1.4.2.1 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre la historia de la arquitectura militar ..	45
1.4.2.2 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre ingenieros militares	50
1.4.2.3 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación que abordan la historia de la construcción militar	52
1.5 Articulación de enfoques	55
<i>CAPÍTULO 2. EJES CONCEPTUALES</i>	59
2.1 Fundamentos	61
2.2 Técnica	64
2.2.1 El concepto de técnica	64
2.2.2 La técnica moderna	68
2.2.3 El sistema técnico	70
2.2.4 Conocimiento y técnica	73
2.3 Construcción arquitectónica	75
2.4 La evolución de la técnica y su relación con la construcción	76
2.4.1 Sistemas técnico-constructivos primitivos	77
2.4.2 Sistemas técnico-constructivos antiguos.....	79
2.4.3 Sistemas técnico-constructivos del medievo.....	81
2.4.4 Sistemas técnico-constructivos modernos	82
2.5 Arquitectura militar y fortificación	86
2.6 Técnicas constructivas en la arquitectura militar	89
<i>CAPÍTULO 3. AMBIENTE TÉCNICO DE LA ARQUITECTURA MILITAR MODERNA</i>	93
3.1 Antecedentes constructivos	95

3.1.1 Murallas	95
3.1.2 Talayots.....	101
3.1.3 Castras	102
3.1.4 Castillos medievales.....	104
3.2 Fortificación abaluartada.....	107
3.3 Arquitectura militar moderna	113
3.3.1 Escalas de la arquitectura militar moderna	113
3.3.2 Géneros.....	115
3.3.3 Elementos arquitectónicos constantes.....	115
3.3.4 Configuración estructural	118
3.4 El conocimiento constructivo	119
3.4.1 Los tratados	119
3.4.1.1 Trascendencia constructiva	119
3.4.1.2 El tratado como un sistema reglas empíricas.....	121
3.4.1.3 El tratado como medio para la estructuración del conocimiento en los centros de enseñanza técnica	122
3.4.1.4 El tratado como medio de transmisión del conocimiento científico.....	124
3.4.1.5 La difusión de saberes técnicos a través de las ilustraciones de los tratados	125
3.4.1.6 Consolidación de la geometría y construcción de elementos curvos	128
3.4.2 Los centros de enseñanza.....	128
3.4.2.1 Las academias en los siglos XVI y XVII	128
3.4.2.2 La Real Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona	133
3.5 Formación técnica del ingeniero militar moderno.....	135
3.5.1 El perfil del ingeniero militar en la maquinaria del poder de la monarquía	135
3.5.2 El papel del Cuerpo Real de Ingenieros Militares en la práctica constructiva de fortificar plazas	137
3.5.3 La estructura jerárquica del ingeniero.....	138
3.5.4 El saber científico de los ingenieros militares.....	140
<i>CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE LA ARQUITECTURA MILITAR MODERNA.....</i>	143
4.1 Caracterización.....	145
4.2 Sistema técnico de la arquitectura militar moderna.....	146
4.3 Condicionantes y determinantes de productibilidad	150
4.4 Elementos arquitectónicos	152
4.5 Materiales constructivos	154
4.6 Identificación de técnicas constructivas en la arquitectura militar del siglo XVIII.	160
4.6.1 Murallas	162
4.6.1.1 Morfología.....	162
4.6.1.2 Materiales	162
4.6.1.3 Aparejos.....	164
4.6.1.4 La puesta en obra	165

4.6.2 Muros.....	168
4.6.2.1 Morfología.....	168
4.6.2.2 Material.....	168
4.6.2.3 Aparejos.....	169
4.6.3 Cubiertas.....	171
4.6.3.1 Morfología.....	171
4.6.3.2 Materiales.....	172
4.6.3.3 Aparejos.....	174
4.6.3.4 Puesta en obra.....	175
<i>CAPÍTULO 5. VERACRUZ: TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN MILITAR.....</i>	177
5.1 El sistema defensivo en Nueva España.....	179
5.2 Territorialidad.....	184
5.3 Contexto físico de Veracruz.....	188
5.3.1 Ubicación.....	188
5.3.2 Geología.....	189
5.3.3 Relieve continental.....	194
5.3.4 Relieve oceánico.....	195
5.3.5 Clima y vientos.....	197
5.3.6 Hidrografía.....	198
5.3.7 Vegetación.....	200
5.4 La conformación del sistema defensivo veracruzano.....	201
5.5 Construcción militar en Veracruz entre los siglos XVI y XVIII.....	211
5.5.1 Periodización de la construcción de la arquitectura militar.....	211
5.5.2 Técnicas constructivas del primer periodo.....	213
5.5.2.1 Contexto histórico social.....	213
5.5.2.2 Técnicas constructivas.....	214
5.5.3 Técnicas constructivas del segundo periodo.....	217
5.5.3.1 Contexto histórico social.....	217
5.5.3.2 Técnicas constructivas.....	219
5.5.4 Técnicas constructivas del tercer periodo.....	222
5.5.4.1 Contexto histórico social.....	222
5.5.4.2 Técnicas constructivas.....	223
5.5.5 Cuarto periodo.....	225
<i>CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIONES MILITARES DEL SIGLO XVIII EN VERACRUZ.....</i>	227
6.1 El fenómeno técnico del siglo XVIII.....	229
6.2 Ingenieros militares en Veracruz.....	231
6.2.1 Las primeras intervenciones del siglo XVIII: 1718-1751.....	234
6.2.1.1 Los ingenieros italianos Felipe León Maffey y Félix Prósperi.....	235
6.2.2 Los ingenieros militares de mediados del siglo XVIII.....	244
6.2.3 Ingenieros militares en la segunda mitad del siglo XVIII.....	250
6.3 Obras de arquitectura militar.....	262

6.3.1 Perfeccionamiento del Fuerte de San Juan de Ulúa	263
6.3.2 Integraciones a la ciudad amurallada de Veracruz	266
6.3.3. Perote y sus construcciones militares	273
6.4 Pérdida y permanencia del patrimonio militar del siglo XVIII	277
6.5 El legado de las fortificaciones abaluartadas	286
<i>CAPÍTULO 7. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN LAS FORTIFICACIONES ABALUARTADAS DE VERACRUZ.....</i>	289
7.1 Materiales constructivos	291
7.1.1 Arenas	295
7.1.2 Cales.....	296
7.1.3 Morteros y hormigones	298
7.1.4 Pétreos.....	299
7.1.4.1 Cantería de Campeche	299
7.1.4.2 Cantería de La Habana	301
7.1.4.3 Cantería de Córdoba.....	302
7.1.4.4 Cantería de Vergara.....	304
7.1.4.5 Cantería de Perote	304
7.1.5 Corales	306
7.1.6 Maderas	310
7.1.7 Cerámicos	311
7.2 Técnicas aplicadas en el Fuerte de San Juan de Ulúa.....	312
7.2.1 Cimentación	312
7.2.2 Apoyos	315
7.2.2.1 Obras de coral semiesférico en hiladas regulares	316
7.2.2.2 Obras mixtas de coral semiesférico en hiladas regulares con verdugadas de ladrillo	317
7.2.2.3 Obras con reutilización de coral semiesférico en hiladas semirregulares.....	318
7.2.2.4 Obras de coral semiesférico en hiladas con piezas encontradas	319
7.2.2.5 Obras de coral en corte careado dispuestos por hiladas y en cuatrapeo	319
7.2.2.6 Obras con sillares de coral y piedra en aparejo isódomo.....	320
7.2.2.7 Obras mixtas de coral en diversas especies y piedra en forma ordinaria irregular	320
7.2.2.8 Refuerzos en los vértices de baluartes, revellín y lunetos con sillarejos.....	321
7.2.3 Cubiertas: bóvedas	321
7.2.3.1 Ampliación de bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral.....	322
7.2.3.2 Bóveda de arista a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral	326
7.2.3.3 Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral	332
7.2.3.4 Bóveda de cañón corrido con corte oblicuo en extremos, a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral	335
7.2.3.5 Bóveda de cañón corrido con directriz de arco tranquilo con ladrillo y relleno de coral.....	339
7.2.3.6 Bóveda compuesta de cañón elíptico y medio cono elíptico con coral	343
7.3 Técnicas aplicadas en el Fuerte de San Carlos de Perote	345
7.3.1 Cimentación	345
7.3.2 Apoyos: muros y murallas.....	346

7.3.2.1 Obras con sillares de toba blanca en aparejo isódomo.....	347
7.3.2.2 Obras con sillares de toba blanca semi escuadrados y de diferentes dimensiones.....	347
7.3.2.3 Obras de cantería blanca semi escuadrada en hiladas.....	348
7.3.2.4 Obras de mampostería irregular de piedra blanca.....	348
7.3.2.5 Obras de mampostería irregular en piedra basáltica.....	349
7.3.2.6 Obras mixtas de mampostería irregular en piedra toba blanca, basalto negro y cantos rodados de río.....	349
7.3.2.7 Obras mixtas con bloques careados semi escuadrados de piedra basáltica y toba blanca en hiladas regulares.....	349
7.3.2.8 Obras de ladrillo dispuesto en aparejo a tizón.....	350
7.3.2.9 Refuerzos en los vértices de baluartes con sillares de basalto.....	350
7.3.2.10 Refuerzos en vértices y boquillas de merlones con ladrillo.....	351
7.3.3 Cubiertas: bóvedas.....	351
7.3.3.1 Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con sillares de toba blanca.....	352
7.3.3.2 Bóvedas de arista y cúpulas rebajadas a prueba de bomba con sillares de toba blanca, arcos de piedra basáltica y rellenos de mampostería ordinaria.....	356
7.3.3.3 Bóveda de cañón elíptico con lunetos a base de sillares de toba blanca y arcos fajones y formeros con ladrillo.....	361
7.3.3.4 Bóveda doble de arista.....	364
7.3.3.5 Bóveda de cañón a carpanel con sillares de toba blanca y arcos fajones de ladrillo.....	366
7.3.3.6 Bóveda de cañón elíptico con sillares de toba blanca y sillares de basalto.....	368
7.3.3.7 Doble bóveda de cañón elíptico en voladizo con una rosca de ladrillo a soga y tizón y ménsulas de piedra basáltica.....	371
7.4 Atributos técnicos y formales de los elementos estructurales.....	375
7.4.1 Técnicas constructivas y variantes.....	375
7.4.2 Aparejos.....	379
7.4.3 Morfología.....	382
<i>CONCLUSIONES.....</i>	387
<i>LISTA DE REFERENCIAS.....</i>	401
<i>ARCHIVOS Y OTRAS FUENTES DE CONSULTA.....</i>	415

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

INTRODUCCIÓN

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

La arquitectura militar es el género de obras proyectadas para cumplir con las funciones de defensa y ataque. Desde la concepción del proyecto se involucran factores derivados de la situación político, social y tecnológica de la sociedad, por lo que las obras son el testimonio de una cultura, en donde los procesos creativos y constructivos se fusionan con estrategias de protección, de organización social, nivel de conocimientos y habilidades para el aprovechamiento de los medios del lugar. El progreso de la tecnología de ataque influyó a lo largo de la historia de la humanidad tanto en su supervivencia como en la generación de los sistemas defensivos estableciéndose una sinergia entre la evolución del ser humano, las máquinas de guerra, la arquitectura y las ciudades. Así el instinto de protección promovió un ser creador, que, desde la invención del arco y la flecha, reconoció que su capacidad creadora definiría su permanencia ante cualquier circunstancia.

Los descubrimientos de construcciones militares en los primeros asentamientos de la antigüedad han sido estudiados prioritariamente por arqueólogos e historiadores, quienes a partir de sus metodologías y herramientas de prospección han interpretado múltiples aspectos de las sociedades antiguas. La situación de estas edificaciones, así como la sobreposición de etapas constructivas de diferentes épocas, ha generado que las investigaciones se enfoquen en descifrar la historia de los grupos culturales, sus relaciones, la arquitectura y el urbanismo.

Cuando los testimonios a pesar del estado de ruina conservan elementos para la identificación de sus componentes arquitectónicos, como en los casos de obras militares del medievo, el abordaje de las exploraciones se ha enriquecido con el uso de metodologías como las utilizadas por la arqueología de la arquitectura, un campo disciplinar que basa sus estudios principalmente en herramientas para el registro e interpretación de los paramentos de muros, fundamentando prioritariamente hipótesis cronológicas basadas en las evidencias estratigráficas del material constructivo y sus técnicas. La flexibilidad y variantes de los métodos y herramientas paramentales han permitido que sean utilizados tanto por arqueólogos, historiadores, arquitectos y conservadores, quienes han sustentado sus lecturas de intervenciones temporales o asociaciones de obras por las coincidencias y variantes en las técnicas constructivas de murallas y muros de la arquitectura medieval. Algunos ejemplos de las interpretaciones sobre las técnicas constructivas en la arquitectura medieval española se encuentran en los textos de Rouco, Martín y Benavides (2018); Cobos, de Castro y Canal (2012), Márquez (2018); Graciani (2009); Canivell (2015); Mileto (2014).

A pesar de que en la arquitectura medieval existe un gran interés sobre sus materiales, técnicas y sistemas constructivos, en la arquitectura militar moderna parece abandonarse este enfoque, pues destaca más el estudio sobre los nuevos postulados formales derivados

de la evolución de la artillería por el uso de balas de cañón de pólvora. El desarrollo de las máquinas de guerra influyó en la transformación de los elementos arquitectónicos que motivados en el pensamiento renacentista retomaron el repertorio de formas básicas, articulando un nuevo lenguaje cuyo esplendor se consolidó durante la Ilustración, con las tipologías de la arquitectura militar abaluartada basadas en la poliorcética, cálculos matemáticos y geométricos, configurando conjuntos masivos, resistentes, preferentemente simétricos y con obras exteriores que presentan en todo el conjunto las evidencias de sus trazos geométricos.

Bajo ese panorama, los proyectos y construcciones de la arquitectura militar moderna han motivado diversas investigaciones sobre la tratadística militar, los ingenieros militares y los centros de enseñanza dejando de alguna manera aislado el análisis del elemento construido, cuya característica principal es su relación con los avances de la ciencia moderna y la tecnología. La arquitectura militar moderna ya no presenta incógnitas tan amplias sobre su datación porque la actividad proyectual y constructiva fue registrada a través de documentos históricos y planimetría, por lo que el empleo de herramientas como la matriz de Harris para estudios de cronología por la composición de los materiales, es un recurso que los investigadores han sustituido por el trabajo en archivos. En paralelo, los datos documentales han permitido que la arquitectura militar moderna se reconozca por su valor como legado histórico, lo cual ha sido enfatizado a través de investigaciones sobre transformaciones de las estrategias defensivas, la evolución de la artillería, estudios de carácter monográfico de cierto conjunto militar o bien analizando las tipologías arquitectónicas, sus corrientes de diseño, llamadas escuelas y su proceso evolutivo histórico.

Aunque el tema de la arquitectura militar moderna ha sido abordado por varios autores, se considera que existe un gran vacío en el ámbito constructivo, pues dominan los estudios teóricos, pero son escasos los que se enfocan al análisis de la conformación de materiales en los elementos existentes, como el texto de Vila Rodríguez (2014) sobre la construcción de las bóvedas a prueba de bomba, solución característica de las fortificaciones modernas. Así como este tipo de bóvedas, la arquitectura militar moderna recurrió a soluciones constructivas en las cimentaciones y muros, que partían de los tratados pero que, en el traslado a la realidad de cada contexto, se adecuaron y probablemente tuvieron modificaciones significativas. Por lo tanto, se considera que es oportuna la fundamentación teórica del conocimiento constructivo, pero también, el registro, análisis y agrupación de las variantes constructivas que presentan los elementos de la arquitectura militar que se conservan.

El abordaje sobre las soluciones aplicadas en cada elemento permitirá entender que, a pesar de la unidad tipológica arquitectónica, los recursos humanos y materiales incidieron en las variantes de cada obra, y a la vez se convierten en parte integral del conjunto, y sobre todo del legado histórico que debemos conservar. Si bien, la identificación de las técnicas constructivas aplicadas ya no busca fines principalmente cronológicos, los resultados amplían el campo de conocimiento técnico de las obras y del contexto donde se ubican, para apuntalar el desarrollo constructivo de cada región, comprendiendo que las dinámicas fueron diferentes para cada zona. La técnica como un modo de ejecutar las

obras, se encuentra influenciada por otros aspectos, de manera que, durante el seguimiento a una forma de ejecutar la construcción de fortificaciones estipulada por los tratados, la presencia de condicionantes y determinantes convierte a la técnica de obra en parte de un sistema técnico en el que influyen tanto los ingenieros, los medios del contexto y sus objetivos concretos. Por tanto, los diferentes escenarios en que se encontraron los ingenieros, su ubicación temporal y geográfica promovieron la multiplicidad de soluciones que hoy en día desconocemos en gran medida.

Cabe recordar que la expansión de los reinos obligó a la edificación de obras en diferentes contextos de gran diversidad ambiental y cultural, por lo que la ejecución de proyectos implicó la adaptación de los métodos de trabajo estipulados en los tratados y las academias, así como el uso de los recursos del medio donde se desplantaron las obras. Estas circunstancias propiciaron soluciones que varían entre uno y otro contexto, aun cuando los conjuntos abaluartados fueron similares y cuyas soluciones de alguna manera influyeron en el desarrollo de las regiones.

Durante el siglo XVIII la Monarquía Hispánica garantizó sus dominios territoriales mediante la creación o transformación de sus fortificaciones, consolidando sistemas defensivos a diferentes escalas y complementando el repertorio tipológico de la arquitectura militar que se había gestado desde el siglo XVI en que el rey Felipe II reconoció en la ingeniería militar un conocimiento técnicamente utilizable para el fortalecimiento del imperio. De esta manera, cuando Felipe V asciende al trono en 1700, las nuevas políticas de militarización influenciadas por los modelos franceses fomentaron el desarrollo de los recursos técnicos que permitieron adquirir, sistematizar y aplicar los avances del conocimiento al servicio del poder.

Si la evolución técnica influyó en la artillería, en las tipologías arquitectónicas y en el proceder metódico de sus técnicos, entonces ¿por qué se ha descartado el avance constructivo de las obras? Las investigaciones sobre la arquitectura militar moderna describen escasamente el uso de los materiales, y no se ha llegado a profundizar en la caracterización de las técnicas o procesos de puesta en obra, como en el caso de otras temporalidades, por ejemplo, en la arquitectura medieval. Por consiguiente, esta tesis se desarrolla en torno al estudio de las técnicas constructivas de las obras militares modernas veracruzanas, considerando que, a través de la revisión de su contexto natural, histórico y científico o pragmático, así como mediante el análisis de su composición material, formal y de la identificación de los factores que se involucran en su proceso se obtiene su caracterización y el sustento para reconocer el valor técnico e histórico de sus aportaciones.

El interés por el estudio de las técnicas constructivas se ubica en el contexto técnico de la Edad Moderna, época en que el territorio veracruzano formó parte del virreinato de la Nueva España, delimitándose temporalmente en el siglo XVIII que se distinguió por una reorganización administrativa y militar de la Monarquía Hispánica a partir de la llegada de la dinastía borbónica a la Corona, consolidando el saber científico de sus ingenieros militares a través de centros de enseñanza, asociaciones, estrategias y obras defensivas. Considerando que Veracruz fue el punto de llegada de los españoles a tierras mesoamericanas, el lugar donde inició la conquista española y sitio de desplante de las

primeras construcciones militares novohispanas, el estudio constructivo acotado en el siglo XVIII revela el contraste técnico de las obras ejecutadas.

Bajo esa perspectiva, la investigación surgió a partir del cuestionamiento en torno a ¿cuáles son las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones veracruzanas durante el siglo XVIII que dirigidas por los ingenieros presentan evidencias de una transformación tecnológica en la arquitectura militar? Las referencias históricas sobre el desarrollo de las fortificaciones han hecho someramente mención a los materiales y sistemas constructivos, sin embargo, si los conjuntos son representativos de una tipología arquitectónica que expresa la formación científica de los ingenieros militares, resultaba interesante reconocer a través de las técnicas constructivas cómo el conocimiento academicista, científico y metódico incidió en sus atributos.

Por consiguiente, el problema central de la investigación a su vez condujo a plantear otras interrogantes como el de clarificar ¿qué implica estudiar una técnica constructiva en el ámbito de la arquitectura militar moderna? Y de esta manera, posicionarse frente al panorama que permitiera definir ¿cuáles son las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones veracruzanas durante el siglo XVIII? Así como identificar ¿qué factores influyeron en su ejecución? y, ¿cuáles son los atributos que las caracterizan y muestran una transferencia del conocimiento academicista, científico y metódico de sus creadores? La tesis parte del supuesto de que existió una transferencia de conocimientos a través de las edificaciones, situación que requirió ser demostrada por el análisis de los elementos y sus componentes, a fin de identificar las diferencias o variantes que fundamentaron el aporte o permanencia tecnológica de los procesos durante el siglo XVIII, en relación con sus siglos precedentes.

La arquitectura militar en México se configuró durante el virreinato de la Nueva España al formar parte del proyecto global de la Monarquía Hispánica, que fomentó el establecimiento de obras defensivas en puertos estratégicos, ciudades y caminos tierra adentro, es decir, en aquellos sitios en que fuera necesario mantener el control y resguardo del territorio. A lo largo del virreinato las obras se consolidaron articulando sistemas defensivos que interactuaron tanto al interior como al exterior del virreinato, ligando vías de comunicación con rutas comerciales y recintos fortificados. La necesidad por mantener protegidas las posesiones de la Monarquía, promovió el aprovechamiento y fomento del desarrollo tecnológico de la época moderna para constituir una máquina de poder en que los ingenieros militares fueron los principales ejecutantes. La trascendencia de los ingenieros militares no se limitó a las obras defensivas, sino que impactó en el desarrollo de las ciudades y la configuración geopolítica de las intendencias del reino.

Durante el virreinato de la Nueva España (1521-1810), Veracruz se consolidó como una de las tres plazas principales con sistemas defensivos que permitieron la articulación de puntos estratégicos en la movilidad social y comercial entre los continentes de Asia, América y Europa. La posición geográfica en la zona central del Golfo de México, como puerta clave en la comunicación, así como la combinación de puerto y ciudad fortificada contribuyeron a la necesidad de desarrollar una arquitectura militar que garantizara la protección de las riquezas de la Monarquía Hispánica y que se auxiliara de otras estructuras defensivas tierra adentro en la intendencia geográfica del mismo nombre. Veracruz fue el principio y el fin de

la dominación española que se manifestó a través de las obras militares, pues baste recordar que en su territorio se edificó la primera fortaleza en 1519 con la fundación de la Villa Rica de la Veracruz, sitio desde el cual iniciaron su estrategia de dominación hacia el altiplano; en contraste, la Fortaleza de San Juan de Ulúa fue el último reducto donde los españoles se atrincheraron antes de su expulsión en 1825, tras la innegable consumación de la Independencia de México.

Algunos ejemplos de las obras militares además del Fuerte de San Juan de Ulúa son la ciudad fortificada de Veracruz con sus baluartes, atarazanas, escuelas de artillería y maestranza, hospital militar y cuarteles; las baterías en la zona costera; o en tierra adentro en la región de Perote se encuentra el cuartel de Dragones, el Fuerte de San Carlos, los almacenes de pólvora complementarios y el cuerpo de guardia. Estos sitios que constituyeron elementos importantes del sistema defensivo veracruzano han sido estudiados con el interés de conocer el pasado de las obras y armar el enorme rompecabezas de su historia social y política, sin embargo, los aspectos constructivos han sido tratados en menor medida, enfocados a identificar el proceso evolutivo y tipológico de las obras a fin de esclarecer sus etapas de desarrollo.

La arquitectura militar de Veracruz ofrece la oportunidad de abrir el campo de conocimientos del ámbito constructivo desde un enfoque que vincule los diversos aspectos que inciden en el modo de ejecutar la obras, pues los contextos en que desarrollaron las obras presentan características diferentes a los europeos, lo que enfrentó a resolver los retos constructivos de maneras distintas. La escasez de materiales constructivos, el clima extremadamente caluroso y húmedo, la falta de mano de obra calificada y el perfil de formación de los ingenieros militares fueron algunos de los factores que incidieron en las soluciones aplicadas en la costa. Por otra parte, en la región montañosa, a pesar de la providencia de materiales, las heladas y el clima extremo también plantearon situaciones adversas por resolver.

En consecuencia, el estudio sobre las técnicas constructivas permite identificar las soluciones, el aprovechamiento de los recursos, los avances en la manipulación de los materiales y las influencias o adecuaciones en los modos de conformar los elementos. Si bien existen algunos trabajos que refieren principalmente a las fortificaciones de costa como los estudios sobre los materiales coralinos de Palacios Coria (2001) y Pineda Campos (2005), así como los trabajos arqueológicos de Hernández Aranda y Ávila Hernández (2015), o la investigación de Sanz Molina (2002) sobre la relación entre las fases de construcción y la tratadística militar, ninguno de los textos aborda el registro y análisis de las técnicas constructivas, por lo que su contenido se visualiza como un punto de partida que reafirma la posibilidad de encontrar elementos relevantes en la arquitectura militar veracruzana.

Lamentablemente la enorme pérdida del patrimonio militar veracruzano, sus mutilaciones y transformaciones ha sido uno de los principales obstáculos para reconocer el valor técnico de las construcciones, sin embargo, es evidente que las concepciones del mundo moderno influyeron en la toma de decisiones de las obras, por lo que los elementos militares son el testimonio no sólo de la configuración de un sistema defensivo y una tipología arquitectónica, sino de un fenómeno técnico constructivo que puede ser vislumbrado a

través del estudio de las técnicas constructivas, correlacionando aspectos como los ingenieros militares, sus intervenciones, sus obras y las soluciones en la composición de los materiales para edificar los elementos con la solidez requerida en las fortificaciones.

El ambiente técnico moderno en que se desarrolló la arquitectura militar en Veracruz, otorgó la pauta para que la investigación se planteara a partir de tres consideraciones: en España el ambiente técnico generado por los centros de enseñanza como la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona, la organización del Cuerpo Real de Ingenieros Militares y las Ordenanzas de 1718 y 1749, que definieron las funciones y jerarquía de los ingenieros militares en las obras de todo el reino, configuraron la labor técnica de los principales protagonistas de la construcción, es decir, de quienes fueron los creadores de las obras y además dirigieron los procesos, por lo que su intervención en territorio novohispano implicó la transferencia de conocimientos adquiridos en todos los ámbitos que inciden en la puesta de obra.

Una segunda consideración es que al existir estudios como los de Calderón Quijano (1949), Horacio Capel (1983) y Omar Moncada (1993) en donde muestran la trayectoria de los ingenieros militares de la monarquía, se tienen las fuentes para distinguir a aquellos personajes designados al territorio veracruzano que desempeñaron sus funciones como creadores, directores o encargados de las obras. Además, la revisión de la planimetría y los documentos históricos sobre la ejecución de las obras, ofrecen datos técnicos que hasta el momento no han sido valorados.

Una tercera y última consideración es que las referencias encontradas en diversos textos sobre la historia de la arquitectura militar como el clásico trabajo de Calderón Quijano (1953) y los documentos de múltiples autores, reflejan la importancia que adquirieron los recintos fortificados de Veracruz durante el siglo XVIII, por lo tanto resulta relevante que ante la pérdida del patrimonio militar en la región, se realicen trabajos de campo en los testimonios existentes, y de esta manera los resultados contrastados generen una nueva visión que argumente el aporte técnico de las obras y que contribuya a fundamentar la relevancia de su conservación y restauración.

Esta última consideración, otorga el sentido de la investigación, pues generalmente las obras militares se consideran obsoletas en cuanto a su función y para no quedar como monumentos del recuerdo de una dominación que nadie gusta de tener presente, se han sometido a adecuaciones para nuevos usos. Por lo tanto, el abrir el campo de conocimiento sobre la historia de la construcción de este género arquitectónico permite contar de nuevo con un saber técnicamente utilizable para la toma de decisiones en actividades prácticas como la restauración. La actividad restauradora del patrimonio arquitectónico nos enfrenta a entender la anatomía de los edificios antes de una intervención, por lo que son el estudio de las técnicas constructivas proporciona un conocimiento más profundo de los elementos que se intervendrán.

En consecuencia, el objetivo general de la investigación fue explicar las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones de Veracruz por los ingenieros militares en el siglo XVIII desde una postura coyuntural que involucre y describa los factores que incidieron

en su desarrollo a fin de identificar los atributos que las hacen diferentes a otras técnicas precedentes.

Con ese enfoque se hizo necesario un proceso de investigación que atendiera otros objetivos particulares que fueron apuntalando la tesis, como el de interpretar el desarrollo constructivo de la arquitectura militar en Veracruz en base a la fuente de conocimiento empírico o científico que llevó a la realización de las labores de obra, de manera que se proponga un panorama general de la evolución constructiva; identificar las obras ejecutadas durante el siglo XVIII y sus constructores, a fin de acotar la extensión del campo de estudio con un sustento documental de su temporalidad y sus creadores; así como analizar los factores determinantes en la conformación de las técnicas constructivas mediante un proceso deductivo a partir del estudio de todos los antecedentes y contextos que generaron las ideas y concluyen en la identificación de aquellas constantes que dominaron durante la edificación de las obras.

A su vez se buscó exponer las técnicas constructivas de las fortificaciones consolidadas en el siglo XVIII en relación con el contexto de los sistemas defensivos, estableciéndose coincidencias geográficas, proyectuales y sobre todo en el uso recurrente de tipos de materiales o procesos cuyo origen coincida y establezca parámetros para agruparlos; correlacionar la formación de los ingenieros militares con las metodologías aplicadas para la edificación de las obras mediante el previo estudio del perfil de los técnicos y sus experiencias en el ámbito a fin de reconocer los rubros en que se destaca su mayor aportación; y, finalmente agrupar las variantes de los procesos constructivos a partir de los registros de las técnicas en los elementos arquitectónicos, generando tablas o gráficos que representen las tipologías de los procesos ejecutados.

La hipótesis que defiende esta investigación se centra básicamente en el hecho de considerar que las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones de Veracruz durante el siglo XVIII son evidencias de una transformación tecnológica de la arquitectura militar porque se basaron en el conocimiento academicista, científico y metodológico de los ingenieros militares aportando nuevas soluciones a los procesos edificatorios en los sistemas de defensa.

Para llevar a cabo la comprobación de la hipótesis se siguió una metodología que conforme se avanzaba obligó en varias ocasiones a la reflexión y redefinición del procedimiento, en miras a no perder el objetivo principal del estudio, aunque la arquitectura militar ofreciera líneas muy interesantes por seguir, el interés se centró en el estudio de las técnicas constructiva delimitadas contexto histórico del siglo XVIII. El desarrollo de un estado de la cuestión que recopiló diversos estudios sobre técnicas constructivas en la arquitectura militar y sus metodologías, sin duda fue una de las plataformas que orientaron el enfoque del proyecto.

Esta tesis aborda una investigación cualitativa con el objetivo de proporcionar una explicación a un fenómeno constructivo. A su vez, sigue un método analítico que basado en teorías y un objeto de estudio lleva a cabo un proceso de análisis. La construcción del fundamento teórico fue uno de los principales retos, pues tras revisar algunos trabajos sobre técnicas constructivas de la arquitectura militar medieval, se encontró una constante

relación entre el material constructivo y el elemento, sin embargo, la hipótesis de esta tesis planteó desde su inicio la influencia de sus ejecutantes y la transferencia de conocimientos, por lo que en la inquietud de involucrar a todos los factores, la tesis se enmarca en tres ámbitos: filosofía de la técnica, historia de la construcción y arquitectura militar, generando una base para la conceptualización de la técnica y su visión como un sistema del que forman parte importante los agentes intencionales, los objetivos, los medios y los fines.

Una vez contextualizado el campo teórico desde el cual se abordaría la temática se procedió al análisis histórico de la arquitectura militar desde la lectura de su desarrollo constructivo. Aunque como se ha mencionado existen diversas fuentes que abordan la historia de las fortificaciones, también existen inconsistencias, confusiones y diferentes interpretaciones entre los autores, por lo que se realizó una revisión detallada de toda la bibliografía, se acopió el mayor acervo de planimetría sobre las obras y se realizó un trabajo de investigación en archivos, para contrastar los datos documentales bibliográficos con los encontrados en los acervos históricos. En esta labor fue fundamental el trabajo realizado en el Archivo General de la Nación, en México, y el respaldo del Programa de Apoyo a Estudiantes de Posgrado (PAEP) para llevar a cabo una estancia de investigación en la Universidad de Sevilla, lo que permitió la labor de consulta en el Archivo General de Indias en Sevilla, en el Archivo General Militar de Madrid y en el Archivo del Centro Cartográfico del Ejército de Madrid.

Una vez definidos los casos de estudio se procedió a la identificación de las técnicas constructivas con base en tres análisis: histórico, morfológico y técnico. El análisis histórico tomó referencias generales, pero también específicas de la edificación de los elementos. Durante la investigación documental se emplearon herramientas con fichas de planimetría y líneas de tiempo que facilitaron el acopio de la información y su organización. El registro morfológico permitió identificar valores formales en los elementos que se vincularon al análisis técnico de los elementos estructurales de las obras. Tanto en el análisis técnico como en el morfológico se llevó a cabo un extenso trabajo de campo de inspección visual organoléptica, levantamientos y registros gráficos que permitieron la identificación de las formas construidas, los materiales, su composición y combinaciones. Todos los datos de campo se procesaron en gabinete, digitalizando los elementos y elaborando modelos virtuales que permitieron conocer la solución formal y técnica. Finalmente, se distinguieron las técnicas constructivas y se agruparon en variantes según sus atributos.

En consecuencia, en esta tesis sobre las técnicas constructivas de las fortificaciones en el siglo XVIII se encontrarán los argumentos que permiten conocer e identificar el aporte técnico de este género de obras, para ello el documento se ha organizado en siete capítulos que contienen los fundamentos, el análisis y los resultados de la investigación. En el primer capítulo se presentan los estudios relativos a las técnicas constructivas de la arquitectura militar en donde se presenta un panorama inicial de los trabajos sobre fortificaciones veracruzanas enfoque constructivo, además se presentan investigaciones sobre técnicas constructivas en obras militares de otras temporalidades y regiones pero que ofrecen un acercamiento a las metodologías y disciplinas involucradas, así como una revisión de los diversos temas vinculados al objeto de estudio.

En el segundo capítulo se presentan los ejes conceptuales que serán la trinchera teórica desde la cual se analizaron las técnicas constructivas. El contenido se ha estructurado a través de la relación de tres campos de conocimiento: técnica, construcción y arquitectura que se vinculan entre sí, en sus discursos sobre la filosofía de la técnica, la historia de la construcción y la arquitectura militar. Entender el concepto de técnica ha fortalecido la visión de la Edad Moderna y todos los factores que influyen en los criterios y toma de decisiones, de manera que para entender la complejidad de la técnica constructiva se postula su visión como un sistema técnico.

El tercer capítulo aborda el ambiente técnico de la arquitectura militar moderna, en donde se visualiza desde un claro enfoque constructivo que muestra el panorama evolutivo de la arquitectura militar, el perfil de los ingenieros militares y las fuentes de sus conocimientos. Aquí tomó suma importancia el saber constructivo como un pilar fundamental de la técnica por lo que se distinguen los conocimientos de la arquitectura militar moderna, mismos que fueron los medios que potencializaron la creación y ejecución de las operaciones técnicas.

Posteriormente, en el capítulo cuarto se presenta la caracterización de las obras militares modernas en donde se presentan las primeras interpretaciones del fenómeno constructivo, planteando la forma de articulación del sistema técnico, las condicionantes y determinantes de la ejecución de las obras, la forma de abordar los materiales constructivos en las investigaciones sobre técnicas, y los elementos que pueden servir como unidades del análisis. Derivado de estos contenidos se realizó la lectura de las características de las técnicas en algunos elementos de conjuntos militares de diferentes regiones, describiendo sus principales atributos. Cabe destacar que las interpretaciones realizadas se sustentaron en la recopilación de datos a través de las visitas de estudio realizadas durante algunas actividades académicas del doctorado, por lo que se presenta el análisis de las fortalezas españolas de Montjuïc en Barcelona y San Fernando de Figueras visitadas en 2017, San Sebastián en Cádiz en 2019 y de las fortalezas de La Habana, Cuba, donde se realizó recorrido de San Carlos de la Cabaña en 2018, y se recopilaron datos de Santo Domingo de Atarés. Todas estas obras se ubican en el siglo XVIII, por lo que su análisis ha planteado casos referentes para el estudio de las obras veracruzanas.

En el capítulo cinco se contextualiza geográficamente el territorio veracruzano y se presenta la conformación del sistema defensivo, así como el desarrollo de las construcciones militares. Este capítulo realiza una interpretación de la evolución de las obras desde una perspectiva técnica por lo que se plantea una periodización según la fuente del conocimiento que permitió la ejecución de las obras. En el capítulo seis se han incluido específicamente las construcciones militares del siglo XVIII, abundando sobre su surgimiento o transformación. Además, se presenta la participación de los ingenieros militares destacando su formación, experiencias previas y la labor desempeñada en el territorio veracruzano. Este capítulo se presenta como una coyuntura de diversas labores de consulta y análisis de información, lo que permitió configurar una línea de tiempo de las obras del siglo XVIII y sus ejecutantes, con la contrastación de todos los datos de las diversas fuentes y los enfoques previos. Derivado de conocer los alcances del siglo XVIII se expone la pérdida y permanencia del patrimonio militar y se definen los casos concretos de estudio: el Fuerte de San Carlos de Perote y el Fuerte de San Juan de Ulúa.

En el capítulo siete se presentan los materiales constructivos identificados en las fortificaciones y las técnicas constructivas aplicadas en cimentaciones, apoyos y cubiertas. El análisis de cada elemento estructural expone su fundamento histórico, la identificación de su morfología y el estudio técnico, en el que convergen todos los aspectos de constructivos y formales. Este capítulo concentra el mayor trabajo de campo y de gabinete para la explicación de las técnicas aplicadas en las fortificaciones. Asimismo, como parte de los resultados se presentan los atributos y aportaciones de las técnicas, en donde se agrupan los resultados bajo la interpretación de variantes de las técnicas de los elementos constructivos. Se distinguen los aportes en el uso de los materiales, la relación entre la morfología y la técnica. Este capítulo demuestra como las obras han impactado por su geometría en la composición y el seguimiento de los principios de fortificación abaluartada, sin embargo, también fueron el campo de producción técnica constructiva a través de las diversas soluciones de elementos estructurales basados en una combinación de construcción y geometría.

Precisamente uno de los valores principales que durante el proceso de la investigación se ha encontrado, es la importancia de la geometría de las superficies curvas en la configuración estructural y la definición de las técnicas aplicadas. Las obras realizadas en el siglo XVIII manejan un lenguaje constructivo basado en elementos curvos, principalmente bóvedas, y los medios para construirlos fungieron los principales retos de las obras. Sin embargo, los ingenieros militares logran ejecutarlas con las limitantes de cada contexto.

Por último, se presentan las conclusiones de la investigación en donde además de dar respuesta concreta al problema de la investigación se ofrecen nuevas líneas para encaminar futuros estudios. Es importante destacar que la arquitectura militar tiene un amplio campo de trabajo para la investigación por la variedad de enfoques que permiten realizar nuevas lecturas e interpretaciones. Se considera que esta tesis ha contribuido a ampliar el campo de conocimiento constructivo de las fortificaciones abaluartadas y se espera que contribuya a apreciar las obras desde un enfoque integral de su diseño y construcción.

**CAPÍTULO 1. ESTUDIOS SOBRE
TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN LA
ARQUITECTURA MILITAR**

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

1.1 Panorama inicial

El interés por investigar sobre aspectos constructivos de la arquitectura militar de Veracruz se presenta hasta los primeros años del siglo XXI a través de textos académicos y de divulgación científica que amplían el estado de conocimiento de la historia de la construcción fortificada. Los trabajos más relevantes son las investigaciones de Sanz Molina (2002), Pineda Campos (2005), Hernández Aranda y Ávila Hernández (2015), quienes, desde sus disciplinas de la arquitectura, la química y la arqueología, respectivamente, han abordado algunos procesos, la caracterización de ciertos materiales y los estudios historiográficos de determinados casos. Sin embargo, sobre técnicas constructivas no existe un estudio específico hasta el momento, siendo la tesis de Sanz Molina, el documento que más se acerca con la descripción de las fases de trabajo y los sistemas constructivos de las fortificaciones de San Carlos de Perote y de San Juan de Ulúa. En consecuencia, encontramos una temática poco explorada en la región.

Esto no implica una falta de relevancia del tema, pues la materialización de las obras veracruzanas ha sido un elemento que pertenece al imaginario colectivo desde antaño, baste recordar algunos ejemplos como los relatos de Francisco del Paso y Troncoso, quien en 1895 describió el asentamiento costero de Veracruz del siglo XVII como “ciudad de tablas” porque ante la falta de materiales constructivos, las viviendas estaban levantadas con la madera de reciclaje de las embarcaciones españolas; otra referencia del mismo asentamiento surgió en el siglo XX, con Hipólito Rodríguez, quien le ha llamado en sus publicaciones “una ciudad hecha de mar”, aludiendo a sus edificaciones antiguas construidas a base de corales. O bien, las descripciones de los españoles que transitaban por el Camino Real de Ventas en la zona entre Xalapa y Perote, que señalaron como “mal país” a los terrenos cubiertos por piedra volcánica, generando suelos accidentados, no óptimos para el cultivo, pero eficientes como banco de materiales para las viviendas.

Estas referencias demuestran la importancia del uso de los materiales constructivos en las obras, permeando el aspecto técnico al valor patrimonial por la relación con su momento histórico, el contexto geográfico y su representatividad en la sociedad. La reflexión se basa en resaltar que, de los ejemplos citados anteriormente, nadie demolería una casa del barrio de La Huaca en Veracruz por recordar aquella historia urbana de la “ciudad de tablas”, o que la presencia de corales en los elementos de una estructura es un indicador de la época virreinal que *ipso facto* le confiere protección legal. Así, en el afán de no caer en el fetichismo de conservar el material únicamente, sino en el conocimiento y preservación de las técnicas constructivas, la arquitectura militar veracruzana ofrece una oportunidad de

ampliar el conocimiento constructivo y a su vez, dar pautas para reafirmar la valoración de obras patrimoniales que ante la obsolescencia del uso original se encuentran vulnerables.

Por ello, la investigación pretende evidenciar que los valores de las técnicas constructivas en la arquitectura militar del siglo XVIII, no se limitan al uso de un material de la región, como pudieran ser los corales en San Juan de Ulúa, sino que el fenómeno es más complejo que involucra a otros actores y requiere de un estudio que incluya todos los aspectos; si bien, en las últimas décadas se presentaron datos significativos en el ámbito constructivo, no son suficientes para caracterizar las técnicas de la arquitectura fortificada, ni para distinguir qué factores determinan el uso o elección de una u otra técnica, y mucho menos para establecer diferencias entre ellas según su temporalidad.

Además cabe destacar que no sólo se pretende identificar las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones del siglo XVIII en Veracruz, sino distinguir a través del reconocimiento de los factores involucrados, si fueron determinadas por el conocimiento constructivo que transmitieron los ingenieros militares de la Monarquía Hispánica contribuyendo a una transformación tecnológica en la región, o estuvieron condicionadas por la realidad contextual del sistema defensivo veracruzano, lo cual se vuelve también un cuestionamiento no resuelto hasta el momento, ni abordado con alguna metodología que permita una considerable aproximación, lo que obliga a la búsqueda de referentes en otras regiones.

Italia tiene una amplia experiencia arqueológica en estudios sobre técnicas constructivas de los diversos géneros arquitectónicos con trabajos que exponen claramente el registro estratigráfico en pisos, muros, arcos y bóvedas de las ruinas de la antigüedad o de edificaciones del medievo. Según el alcance de las investigaciones se recrea la extracción del material, disposición de aparejos, composición de rellenos y aplanados. El trabajo de campo es fundamental y se ha apoyado en herramientas como las fichas de recopilación de datos, el levantamiento fotogramétrico y escaneo de los elementos. Los resultados se muestran como un compendio de técnicas o como una representación hipotética de los procesos que conlleva la puesta en obra, las etapas constructivas y las alteraciones; asimismo el registro de técnicas constructivas se presenta con un carácter práctico lo que le lleva a ser más gráfico y descriptivo, pues los trabajos se reconocen como un paso previo a la propuesta de conservación.

En España se han localizado interesantes trabajos académicos sobre técnicas constructivas de la arquitectura militar acotada en la antigüedad y el medievo. Algunos de las publicaciones pertenecen a Azuar Ruiz (1995, 2005), Graciani García (2009, 2011, 2015), Gurriarán Daza (2011,2014), por citar algunos autores que abordan casos específicos de técnicas de tapia de tierra y calicanto, la cual se identifica como una constante en las murallas y fortalezas. Otros autores como Cobos Guerra (2012) y Gil Crespo (2013, 2014), aportan interesantes datos sobre el conocimiento de las técnicas al caracterizarlas y asociarlas en un territorio determinado. Además, los congresos y eventos académicos de historia de la construcción han expuesto estudios de casos sobre técnicas

de la arquitectura militar, entre algunos ejemplos podemos citar los trabajos de Mileto, Vegas y García (2013), Herrero García (2014), García y Civantos (2011) con interesantes análisis de la tapia de tierra y la mampostería encofrada, explicando sus materiales, variantes y criterios para la intervención arquitectónica.

La revisión de los documentos publicados ha permitido distinguir diferentes enfoques para tratar el fenómeno constructivo, ya sea como objeto arqueológico, testimonio técnico tipológico o como un referente histórico asociado culturalmente. La experiencia española en la investigación de técnicas constructivas en la arquitectura militar será aprovechada para hacer una revisión metodológica que permita identificar el desarrollo de la temática, las técnicas y herramientas de investigación, así como la presentación de los resultados de los estudios, considerando que, a pesar de no corresponder a la temporalidad o territorio geográfico de esta tesis, los textos señalarán las tendencias metodológicas en el campo disciplinar.

Las obras de la Edad Moderna también han sido estudiadas en España, pero ha predominado la perspectiva histórica militar y poliorcética en dos aspectos: por un lado, atribuyendo las directrices técnicas a los monarcas que sentaron las estrategias defensivas, y por otro, dando énfasis en sus constructores, los ingenieros militares. Esta visión ha producido una amplia gama de textos por épocas, situación política, regional, servicios a la Monarquía, formación académica, pertenencia colegiada, o de carácter biográfico. Por lo tanto, en los estudios previamente citados sobre técnicas constructivas de la arquitectura antigua o medieval, en donde no existen referencias de sus autores o son escasos los datos de ellos y sus operarios, las investigaciones ubican a los materiales constructivos como el eje principal de la temática; en cambio en la edad moderna, con la separación del técnico y el artesano, la jerarquía que adquiere el ingeniero como principal representante de la técnica, lo ubica en el eje central de las investigaciones sobre las obras militares omitiendo aspectos del propio quehacer constructivo pues se identifican más con el trabajo proyectual.

Dado que la investigación pretende identificar la existencia de una relación entre el técnico, el conocimiento constructivo y el elemento, será importante la vinculación con otros temas constructivos, lo que conlleva a revisar la literatura que apunte la perspectiva teórica para llevar a efecto un análisis adecuado. Aunque pareciera que el estado de la cuestión se abre a un abanico de líneas temáticas, se consideró necesario conocer las bases documentales concernientes a un estudio tan complejo como se visualiza el determinar los factores que inciden en las técnicas constructivas de la arquitectura militar veracruzana.

1.2 Estudios sobre técnicas constructivas y su metodología

Como se ha descrito anteriormente, no existen antecedentes sobre las técnicas constructivas de la arquitectura militar veracruzana como el objeto de estudio de las investigaciones, por lo que se ha procedido a revisar en diferentes trabajos de otras regiones y temporalidades, la forma en que se aproximan a temas similares. En los textos

analizados se han encontrado constantes en cuanto a los elementos que validan para caracterizar o conocer una técnica como son los materiales, la relación temporalidad – técnica – sociedad, y la utilidad de los estudios. Asimismo, se han encontrado diferentes procedimientos para el abordaje de las investigaciones según se acoten en un marco disciplinar arqueológico o arquitectónico.

Al respecto de los elementos constantes, el uso del material constructivo es el componente esencial en todos los textos consultados, entendiéndose que la técnica tiene como objetivo la conformación y ensamblaje de los diferentes materiales en un elemento arquitectónico para ser parte de una obra estable y resistente, por lo que las técnicas varían dependiendo del empleo de los materiales como diferentes rutas hacia un fin común.¹ Incluso las técnicas adoptan el nombre dependiendo de esa manipulación de los materiales.

Cuando de la arquitectura histórica se trata, la técnica constructiva se analiza en una relación dependiente con un contexto social y temporal, de manera que los estudios tienen por objetivo conocer la cronología de los elementos a través de las técnicas, la pertenencia o influencia de un grupo cultural, o la evolución constructiva y tecnológica. Por tanto, los antecedentes históricos siempre serán un componente en las investigaciones, la prioridad o peso para el proceso de recopilación de datos, procesamiento y resultados, dependerá en sí del método y tipo de investigación elaborada.

Otra peculiaridad en la literatura consultada es la referencia a la utilidad de los resultados. Es decir, los estudios sobre técnicas constructivas en la arquitectura histórica se presentan predominantemente como parte de un proyecto mayor de investigación, un proyecto de conservación o un plan maestro para el manejo de un sitio. Con lo cual, se reconoce que la finalidad del estudio es, además de ampliar el campo de conocimiento sobre el tema, el sustento para intervenciones físicas, teóricas, estratégicas o normativas.

Al respecto de la metodología, las investigaciones encontradas presentan dos vertientes principales de autores de acuerdo con su formación académica, lo que influye en el uso de los procesos empleados para el abordaje de las técnicas, aunque esto no implica restricciones, como se mostrará más adelante. La primera línea corresponde a textos producidos por investigadores en temas arqueológicos, y una segunda, proviene de investigadores historiadores o arquitectos especialistas en patrimonio.

A su vez en arqueología se han encontrado variantes; algunos estudios presentan una narrativa de énfasis histórico cultural que deduce el discurso a través de la contrastación entre la labor disciplinar y las fuentes documentales de exploraciones previas, documentos históricos o cartográficos, ponderándose éstas últimas, ya que validan la pertinencia de las hipótesis, interpretaciones o asociaciones. El registro arqueológico de las técnicas edilicias tiene importancia en cuanto al significado interpretado, y, por tanto, su representación gráfica es complementaria, lo que origina que los registros del uso de material suelen presentarse someramente en los textos o artículos de divulgación de los resultados. En

¹ Ignacio Paricio, *La construcción de la arquitectura*. Tomo 1: *Las técnicas*, Barcelona, Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, 1999, p. 43.

estos casos² la labor arqueológica se entiende como un sustento intrínseco de la investigación histórica.

Por el contrario, otras investigaciones presentan una lectura arqueológica de las técnicas constructivas fundamentada en un método estratigráfico que prioriza el trabajo de campo, la representación gráfica y la interpretación sistematizada de los paramentos del elemento arquitectónico. Este método se identifica con un nuevo campo disciplinar llamado “arqueología de la arquitectura”, una corriente iniciada hace aproximadamente 50 años en las universidades italianas de Siena, Génova y Venecia que se caracteriza por considerar al monumento arquitectónico como un documento histórico con carácter arqueológico³ que plantea la posibilidad del estudio exploratorio en el plano vertical a diferencia del característico uso de excavaciones y registros en los planos horizontales de las ruinas. La estratigrafía y sus instrumentos de apoyo potencializan “comprender las complejas reglas constructivas y las remodelaciones sufridas por una estructura a lo largo de varias épocas históricas”⁴, sus actividades están dirigidas a “la lectura de las informaciones contenidas en los alzados a través de medios analíticos propiamente arqueológicos”⁵ que siempre tendrán el objetivo de distinguir las técnicas constructivas aplicadas.

La estratigrafía como método sistematizado de trabajo arqueológico o como recurso de técnicas e instrumentos para estudio de las fortificaciones será constantemente referenciado en las investigaciones de los últimos años, por lo que se considera pertinente describir en qué consiste, a fin de entender las connotaciones del término que hacen los autores cuando señalan su uso.

Edward Harris, considerado padre de la estratigrafía expuso en su libro *Principles of Archaeological Stratigraphy* (1979) la definición del concepto en el ámbito arqueológico y sistematizó el procedimiento desde el levantamiento de datos y su representación gráfica hasta la codificación de los datos obtenidos a través de diagramas de secuencias que utilizados como matrices (matriz de Harris), han facilitado la identificación de los tipos y cronología de las técnicas constructivas, de esta manera la lectura de la técnica edilicia se convirtió en el principal objetivo de la metodología. Posteriormente Tizziano Mannoni (1984) y R. Parenti (1988) la consolidaron como eje de la arqueología de la arquitectura y presentaron a la técnica como el indicador de la cronología y su vinculación con las fuentes referentes de apoyo. Así, se valoró tanto la información histórica documental, gráfica y oral que constituye a las fuentes indirectas, como los análisis *in situ* del elemento, las fuentes directas.

² Como ejemplo se cita a Rafael Azuar Ruiz con el texto *Las técnicas constructivas en Al-Andalus. El origen de la sillería y del hormigón de tapial* (1995) en el cual describe históricamente el proceso de surgimiento, desarrollo y cambio en las técnicas de sillería en la arquitectura fortificada medieval. También puede consultarse su publicación de 2005 en la revista digital *Arqueología de la Arquitectura*, bajo el título “Las técnicas constructivas en la formación de al-Andalus” un nuevo acercamiento a la temática que tampoco presenta evidencias de detalles constructivos producto de un trabajo de campo, pero aborda la temática con matiz reflexivo sobre los fundamentos teóricos en la apreciación de las técnicas edilicias.

³ Ese enfoque puede distinguirse en Rebeca Blanco Rotea, *Metodología para el análisis estratigráfico del Patrimonio construido y su aplicación en San Fiz de Solovio (Santiago de Compostela)*, (1999).

⁴ Antonio Pizzo, *Las técnicas constructivas de la arquitectura pública de Augusta Emérita, Mérida*, CSIC Instituto de Arqueología de Mérida, 2010, p. 27.

⁵ *Idem*.

En términos generales la estratigráfica se organiza en tres procedimientos: análisis histórico, donde se buscan las referencias sobre la construcción y contexto cultural; análisis estratigráfico, con recopilación y registro de datos resultado del trabajo de campo; y análisis técnico – constructivo, que comprende la representación de la caracterización de las técnicas como un catálogo por tipos, materiales y temporalidades⁶. Las técnicas e instrumentos para la recopilación y registro de datos, así como para la presentación de los resultados pueden ser planimetrías, croquis, fotogrametría, ortofotos, listados, fichas, diagramas, matriz de Harris, tablas y modelos virtuales. Estos recursos en la mayoría de los casos acompañan los informes de la investigación o los textos de divulgación, lo que facilita la comprensión de las transformaciones constructivas.

En España la estratigrafía ha sido ampliamente utilizada, por lo que la veremos aplicada en los estudios de técnicas constructivas de la arquitectura militar medieval, principalmente las que se encuentran en estado ruinoso. Curiosamente, aunque los ejemplos más sistematizados los encontraremos en estudios arqueológicos, como los de Rouco Collazo, Martín Civantos y Benavides López⁷ (2018), Pedro Gurriarán Daza y Samuel Márquez Bueno⁸, cabe destacar que los arquitectos también han hecho uso de la estratigrafía en sus interpretaciones sobre técnicas constructivas, como el caso de Cobos Guerra⁹ (2012). La eficacia demostrada por los aportes al conocimiento de las técnicas constructivas y su cronología, le hacen ser un procedimiento aprovechable en la gran mayoría de los estudios actuales, en los cuales cada autor decide la profundidad o rigor de su uso. Asimismo, la estratigrafía como parte del proceso metodológico de la investigación, no limita el carácter de las investigaciones y estará presente en los textos de divulgación, a la manera que cada autor lo considere.

Por ejemplo, el trabajo de Gurriarán Daza sobre *Las técnicas constructivas en las fortificaciones andalusíes* (2014), muestra una exhaustiva investigación documental y de campo, así como su perspectiva teórica y reflexiva sobre la temática. En el documento resulta muy interesante su postura crítica, pues manifiesta como superada “la visión

⁶ *Idem*

⁷ Un ejemplo de la estructuración metodológica estratigráfica en obras de fortificación se presenta en el texto de Rouco Collazo, Martín Civantos y Benavides López titulado *Análisis arqueológico de la torre-puerta de la alcazaba de Guadix (Granada)* (2018). Primero se contextualiza geográfica e históricamente al recinto amurallado. Posteriormente se define la metodología integrada en dos grandes rubros: tareas de campo y tareas de laboratorio. En las primeras se incluye la geo-referenciación del edificio en coordenadas universales, la captura sistemática de imágenes para el posterior modelado fotogramétrico, el análisis minucioso de las unidades estratigráficas y su registro en fichas. En el segundo rubro se incluye el modelado tridimensional de la estructura a partir de imágenes, la obtención de documentos gráficos como ortofotografía de planta, alzados y secciones y el análisis y gestión de la información arqueológica sobre plataformas digitales.

⁸ Samuel Márquez Bueno, quien colabora en el trabajo gráfico con Gurriarán, presentó posteriormente su interpretación constructiva en el texto *La tecnología constructiva andalusí: obra encofrada y revestimientos en la arquitectura militar (s. XX-XII). El ejemplo de las torres* (2018), el cual se enfoca a aspectos concretos de la puesta en obra de las fortificaciones estudiadas mediante la reproducción hipotética de la construcción de las torres tomando como principal fuente de datos los registros estratigráficos en la superficie de las tapias, de este modo, la lectura de los paramentos se vuelve un indicador no sólo de la cronología, sino también de la interpretación del proceso de elaboración de la obra fortificada.

⁹ Véase a Cobos Guerra, Fernando; Castro, J. Javier de; Canal, Rodrigo, *Castros y recintos de la frontera de León en los siglos XII y XIII. Fortificaciones de tapial de cal y canto o mampostería encofrada*. Edición digital Junta de Castilla y León. Valladolid 2012, consultado en <http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=20086>

tradicional de la construcción como un asunto meramente formal y estilístico, más propio de los historiadores del arte y arquitectos”¹⁰ y asevera lo siguiente:

*“...hemos comprendido cómo las manifestaciones constructivas no son sólo meros testimonios fósiles, estáticos e individuales, sino que son más bien fruto de coyunturas sociopolíticas concretas, insertas en un discurrir diacrónico, y en el que la multitud de actores y factores tendrán una influencia determinante en la presencia o evolución de cada sistema.”*¹¹

De esta manera, Gurriarán entiende a la construcción y sus procesos como la consecuencia de un sistema social concreto en el que se involucran todos los actores.¹² Lo anterior, nos acerca más a la argumentación de una historia de la construcción arquitectónica que a la evidencia de un método de información técnico-constructiva, que, de hecho, individualiza la técnica como un indicador de temporalidad.

Hasta aquí se ha revisado la metodología utilizada por investigadores en el campo de la arqueología y se procederá a examinar algunos trabajos realizados por investigadores arquitectos, lo cual parece muy pertinente tras las afirmaciones de Gurriarán Daza, que plantea como superada la visión formal y estilística del proceso constructivo y que lleva a cuestionar ¿cómo estructuran los arquitectos las investigaciones sobre técnicas constructivas? ¿qué metodologías siguen? ¿continúan en el discurso estilístico y formal? ¿se acotan en el histórico? ¿hacia dónde se dirige los recientes trabajos de los investigadores arquitectos? Cabe destacar que existe multitud de documentos sobre aspectos constructivos de la arquitectura, pues la construcción ha sido parte inherente de ella, sin embargo, cuando se trata de seleccionar los estudios específicos sobre las técnicas aplicadas, la muestra se reduce sobre todo en el género militar.

En las investigaciones se encontraron diferentes formas de estructurar y jerarquizar contenidos y resultados, pero siempre existe una base metodológica, con preponderancia en estudios cualitativos, en cuyo procedimiento se auxilia de otras disciplinas, como la historia y la arqueología. Los estudios generalmente forman parte de un proyecto mayor y multidisciplinario por lo que se verá permeado y enriquecido con diferentes tipos de análisis, haciendo uso de métodos y procedimientos más creativos y flexibles que pueden combinar datos cualitativos con cuantitativos, por lo que toman diversos matices metodológicos.

El arquitecto involucra diversos factores y considera el elemento como parte de un todo, en cualquier escala, es decir, parte de una estructura, de un edificio, de un conjunto o de una ciudad, por lo que su visión genera hipótesis con fluidez al tratar un fenómeno con cierta complejidad, en consecuencia, los estudios no individualizan la técnica constructiva, sino que establecen asociaciones, constantes y variables que permiten establecer tipologías.¹³ Esta perspectiva se refleja en el uso de métodos cualitativos comparativos y de caso de estudio. En diversas ocasiones se parte de resultados previos para aprovechar los datos

¹⁰ Pedro Gurriarán Daza, “Las técnicas constructivas en las fortificaciones andaluzas” en *La ciutat medieval i arqueologia*. VI curs internacional d'arqueologia medieval, 2014, p. 263, consultado en https://www.academia.edu/8191248/GURRIAR%C3%81N-T%C3%89CNICAS_CONSTRUCTIVAS_FORTIFICACIONES_ANDALUS%C3%84DES

¹¹ *Idem*

¹² Gurriarán Daza, *op cit*, p. 290

¹³ Como puede apreciarse en los trabajos de Cobos Guerra (2012) y Gil Crespo (2013)

resultantes de los casos de estudio o los materiales, de manera que se discriminan ciertos aspectos, por lo que a veces se omite información sobre los componentes de una técnica o bien, se aborda con menor profundidad en la investigación. El arquitecto valida su propia percepción y experiencia lo que pudiera interpretarse como faltante de carácter científico, sin embargo, al relacionar los diferentes factores involucrados en una técnica, la propuesta se sustenta.

También se encontró el uso de métodos paramentales a base de procedimientos estratigráficos que son abordados con una visión amplia y bajo diferentes matices, que contrasta con los estudios arqueológicos que se ciñen más un procedimiento metódico y sistematizado. La habilidad para la representación gráfica le lleva al aprovechamiento de este tipo de métodos, que, según Miguel Ángel Tabales, corresponde a estudios sistematizados de los paramentos, cuyas vías para la lectura de los alzados pueden ser: con carácter estratigráfico y finalidad evolutiva; con carácter analítico estructural de finalidad descriptiva, tipológica y patológica; o arquitectónica en base a aspectos tipológicos, descriptivos y espaciales.

Lo anterior, nos trae de vuelta la constante que permea a los estudios sobre técnicas constructivas, que será la lectura e interpretación de los alzados, es decir, las superficies verticales de los elementos, ya sea con un seguimiento estricto y estructurado de la estratigrafía arqueológica, o bien por la indagación física basada en la organoléptica y análisis de los datos registrados. Por ambos caminos se concluye en una definición de técnicas, una propuesta de evolución o tipos, la definición de los componentes y asociaciones entre diversos casos. Para cubrir el fenómeno con mayor eficacia, la metodología de análisis paramental según Tabales, debe incluir todos los ámbitos: estudios estratigráficos, análisis tipológicos, constatación de los principales eventos estructurales.¹⁴

Por ejemplo, el texto *La técnica del tapial en Andalucía Occidental. En Construir en Al-Andalus* de Amparo Graciani García¹⁵ (2009), presenta un estudio basado en una metodología de análisis paramental de fábricas históricas de tapial en arquitectura militar, bajo criterios organolépticos (percibidos sin instrumentos científicos). El desarrollo se organiza desde una triple perspectiva: constructiva, material y métrica. En la visión constructiva referida a la ejecución, incluye la estructura y otros elementos que caracterizan la tapia como las agujas, los mechinales y el empleo de cajones; también realiza una identificación de asociaciones entre fábricas. En cuanto al material, éstos se describen en su función de componentes, sus combinaciones y las mezclas para el revestimiento. En la perspectiva métrica, se presentan las dimensiones del módulo y los componentes característicos; los datos se concentran en tablas.

La lectura paramental de los casos de estudio se realizó a través de una inspección visual y analítica de las murallas, por lo que se requirió de un trabajo de campo sistematizado, que a la vez se respaldó de la investigación documental y el trabajo de gabinete. El estudio

¹⁴ Miguel Ángel Tabales, "Análisis arqueológico de paramentos. Aplicación en el patrimonio edificado sevillano" (1997), en *Revista digital SPAL* número 6, (1997) pp. 263-295 consultado en <http://dx.doi.org/10.12795/spal.1997.i6.15> o http://institucional.us.es/revistas/spal/6/art_15.pdf

¹⁵ Amparo Graciani García, "La técnica del tapial en Andalucía Occidental" en *Construir en Al-Andalus (Monografías del Conjunto Monumental de la Alcazaba de Almería, núm. 2)*, coord. por Ángela Suárez Márquez, 2009, pp. 111-140.

omite análisis como la caracterización química y física de los materiales, justificado por la existencia de investigaciones previas sobre el tema, por lo que se centra en la forma en que participan en la composición de la tapia como elemento constructivo. La representación gráfica se apoya de fotografías, planos de conjuntos y dibujos digitales que muestran la interpretación de la técnica constructiva.

En un artículo posterior de Graciani en coautoría con Jacinto Canivell¹⁶ (2015) titulado *Caracterización constructiva de las fábricas de tapia en las fortificaciones almohades del antiguo Reino de Sevilla*, la investigación se presenta bajo un procedimiento de análisis constructivo con parámetros técnicos y métricos. La caracterización se auxilió de estudios previos con datos recabados en campo y correspondientes a un amplio grupo de parámetros que se consideraron para distinguir las cualidades de las fábricas de tapia. A partir de ello, se identificaron tres categorías: constructiva, de daños y de vulnerabilidades. La primera corresponde al estudio técnico, dimensional y material, muy similar al desarrollado en el trabajo citado anteriormente de Graciani. La segunda categoría correspondiente a los daños estructurales, materiales o de superficie y sus causas. La última categoría abarca la caracterización de vulnerabilidades físicas, estructurales y a la afectación del agua, como principal factor del deterioro en la tapia.

Aunque el estudio comprende las tres categorías, el trabajo expuesto en el artículo prioriza a la primera con la intención de desarrollar un estudio constructivo de las fábricas, un análisis comparativo de los rasgos relevantes para distinguir singularidades entre las almohades y cristianas y la exposición de los parámetros constructivos. Los resultados se presentan en gráficas cuantitativas y tablas con datos que facilitan la comprensión del fenómeno; además de fotografías de los elementos característicos de la tapia.

Con estos primeros dos casos revisados se encuentra un método paramental basado en la inspección visual y analítica constructiva. Los dos enfoques no jerarquizan la ubicación cronológica como la finalidad del resultado o análisis, sino que el procedimiento se organiza en torno a caminos paralelos que apoyan en la caracterización de la técnica, en este caso definidos por el estudio constructivo o técnico, material y dimensional. Quizá esta es una de las principales diferencias de las investigaciones arqueológicas con las arquitectónicas, ya que la ubicación temporal no es el motivo central del estudio, aunque sí se resuelvan incógnitas durante el desarrollo, pero la búsqueda principal es la comprensión de la forma en que se manipuló el material, su relación con la estructura del elemento y del conjunto arquitectónico, urbano o cultural.

Por citar ejemplos podemos señalar las investigaciones comparativas por casos de estudio en los trabajos de Fernando Cobos Guerra, Javier de Castro y Rodrigo Canal (2012) y Camilla Mileto *et al* (2014, 2013). La primera investigación¹⁷ presenta la caracterización científica de un sistema territorial patrimonial basado fundamentalmente en el análisis de la

¹⁶Jacinto Canivell y Amparo Graciani García, "Caracterización constructiva de las fábricas de tapia en las fortificaciones almohades del antiguo Reino de Sevilla", en *Arqueología de la Arquitectura*, núm. 11 (2015), e025, consultado en <http://dx.doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.003>

¹⁷ Fernando Cobos, Javier de Castro y Rodrigo Canal, *Castros y recintos de la frontera de León en los siglos XII y XIII. Fortificaciones de tapial de cal y canto o mampostería encofrada*. Valladolid, Edición digital Junta de Castilla y León, 2012, consultado en <http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=20086>

tecnología constructiva y de los procesos constructivos. Como metodología del estudio los autores señalan el cruce de una lectura vertical de cada monumento estableciendo la secuencia cronológica y una lectura horizontal del territorio a partir de criterios de caracterización de la pertenencia a dicho sistema. El desarrollo del documento permite identificar también el uso de técnicas estratigráficas en los paramentos de los muros de las fortificaciones, registro de los datos encontrados en ortofotos, en donde se yuxtapone la interpretación de los autores de los tramos de tapia, la dirección del proceso de la obra y la división de los frentes de trabajo; incluso se muestra una matriz de Harris con la cronología de las técnicas encontradas.

Los resultados de la caracterización de las edificaciones militares se concentraron en tablas agrupadas por sistema constructivo y se divide en subcategorías conforme a las variantes encontradas del tapial y del proceso constructivo. El estudio es un interesante trabajo que también distingue su vinculación con algunos trabajos de intervención y restauración arquitectónica, así como de planes directores de ciertas fortalezas.

En el segundo ejemplo¹⁸, Camilla Mileto y Fernando López siguieron un método de análisis cualitativo de diversos casos de estudio que incluyó principalmente una búsqueda de investigaciones e intervenciones previas en cada edificio y registros *in situ*, con lo que se lograron definir las características de las técnicas de tapia. El proyecto es amplio y comprende el llenado de fichas por caso de estudio con fotografías, croquis y datos determinantes para la caracterización de las técnicas como análisis físico- químicos de dosificación y granulometría de los materiales. Como parte de la difusión de los resultados, junto con Lidia García Soriano (2013) se publicó también el texto *La técnica constructiva de la tapia en la arquitectura militar defensiva en España. Variantes e invariantes*, en donde el análisis global de los casos de estudio permitió definir las invariantes y variantes de la técnica edilicia. Así, atribuyen el término invariantes a las características comunes de los materiales de la tapia, y el término de variantes a aquellas subcategorías de cada caracterización, como los refuerzos y materiales adicionales. De esta manera se puede tener una clasificación tipológica de las tapias de acuerdo con su composición material.

Por otra parte, cabe destacar que las investigaciones sobre técnicas constructivas aportan resultados que alimentan un nuevo campo disciplinar llamado “historia de la construcción”. Lo que implica que la visión histórica de la arquitectura cambia su eje central, del formal y estilístico por el arquitectónico constructivo. Entonces las investigaciones buscan identificar, describir, explicar y argumentar las soluciones generadas en los procesos constructivos, tanto por el uso, procesamiento o fabricación de los materiales, por las soluciones estructurales o las técnicas constructivas, por la intervención de sus constructores proyectistas o la mano de obra, o bien por otro tipo de factores implicados. El campo disciplinar no se rige por una nueva metodología, ni un sólo método en específico, más bien continúa con el ejercicio de procesos analíticos; lo que en sí ha cambiado es el objeto de estudio y la consideración de una mayor variedad de fuentes de información.

¹⁸ Proyecto de investigación BIA 2010-18921: *ResTAPIA. La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Ministerio de Economía y Competitividad / Ministerio de Ciencia e Innovación. 2011-2013. Investigador Principal: Camilla Mileto.

Un ejemplo de estudios que se enmarcan en esta línea lo encontramos en la investigación doctoral de Gil Crespo¹⁹ cuyo objetivo es el estudio de los sistemas y técnicas constructivas empleadas en las fortificaciones bajomedievales a través de la comparación y relación de las técnicas utilizadas. El trabajo se desarrolló con una metodología que combina el análisis histórico y el arquitectónico constructivo que pretende ampliar el campo de conocimiento de la historia de la construcción cada técnica a fin de conocer sus variaciones constructivas y dimensionales en cada momento histórico.

Para finalizar, cabe destacar que este recorrido por las metodologías desarrolladas en investigaciones sobre técnicas constructivas de la arquitectura militar ha permitido tener un panorama amplio de la forma de construir el conocimiento, qué enfoques seguir, cómo aprovechar la información existente, que recursos se tienen y cuáles hay que preponderar. Sin embargo, la arquitectura militar en Veracruz presenta características diferentes a las obras medievales españolas, por lo que es importante considerar que los procesos metodológicos pudieran ser diferentes. Las incógnitas cronológicas no son tan imperantes para trabajarlas en sitio, como en el caso medieval, pues en las obras modernas, se cuenta con datos de fuentes que especifican la datación y los ejecutores.

Por consiguiente, se procederá a reconocer los recursos de fuentes que aportan conocimiento constructivo de la arquitectura militar en Veracruz, como de aquellos que, por ser temas vinculados a la investigación, pueden ofrecer un aporte a considerar en la investigación sobre los factores que inciden en las técnicas constructivas.

1.3 Fuentes sobre construcción de la arquitectura militar en Veracruz

En el ámbito regional, específicamente en el geográfico correspondiente a Veracruz, es importante destacar la existencia de los trabajos que se han enfocado a la arquitectura militar y cuyo contenido incluye ciertos aspectos constructivos que aportan datos a la historia de la construcción. A pesar de que Veracruz fue una de las principales plazas fortificadas durante la Nueva España existe una gran pérdida de su patrimonio militar, lo que ha motivado a investigadores a publicar textos sobre temas relacionados con la historia general del Fuerte de San Juan de Ulúa, de la ciudad amurallada de Veracruz, del Fuerte de San Carlos de Perote y sobre la conformación de los caminos reales por Perote y por Orizaba, mencionando algunas edificaciones militares, sobre todo las establecidas en el siglo XIX como el caso del Fortín de Plan del Río.

En una selección de documentos que aporten datos técnicos sobre la construcción militar en Veracruz, se encontró que uno de los primeros en incluir información fue el arqueólogo Alfonso Medellín Zenil, quien en la segunda mitad del siglo XX realizó diversas prospecciones en el estado de Veracruz, y más allá del ámbito temporal prehispánico, fue el primero en registrar lo que se reconoce como la primera fortaleza de Hernán Cortés, una edificación que Medellín Zenil identificó como casa fuerte. Los resultados de su

¹⁹ Ignacio Javier Gil Crespo, *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII al XV en la actual provincia de Soria* (Tesis doctoral), Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2013.

investigación de campo fueron difundidos en 1966 en el artículo “Exploración en la Villa Rica de la Veracruz”²⁰ en la Revista *La Palabra y el Hombre* de la Universidad Veracruzana. En el texto se plasma la planta arquitectónica de la casa fuerte, las dimensiones de sus elementos, sus características constructivas en cuanto a la distinción de algunos materiales y fuentes probables de origen, así como la composición aproximada de sus mezclas.

En 2002 Sara Elizabeth Sanz Molina realizó la defensa de su tesis doctoral *Tres fortificaciones en Nueva España: Estudio arquitectónico constructivo* ante la Universidad Politécnica de Cataluña. La investigación plantea la relación existente entre los principios de fortificación de los tratados italianos, franceses y españoles de los siglos XVI al XVIII y las obras defensivas de San Carlos de Perote, San Diego de Acapulco y San Juan de Ulúa. El aporte de la tesis es el análisis constructivo llevado a efecto con fundamento en documentos originales sobre las relaciones de obra y los planos de dichas fortificaciones elaborados por ingenieros militares²¹, de manera que nos permite tener una visión completa de la historia de la construcción militar en los tres casos de estudio. Sanz Molina posteriormente ha participado en publicaciones como *Fortalezas históricas* (2016) en donde se puede apreciar como la visión de arquitecta le permite distinguir las variables constructivas en las tipologías defensivas.

Francisco Muñoz Espejo, de formación arquitecto, participó en la colección editorial de Pablo Montero sobre San Juan de Ulúa, en el volumen VI titulado *La construcción de la fortaleza de San Juan de Ulúa* (2005) mostró etapas constructivas del conjunto militar basándose en las tipologías arquitectónicas predominantes de cada periodo. El texto carece de rigor científico, pero proporciona una visión general de la conformación compleja de la fortificación más importante de Veracruz.

También en 2005, Dolores Pineda Campos defendió su tesis doctoral ante la Universidad de Valencia, bajo el título *Investigación de los materiales coralinos utilizados en la construcción y restauración de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz*; aborda con métodos científicos el estudio y análisis de los fósiles coralinos, el material constructivo base de la edificación. La investigación que fue publicada en el mismo año muestra a través de los resultados de análisis de difracción de rayos X, termogravimétrico y térmico diferencia, caracterización mineralógica y análisis de imagen, las propiedades físicas-mecánicas y químicas de seis especies de corales utilizados como material constructivo y aporta significativamente al campo de conocimiento del material que sólo se ha distinguido en América por su uso en la construcción.

En una línea de arqueología histórica, Judith Hernández Aranda, investigadora del Instituto Nacional de Antropología e Historia ha realizado diversos trabajos en recintos fortificados. Derivado de su actividad en la región de Veracruz ha publicado artículos que nos aportan datos técnicos sobre los elementos arquitectónicos explorados. Por ejemplo, en el caso de

²⁰ Universidad Veracruzana, revista *La Palabra y el Hombre*, no. 40, (octubre-diciembre 1966), pp 625-632 consultado en <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/2728>

²¹ Sara Elizabeth Sanz Molina, *Tres fortificaciones en Nueva España: estudio arquitectónico constructivo* (Tesis de doctorado), Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, 2002.

San Juan de Ulúa, destacan *Los aljibes en la fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz*²², en coautoría con Roberto Jesús Ávila Hernández, aporta datos técnicos sobre la ubicación de las cisternas referenciando sus materiales constructivos, las mezclas recomendadas, dimensiones, capacidad y autores de las obras. En 2015 publicaron el artículo *Jaime Franck: Autos legales sobre su obra en San Juan de Ulúa (1692-1693)*²³ que corresponde a la transcripción de unos testimonios encontrados en el Archivo General de la Nacional y que aportan interesantes datos sobre el proceso constructivo que siguió Frank durante sus obras. Otros datos interesantes se encuentran en el artículo *El Arsenal Nacional en San Juan de Ulúa, primera industria en el puerto de Veracruz*²⁴ (2015) Hernández Aranda y Ávila Hernández describen las modificaciones que sufrió la estructura antigua de la fortaleza para adecuar el arsenal nacional, aunque en sentido descriptivo se hacen algunas referencias sobre materiales, elementos estructurales y arquitectónicos.

En 2019, Hernández Aranda y Martínez Aguilar²⁵ publicaron “El Baluarte de Santiago en la Ciudad de Veracruz: aproximaciones a su construcción y arquitectura” texto en el que se incluyen importantes datos constructivos resultado de exploraciones arqueológicas y de intervenciones en el único baluarte que se conserva de la ciudad amurallada de Veracruz. El documento no señala las técnicas utilizadas, pero abre las incógnitas a un elemento militar que se ha identificado en el siglo XVII, pero que, tras los trabajos en sitio, ha revelado diversas fases que implicaron etapas en el siglo XVIII, XIX y XX.

También en 2019, Mónica Cejudo y Germán Segura publicaron el texto “Fuerte de San Carlos de Perote: sistemas y materiales constructivos de la única fortaleza española abaluartada tierra adentro en América del siglo XVIII”²⁶, un texto que presenta el esplendor del conjunto militar en relación con los lineamientos técnicos de las fortificaciones abaluartadas.

Como se distingue, la información constructiva en la arquitectura militar aún es muy limitada y no ofrece una lectura general que caracterice la construcción fortificada de Veracruz, tampoco existen documentos arqueológicos que presenten estudios estratigráficos con las técnicas constructivas encontradas y mucho menos, por parte de los arquitectos el uso de ese tipo de metodologías. En general, los textos revisados presentan carácter monográfico, arqueológico - histórico o de diagnóstico, con aportación de datos relevantes sobre su

²² Judith Hernández Aranda y Roberto Jesús Ávila Hernández, “Los aljibes en la fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz”, en *Boletín de Monumentos Históricos* Núm.32, (2014), México, INAH, p. 99-123.

²³ Judith Hernández Aranda y Roberto Jesús Ávila Hernández, “Jaime Franck: Autos legales sobre su obra en San Juan de Ulúa (1692-1693)” en *Revista Ollin* año 8 número 15, (2015), México, INAH, p. 7-25.

²⁴ Judith Hernández Aranda y Roberto Jesús Ávila Hernández, “El Arsenal Nacional en San Juan de Ulúa, primera industria en el puerto de Veracruz”, en *Boletín de Monumentos Históricos* Núm. 33, (2015), México, INAH, p.63-86.

²⁵ Judith Hernández Aranda y Gladys Martínez Aguilar, “El Baluarte de Santiago en la Ciudad de Veracruz: aproximaciones a su construcción y arquitectura”, en Milagros Flores Román y Dolores Pineda Campos (editores), *El Patrimonio de los Caminos Fortificados*, Xalapa, Universidad de Xalapa A.C.,2019, pp 211-236

²⁶ Cejudo Collera, Mónica y Segura, Germán, “Fuerte de San Carlos de Perote: sistemas y materiales constructivos de la única fortaleza española abaluartada tierra adentro en América del siglo XVIII”, en *3º Congreso Internacional de Histórica da Construcao Luso-Brasileira*, Universidade do Porto, Salvador, Brasil, 2019, pp. 1102-1116.

edificación, que permite una aproximación a los materiales utilizados, los elementos arquitectónicos, los procesos y algunos datos sobre sus constructores.

No obstante, la información documental es un importante punto de partida, pues Veracruz cuenta con obras militares estudiadas ampliamente bajo la línea histórica y eso permite ubicarlas cronológicamente y contrastar con los datos constructivos. Entonces, para el estudio de las técnicas constructivas la temporalidad no es una incógnita central por resolver, pues acotadas en el siglo XVIII, se pueden distinguir las obras completas del Fuerte de San Carlos de Perote y etapas constructivas del Fuerte de San Juan de Ulúa, en cuyo caso, la cartografía histórica resultaría de gran apoyo. Sólo el caso del Baluarte de Santiago en la ciudad de Veracruz requeriría de un método estratigráfico para identificar con claridad las etapas, que evidentemente hace necesario un trabajo arqueológico por la complejidad de un monumento intervenido muchas veces.

Además, durante el siglo XVIII dada la participación importante de ingenieros militares con un bagaje de conocimientos constructivos y una estructura militar consolidada que incidió en la forma de construir en la Nueva España, obliga a revisar los trabajos desde ese enfoque. Como se ha mencionado anteriormente, la investigación doctoral de Sanz Molina es el documento que ofrece mayores datos sobre los procesos constructivos al sustentarse de las relaciones de obra emitidas por los ingenieros y sin duda será un importante apoyo.

Como todos los estudios sobre técnicas constructivas, se visualiza que esta investigación doctoral requerirá un extenso trabajo de campo que permita contrastar los datos referenciados en las diversas fuentes documentales revisadas, pero que sobre todo visualice el papel de la técnica constructiva en la arquitectura militar, su fundamento y transferencia para identificar la proyección de las obras traspasando los campos de las disciplinas, el tiempo y la geografía. En ese sentido, la búsqueda de referencias que sustenten en trabajo de investigación vincula líneas temáticas sobre conocimientos constructivos e ingenieros militares que permitan tener claro el ambiente técnico en el que se llevaron a efecto las construcciones militares del siglo XVIII.

1.4 Documentación constructiva de la arquitectura militar

El tema de arquitectura militar ofrece la oportunidad de abordarlo desde diferentes aspectos, generalmente la importancia de las obras ha encauzado que la mayoría de las investigaciones se refieran a su historia político-social, militar, arquitectónica y poliorcética. Otros estudios se refieren a la tratadística como cuerpo de saberes que fundamenta la creación, composición y solución estratégica de las obras defensivas. Asimismo, el papel determinante de los ingenieros militares en las obras ha llevado a la producción de diferentes textos que nos refieren su participación en las diversas plazas que intervinieron.

A pesar de que pareciera que se cuenta con una extensa fuente de conocimiento, cuando se trata de distinguir y seleccionar los datos referidos a las técnicas de construcción de las obras, éstos son sumamente limitados. Es decir, se cuenta con pocos recursos

documentales sobre los procesos de edificación de las obras que nos ilustren el uso específico de los materiales, su origen, los sistemas constructivos, el registro de las soluciones técnicas, la mano de obra, su organización del trabajo, el tipo de herramientas y máquinas utilizadas.

En este apartado se pretende destacar de la extensa bibliografía sobre arquitectura militar, aquella que proporciona mayores datos sobre los procesos de construcción de las obras o que son de manera indirecta, fundamentales para la interpretación de las etapas constructivas. Las fuentes se han dividido en dos temporalidades: anteriores al siglo XX en donde se encuentran descritos aquellos textos, tratados y autores de la antigüedad hasta el siglo XIX y las fuentes contemporáneas. Esta última se divide en fuentes que refieren a la construcción de sistemas defensivos de la monarquía hispánica ubicados en Europa y América y fuentes que se han delimitado al análisis de las obras en la región veracruzana. De esta manera se pretende tener un panorama general del estado de la cuestión que ofrezca identificar el aporte que esta investigación puede alcanzar al campo de conocimiento constructivo militar.

1.4.1 Fuentes anteriores al siglo XX

Las fuentes documentales sobre técnicas constructivas en la arquitectura militar hasta el siglo XVIII se refieren principalmente al conjunto de saberes compuesto por reglas, recomendaciones o información general que aporta el cómo construir los elementos arquitectónicos y estructurales de los recintos fortificados. En ese sentido, la tratadística militar ofrece un profundo conocimiento, que ha sido estudiado en anteriores investigaciones y que en algunos casos hace referencia aislada de edificaciones como ejemplo demostrativo de los saberes que se pretende validar. Durante el siglo XIX surgen los estudios específicos que incluyen el registro y análisis de determinadas obras militares del pasado, y a su vez, nos ofrecen datos que nos permitirían interpretar la historia de la construcción militar.

Al respecto de las fuentes tratadísticas que entre la antigüedad y el siglo XVIII fundamentaron el saber técnico de la arquitectura militar se encuentra en los siguientes documentos históricos en la tabla 1.1. El contenido de dichos documentos es un apoyo para la lectura e interpretación constructiva de la arquitectura militar, pero no incluye una historia de la construcción por lo que esos saberes, se analizarán en otro capítulo.

El siglo de las luces trajo consigo la sistematización de los saberes y por ello contribuyó a enriquecer el repertorio de la tratadística con algunos ejemplos de obras construidas que sirvieran de apoyo a la enseñanza de soluciones técnicas específicas. Un caso es el tratado de Miguel Sánchez Taramas, ingeniero profesor de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona, quien en 1769 escribió su tratado de Fortificación o Arte de construir los Edificios Militares y Civiles, este documento que en una primera parte es la traducción del tratado inglés de John Müller, integra además notas, adiciones y 22 láminas que ilustran soluciones específicas.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Tabla 1.1 Tratados con contenido técnico-constructivo sobre elementos de la arquitectura militar o contenido constructivo general (*) como fuente complementaria a las construcciones militares			
Datación general	Autor	Texto histórico	Aporte a la interpretación de técnicas constructivas
I a.C.	Marco Viruvio Polión	<i>De Architectura Libri Decem</i>	Aborda la construcción de murallas, los materiales y sistemas constructivos en general y las máquinas de defensa y ataque.
IV	Flavio Vegecio Renato	<i>De Re Militari. Epitoma institutorum rei militaris</i>	Manual práctico para militares sobre construcción y organización de fortificaciones.
XIII	Villard de Honnecout	<i>Cuaderno de Villard de Honnecout</i>	Diseño geométrico como base del proyecto y construcción. Testimonio gráfico de la mecánica en la construcción medieval.
XV	Leonardo Da Vinci	<i>Tratados varios de fortificación, estática y geometría en italiano; y, Tratado de estática y mecánica en italiano</i>	Documentos sobre fortificación y diseño de máquinas de asalto, así como metodología para el análisis de los procesos constructivos, solucionando a través del diseño de máquinas la realización de las obras.
XV	León Battista Alberti	<i>De Re Aedificatoria</i>	Recopilación de saberes sobre técnicas constructivas de murallas, calzadas, plazas y puestos de guardia; descripción del uso de ladrillo y mezclas que encontraremos en la arquitectura militar.
XVI	Alberto Durero	<i>Etliche Unterricht zu Befestigung der Stett, Schloss und Flecken</i>	Texto dedicado exclusivamente al tema fortificación, muestra de saberes de matemática y propuesta geométrica relacionada con la construcción.
XVI	Francisco di Giorgio	<i>Architettura civile e militare</i>	Formas convenientes de muros, fosos, revellín. Recomendaciones sobre materiales para construcción general.
	Giovanni Zanchi	<i>Del modo di fortificar le citta</i>	Principios generales de composición de recintos fortificados
	Giacomo Lanteri	<i>Del modo di disegnare fortezze / Del modo di fare le fortificationi di terra</i>	Trazado geométrico y proceso de construcción de las obras.
	Girolamo Cataneo	<i>Dell'arte militare libri cinque</i>	Tipos de cimentación que se deben usar según el tipo de terreno para la construcción de baluartes.
	Fausto Castriotto	<i>Della fortificatione delle città, libri tre</i>	Orientación práctica sobre la construcción de fortifines.
	Cristóbal de Rojas	Teoría y práctica de fortificación	Matemáticas, aritmética y fortificación, saberes para construir una fortaleza. Aporta un amplio conocimiento constructivo (elementos, materiales, mezclas, procesos) que será fuente recurrente de ingenieros militares.
XVII	Jean Errard de Bar-le-Duc	<i>La fortification demonstree et reduicte en Art</i>	Geometría y construcción. Presenta la construcción de manera sistematizada con apoyo de ciencias auxiliares, principalmente de la geometría.
	Antoine de Ville	<i>Les fortifications</i>	Representación gráfica de datos técnicos con escenas rurales y paisajes de las ciudades fortificadas.
	Alain Manesson Mallet	<i>Les travaux de Mars ou l'Art de la Guerre</i>	Construcción gráfica – geométrica de plazas regulares e irregulares. Aspectos constructivos como movimientos de tierra, edificación de murallas, instrumentos y materiales.
	Samuel Maralois	<i>Opera mathematica...</i>	Teoría sobre la construcción de muros y murallas: forma, cimentación, sistema constructivo, materiales, contrafuertes.

CAPÍTULO 1
Estudios sobre técnicas constructivas en la arquitectura militar

Tabla 1.1 (continuación) Tratados con contenido técnico-constructivo sobre elementos de la arquitectura militar o contenido constructivo general (*) como fuente complementaria a las construcciones militares			
Datación general	Autor	Texto histórico	Aporte a la interpretación de técnicas constructivas
	Adam Fritach	<i>L'Architecture Militaire ou la Fortification Nouvelle</i>	Valoración de los instrumentos adecuados para optimizar el uso y tratamiento de materiales constructivos. Distingue las herramientas prácticas de construcción, de los instrumentos matemáticos de medición y trazo.
	Vicente Mut	<i>Arquitectura Militar</i>	Aspectos constructivos para la ejecución de murallas y terraplenes, parapetos, fosos y puertas.
	Alonso de Cepeda y Adrada	<i>Epítome de la Fortificación Moderna</i>	Aborda la geometría euclidiana, así como los procesos de ejecutar movimientos de tierra, desplantar murallas, construir medias lunas, revellines, empalizadas, casamatas, puentes y puertas.
	Josep Zaragoza*	<i>Fábrica y uso de varios instrumentos matemáticos</i>	Explicación de los instrumentos empleados en las operaciones de medición, levantamiento y trazado de obras de arquitectura militar o civil.
	Vicente Tosca	<i>Compendio Matemático</i> . Volumen V.	Compilador del conocimiento constructivo de su época. Enseña a fortificar una plaza, atención especial a la conformación de los muros.
	Nicolás Bion*	<i>Traité de la construction et des principaux usages de instruments de Mathématique</i>	Instrumentos que se empleaban en las labores de topografía.
	Fray Lorenzo de San Nicolás*	Arte y uso de arquitectura. Libro II	Construcción de bóvedas, albañilería y métodos de trazo.
	Ginés Martínez de Aranda*	Cerramientos y trazas de montea	Cantería y estereotomía.
	J. Torija*	Breve tratado de todo género de obras	Construcción y trazo de bóvedas.
XVII-XVIII	Sebastián Fernández de Medrano	Rudimentos geométricos y militares/ El arquitecto perfecto en el arte militar	Expone los aspectos necesarios en el saber del arquitecto militar: construcción de figuras geométricas y delineación de los elementos de las fortalezas. Fábrica de cuarteles, almacenes a prueba de bomba, murallas en tierra y en agua. Arquitectura hidráulica. Conocimientos de aritmética, geometría, trigonometría y sobre el uso de instrumentos geométricos.
	Sebastián Le Preste de Vauban	En los manuscritos sobre la construcción de sus obras	Principios de acción relacionados con la economía y eficiencia de los trabajos de una obra compleja.
XVIII	Bernard Forest de Bélidor	<i>La Science des ingénieurs</i>	Tratado sistemático sobre construcción con base en métodos algebraicos: dimensionamiento de muros de contención, estribos, arcos, bóvedas.
	John Müller	<i>Elementos de mathematics</i>	Texto para alumnos de la Real Academia de Artillería de Woolwich.
	Miguel Sánchez Taramas	Tratado de fortificación	En base a traducción de Müller. Además, integra planos de puentes y otras obras utilizados por maestros de obras y arquitectos.
	Frézier (*)	<i>Traité de la Stereotomie ou de la theorie et la pratique de la coupe des pierres et..</i>	Tratado de estereotomía.
	Gaspar Monge*	Geometría descriptiva	Método general para aplicarse a casos análogos.

Entre las adiciones a que se refiere Sánchez Taramas se encuentran reflexiones sobre algunas obras españolas y modernas como el Puente del Diablo de Martonell, referencias históricas relacionadas con la fortificación de Cartagena en la época de Felipe II, la fortificación de San Fernando de Figueras, cuya construcción estaba ejecutándose en ese tiempo y cuyo conjunto militar se considera el producto más representativo de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona.

Por otra parte, Eugène Emmanuel Viollet Le Duc arquitecto y teórico francés destacó en el siglo XIX por su interés en el estudio de las manifestaciones artísticas del pasado, especialmente en el arte medieval, así como por sus teorías y prácticas en la restauración arquitectónica. En su obra más conocida *Dictionnaire raisonné sur l'architecture française de XIe au XVIe siècle* (1848-64) incluyó importantes artículos como “construcción” y “arquitectura militar” que reflejan el interés por el registro de las soluciones constructivas aplicadas en la arquitectura y específicamente en el género militar su interpretación aportó conocimientos sobre los recintos fortificados de tal manera que hoy en día es considerado un pionero en el ámbito de la historiografía de la construcción militar.

Quizá Viollet Le Duc meditó que la base de la restauración debía sustentarse en el conocimiento constructivo e histórico de los conjuntos arquitectónicos y en ese sentido elaboró diversos textos que ampliaron el campo de conocimiento constructivo de la arquitectura medieval. En el caso del género militar, Viollet Le Duc escribió *Description du Chateau de Coucy* (1857); *Description du Chateau de Pierrefonds* (1865); *Histoire d'une forteresse* (1874); *La cité de Carcassonne* (1890). Sus textos se acompañan de gráficos que ilustran las obras, algunos de manera técnica y otros con representaciones ilustrativas de las características arquitectónicas y urbanas.

De los procesos constructivos del medievo, Viollet Le Duc resaltó que el constructor buscaba los materiales, se ocupaba de los medios para transportarlos, explicaba a los obreros sobre los procesos y coordinaba personalmente para la elaboración de mezclas y manipulación de proporciones de cal, arena, piedra, acopio de madera y otras actividades que le llevaban a plantearse no sólo la labor de un arquitecto, sino también como cantero, tracista, aparejador, jefe de obra, carpintero, calero, albañil y que para lograrlo sólo podía apoyarse en su inteligencia y razonamiento observador. Por lo tanto, una de sus conclusiones es que la belleza de una construcción no se define en los perfeccionamientos aportados por una civilización determinada, sino por el adecuado empleo de los materiales y recursos puestos a disposición del que construye.²⁷

Asimismo, la fortificación medieval es interpretada como una respuesta inteligente y competente en el arte de la guerra²⁸, es decir, la defensa frente al ataque con máquinas y tropas, por lo que es importante atender a todos los aspectos constructivos de los elementos

²⁷ Viollet Le Duc, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996.

²⁸ Ignacio Javier Gil Crespo, “Historiografía de la construcción fortificada” en *Historia, arquitectura y construcción fortificada*, Madrid, Instituto Juan de Herrera – ETSAM, 2014, p. 35

arquitectónicos y estructurales a fin de garantizar su eficacia ante cualquier tipo de ataque bélico.

La trascendencia de los textos de Viollet Le Duc se verá reflejada en la obra de Auguste Choisy, pues serán un referente²⁹ en el capítulo de Arquitectura Militar en la Edad Media del libro *Histoire de L'architecture* (1899). Choisy, ingeniero, historiador y teórico francés planteará siempre una visión técnica en sus análisis de las obras arquitectónicas, entre sus principales aportaciones se encuentra *L'art de bâtir chez les Romains* (1873); *L'art de bâtir chez les Byzantins* (1883); *L'art de bâtir chez les Égyptiens* (1904). En estos libros aborda de manera técnica y apoyado de gráficos la explicación de los sistemas constructivos empleados, las diferentes técnicas utilizadas tanto para los trazos geométricos como para los aparejos, los materiales. Aunque los documentos reflejan de manera general las obras de determinada civilización, entre sus datos se ubican algunos elementos de obras militares.

1.4.2 Fuentes contemporáneas

En una revisión sobre las fuentes documentales surgidas a partir del siglo XX hasta nuestros días, se encuentran tres rubros principales en los que se aborda la historia de la construcción militar:

- a) Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre la historia de la arquitectura militar que sin tecnicismos refieren materiales o datos sobre sistemas constructivos y abren el panorama al estudio de diferentes líneas de investigación.
- b) Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre ingenieros militares, su biografía e intervenciones en las diferentes plazas de la monarquía hispánica
- c) Fuentes, organizaciones y foros de divulgación que abordan la historia de la construcción militar

1.4.2.1 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre la historia de la arquitectura militar

Sobre la arquitectura militar en España y otras regiones europeas existen diversos materiales bibliográficos que fueron fuentes documentales para establecer un estudio sobre las características tipológicas y constructivas de las obras. En el siglo XX las principales aportaciones se refieren a autores como Vicente Lampérez historiador, arquitecto y restaurador quien escribió diversos libros enfatizando la arquitectura civil española entre los siglos I y XVIII, así como la arquitectura de transición entre los siglos XIX y XX, y en cuyos resultados se distingue el género de arquitectura fortificada (1922) y establece un análisis tipológico del palacio – castillo. Por otra parte, la obra clásica titulada *Castillos de España* (1931) de Sarthou Carreres ha sido un referente que hizo hincapié en el valor de la

²⁹ *Ibid.*, p. 36.

arquitectura castelloológica con valor patrimonial. Asimismo, Fernando Chueca Goitia, destacado historiador de la arquitectura también resaltó la importancia del género militar en España, sobre todo en el capítulo dedicado a la arquitectura militar gótica. Otros autores como Villena (1965) y Guitart (1994) abordaron de manera general el tema.

La principal aportación de los anteriores textos citados es la categorización de la arquitectura militar, sus tipologías y con ello la distinción de sus características arquitectónicas, al igual que ciertas menciones sobre sus materiales constructivos. Esta primera fase de reconocimiento de la arquitectura militar abrió las puertas para estudios posteriores en donde tanto la arquitectura defensiva mudéjar, gótica, renacentista tanto como la generada durante el siglo XVIII y XIX sea valorada y atractiva como objeto de estudio. La historia del arte, como de la historia de la arquitectura encuentra en el género militar un campo fértil de análisis y ello atrajo la atención no sólo de la arquitectura europea, sino también la ubicada en otras regiones de América y Asia.

En 1942, a partir de la fundación de la Escuela de Estudios Hispanoamericanos (EEHA) dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España se generó una apertura en el campo de la investigación histórica de la arquitectura militar en América, vinculada estrechamente con las creaciones militares en Europa. La Escuela, con sede en la ciudad de Sevilla, tuvo como fuente principal los documentos históricos que resguarda el Archivo General de Indias. Como es sabido, el Archivo General de Indias conserva el acervo documental y cartográfico relacionado con la administración de los territorios ultramarinos españoles entre los siglos XV y XIX. Los primeros resultados sobre arquitectura militar fueron difundidos a través de libros y las publicaciones periódicas de la escuela: Anuario de Estudios Americanos y Revista de Indias.

En 1949 José Antonio Calderón Quijano publicó en el Anuario de Estudios Americanos número VI, el artículo *Ingenieros militares en Nueva España* en donde ofreció un panorama biográfico de los técnicos de la arquitectura militar y mostró un avance de lo que sería su línea de investigación y que tendría como obra principal la publicada en 1953 bajo el título de *Historia de las fortificaciones en Nueva España* por la EEHA. Este libro ha sido un referente para todo aquel investigador que aborde temas relacionados con la arquitectura militar de México durante la dominación española, pues ofrece con base a la exhaustiva revisión documental del Archivo General de Indias, la visión histórica de las propuestas, gestiones, creaciones y polémicas relacionadas con la conformación de los sistemas defensivos permanentes del Virreinato entre los siglos XVI y XVIII. Aunque la obra no refiere tecnicismos ni posee un rigor técnico, da cuenta de algunos materiales y sistemas constructivos sin detallarlos, además de apoyarse en la cartografía histórica, las relatorías de obras y juntas de guerra que trataron sobre la toma de decisiones relacionadas con las construcciones militares.

Hasta el momento, la obra de Calderón Quijano sigue siendo un referente básico por ser el primero en mostrar los datos que resguardaba el Archivo de Indias. La importancia de la

obra *Historia de las fortificaciones en Nueva España* propició una segunda edición en 1984, esta vez en coedición con el Gobierno del Estado de Veracruz. Posteriormente en 1990, Calderón Quijano escribió el artículo “Los estudios en España sobre la historia de la arquitectura militar y las fortificaciones americanas (1939-1989)” en *Revista de Indias II*, en donde se muestra una historiografía de la extensa producción sobre estos temas y se hace evidencia del impacto que tuvo la temática sobre la historia de la arquitectura militar, motivando a diversos autores a escribir sobre obras de España, América y Asia.

En 1952, Diego Ángulo Íñiguez, historiador y crítico de arte publicó su libro *Bautista Antonelli: las fortificaciones americanas del siglo XVI* en donde presentó también con base a los expedientes del Archivo General de Indias, la historia de la intervención de este ingeniero militar, y amplió conocimientos sobre la trayectoria de una familia de tradición en la ingeniería que contribuyó en diversos proyectos de sistemas defensivos tanto de América, como de otras plazas de la Corona Española.

Juan Manuel Zapatero de formación militar e historiador se dedicó a la realización de diversas investigaciones relacionadas con los sistemas defensivos en América, entre sus principales publicaciones destaca en 1966 *Descubrimiento de la primera traza - proyecto de fortificación de San Juan de Ulúa (1570)* en donde se describirá la primera etapa constructiva de la principal plaza defensiva de la Nueva España. La información se basa en documentos históricos sobre Cristóbal de Eraso y Guinés Talaya, expediente con dibujos y registros gráficos que se resguarda también en el Archivo General de Indias. Zapatero publicó además *Historia de las fortificaciones de Puerto Cabello, Caracas (1977)*; *La fortificación abaluartada en América. San Juan de Puerto Rico (1978)*; *Historia de las fortificaciones de Cartagena de Indias (1779)*; y otros textos que aparecieron en la Revista de Historia Militar editada por el Servicio del Ejército de España. Por lo tanto, se puede asegurar que las aportaciones de Zapatero son referentes básicos para conocer la historia de la arquitectura militar en América.

La constante producción de obras sobre arquitectura militar tanto en América como en Asia se acompañó no sólo de publicaciones periódicas sino de eventos de difusión de los resultados de la actividad investigativa en una temática que pronto atrajo la atención de otros estudiosos y se retroalimentó de nuevos conocimientos.

En 1983 el Ministerio de Obras Públicas de España fundó la Comisión de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) como aportación a la conmemoración del V aniversario del descubrimiento de América. Esta comisión se planteó el objetivo de promocionar el estudio y la difusión de la labor realizada en América sobre Obras Públicas y para contribuir a ello celebró seminarios en donde prestigiados investigadores daban conferencias. Los seminarios concluyeron en publicaciones de sus actas que trataron temas que hasta el momento no se consideraban tan comunes en los estudios de historia del arte. Resulta interesante que quienes participaron en los seminarios del CEHOPU de alguna manera estaban conscientes de que contribuían a la conformación de la historia de la

ingeniería, una rama no asimilada por la Historia del Arte y que había despertado el interés después de las pérdidas de importantes obras tras los embates de la Segunda Guerra Mundial.

Aunque las conferencias seguían con la relatoría histórica de la conformación de las obras, se mostró cierta apertura a considerar disciplinas de la ingeniería y la inclusión de aspectos relacionados con estas, es decir, ya se hablaba de la importancia de saberes que tanto ingenieros como arquitectos tuvieron y que contribuyeron a la producción de las obras. La historia de la ingeniería enfatizó la importancia de las obras del siglo XVIII y XIX como la época más importante de demostración de conocimientos técnicos. Entre los principales exponentes de los seminarios durante la década de los ochentas se encuentran Carlos Chanfón Olmos, Ramón Gutiérrez, Juan Manuel Zapatero, José Antonio Calderón Quijano.

Cristina Esteras y Ramón Gutiérrez publicaron en 1993 el libro titulado *Arquitectura y fortificación de la ilustración a la independencia americana* en donde se vincula la transferencia de saberes de las academias de fortificación a las plazas americanas a través de la labor de los ingenieros militares. De esta manera se establece claramente el vínculo de las obras en las colonias americanas como parte de las tipologías defensivas. En 1994, Ramón Paoli publicó *El Caribe fortificado* en donde se muestra el repertorio arquitectónico defensivo como parte de la estrategia de protección de la monarquía. El vínculo entre América y España queda claramente evidenciado, y se reafirma en la publicación de 2005 por Ramón Gutiérrez, *Fortificaciones en Iberoamérica*. Al igual que su anterior libro y los textos expuestos en diversos foros sobre historia de la arquitectura militar se encuentra una constante línea de valoración de la formación académica y científica que fundamenta la lectura técnica de las obras.

La historiadora e investigadora cubana Tamara Blanes Marín publicó en 2001 su libro *Fortificaciones del Caribe* en donde se incluye un análisis tipológico de la arquitectura militar edificada en las islas del Caribe, la costa del Golfo de México y Centroamérica, estableciendo la conexión geográfica y formal de las obras. En la clasificación se ofrecen datos básicos acerca de los arquitectos e ingenieros participantes, el uso de ciertos materiales y sistemas constructivos, sin especificar tecnicismos. La autora ha escrito otros textos sobre el tema en publicaciones periódicas como la *Revista de Historia Militar* del Ministerio de Defensa de España y es reconocida por la conformación del *Glosario ilustrado de fortificaciones* (2015) en los idiomas español, inglés y francés.

Los glosarios sobre arquitectura militar son una valiosa herramienta para conocer, aprender a identificar los elementos arquitectónicos, estructurales u objetos del arte defensivo utilizados en las diversas etapas y tipologías militares. Un ejemplo clásico de este tipo de obras es el *Glosario de arquitectura defensiva militar* de Luis Mora-Figueroa publicado en 1994 por el Ministerio de Defensa de España y reeditado en 2006. Este libro es fundamental para la identificación de los elementos que integran un conjunto defensivo medieval,

además ofrece la particularidad de una explicación detallada y comparativa con casos específicos de obras en donde son un soporte para la comprensión del término tratado.

Por otra parte, el tema de arquitectura militar ha sido incluido en el extenso compendio sobre *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicanos* (2005) al integrarse un capítulo dedicado a “Fortificaciones e ingeniería militar” en el Tomo III, el texto realizado por Carlos Chanfón Olmos y Mónica Cejudo Collera muestra el panorama general de las obras destacando su relevancia para el desarrollo de las ciudades durante la etapa virreinal. Cejudo Collera también es autora de otros textos como “El sistema de defensa del Caribe, Cartagena y Veracruz dos ciudades con un mismo origen” en *Villes en Parallele* (2014); y la publicación del libro *La influencia del Tratado de Lupicini en la arquitectura militar en Nueva España* (2014), que ofrece un documento histórico poco conocido, pero con un gran aporte de reglas, normas, trazos y principios militares de defensa y ataque que fundamentaron la construcción de las obras militares durante el virreinato de la Nueva España. Algunas interpretaciones entorno a las edificaciones militares las encontramos también en sus artículos “Una visión de San Juan de Ulúa según los tratados de Arquitectura de Lupicini y de Cristóbal de Rojas” en *Memoria del Primer Foro de investigación: San Juan de Ulúa y Arquitectura militar* (2009) y “Elementos clásicos en la arquitectura militar de San Juan de Ulúa” en *Revista Ollín* (2015), así como en otros textos sobre la participación de los ingenieros militares que se señalarán más adelante.

Además, Cejudo Collera a través de la Universidad Nacional Autónoma de México ha organizado eventos de carácter internacional en coordinación con otras instituciones en donde se ha propiciado el encuentro de académicos e investigadores en materia de arquitectura militar, donde se han expuesto características técnicas de los sistemas defensivos como las *Jornadas Internacionales de Arquitectura Militar* en 2015 y 2017, así como el *Taller Fuerte de San Carlos de Perote, Veracruz* (2017), evento que tuvo la participación multidisciplinaria de académicos y alumnos de la Universidad de Valencia, España, la Universidad Veracruzana y la UNAM, organizando grupos de trabajo que combinaron alumnos de licenciatura, maestría y doctorado de los programas educativos de arquitectura, arquitectura del paisaje y urbanismo. Cabe destacar que entre las actividades se incluyó el estudio de las etapas constructivas del recinto fortificado y el análisis de los materiales y sistemas constructivos.

Entre las principales organizaciones que realizan foros que han encauzado el abordaje de temas relacionados con la historia de la construcción militar se encuentra el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), una organización no gubernamental asociada con la UNESCO que además ha creado en 2005 el Comité Científico Internacional de Fortificación y Patrimonio Militar (ICOFORT) para fomentar temas relacionados con las estructuras, paisajes y monumentos de la arquitectura, historia y arte, así como promover el reconocimiento y conservación del patrimonio militar. En ese sentido se han llevado a cabo diversos encuentros de especialistas en donde diversos investigadores y arquitectos han expuesto temas relacionados con la historia de la construcción de este tipo de edificaciones. Aunque los resultados sólo se han expuesto en la modalidad de memorias y

no han tenido mucha difusión, los encuentros han permitido la coincidencia de diversos especialistas.

La Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia ha organizado también algunos eventos académicos a nivel internacional en donde investigadores y profesionistas han abordado temas sobre el patrimonio militar arquitectónico y urbano. Entre los eventos principales destacan *Primer Foro de Investigación, San Juan de Ulúa y Arquitectura Militar* (2009); *Arquitectura y urbanismo militar en Iberoamérica* (2013); *Foro Académico sobre Patrimonio Militar* (2014) en donde diversos arquitectos, historiadores y arqueólogos han expuesto avances y resultados de sus investigaciones. Lamentablemente las conferencias no fueron publicadas.

Sin embargo, es importante destacar que el interés de académicos de la Universidad Autónoma Metropolitana por el tema del patrimonio militar ha generado la publicación de los libros *Corpus urbanísticos. Fortificaciones costeras de México en los archivos españoles de Arquitectura Militar* (2009) de Jorge González Aragón, Luis Ignacio Sáinz y Norma E. Rodrigo Cervantes; así como *Arquitectura militar, génesis y tipología* (2010) por Manuel Rodríguez Viqueira. Estos autores enriquecen el acervo bibliográfico en material de historia de la arquitectura militar a través de los estudios y análisis tanto urbanísticos como arquitectónicos que, si bien no posee revisión técnica de los sistemas constructivos, en las publicaciones sus planteamientos permiten entender el fenómeno de las diferentes etapas constructivas en las obras.

1.4.2.2 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación sobre ingenieros militares

El reconocimiento de las obras militares condujo a la valoración de la figura del ingeniero militar por lo que poco a poco se fueron generando obras que condujeron a su estudio biográfico y participación en las diversas plazas de fortificación. Entre las primeras obras se encuentra como ya se ha mencionado la recopilación biográfica de los ingenieros militares de la Nueva España, de Calderón Quijano (1949). Una publicación muy difundida es la de Horacio Capel *Los ingenieros militares en España siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario científico de su labor científica y espacial* (1983), en este libro Horacio Capel hace una compilación de diversos textos, con el énfasis que propicia el conocimiento técnico-científico de los ingenieros. La valoración de los personajes empieza a trascender por sus construcciones y sus soluciones técnicas. En el libro de Horacio Capel tuvo participación Omar Moncada Maya, quien diez años más tarde publicó *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial siglos XVI a XVIII* (1993) libro editado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Asimismo, Alicia Cámara Muñoz ha participado en diversas publicaciones en donde se resalta constantemente el papel de los ingenieros militares, como *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II* (1988), en cuyo libro la autora desarrolla una visión sobre la construcción del sistema defensivo durante el reinado de Felipe II, personaje que durante el Renacimiento impulsa la estrategia defensiva de la monarquía. En el primer capítulo del

libro se incluye el subtema de técnicas constructivas como una característica importante para entender el desarrollo de las obras ejecutadas. Su enfoque es hacia la ciencia de los ingenieros de una manera descriptiva sobre las características de estos, su perfil, formación y trabajo realizados también se destaca en publicaciones a su cargo como *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII* (2005) publicado por el Ministerio de Defensa de España, en la cual los autores de los diferentes capítulos valoran el papel técnico, académico y científico del arte de la fortificación como una aportación distintiva de la arquitectura militar.

Además, Alicia Cámara con Bernardo Revuelta han coordinado publicaciones anuales de la Fundación Juanelo Turriano, organización dedicada al fomento de la historia de la ingeniería, la técnica y la ciencia. Entre las obras publicadas se encuentran: *Ingenieros del Renacimiento* (2014); *Ingeniería de la Ilustración* (2015); *La palabra y la imagen. Tratados de ingeniería entre los siglos XVI y XVII* (2017). En estas ediciones como un homenaje a Turriano, ingeniero e inventor de la corte de Carlos V, se resalta el carácter técnico de los ingenieros militares y los saberes que rodearon la construcción de las obras durante los periodos en que se promovía la ciencia mecánica.

El Ministerio de Defensa de España está a cargo de un patrimonio histórico y cultural de suma importancia, por lo que una de sus tareas como organismo gubernamental es la conservación y resguardo de las obras, así como la difusión de la información relacionada ellas; por tal motivo durante las últimas décadas ha promovido la publicación de diferentes libros y revistas que permiten reconstruir la historia militar. La arquitectura no queda fuera de este impulso, y mucho menos el papel de los ingenieros militares y su formación académica. Además de la publicación de libros y capítulos en sus revistas sobre la conformación histórica de determinadas obras arquitectónicas reconocidas como patrimonio cultural, se han publicado importantes libros como *Algunos aspectos de la Ingeniería militar española y el Cuerpo Técnico* (1993) Tomos I y II, en donde se expone la labor de los ingenieros militares; la publicación recopila datos importantes sobre la enseñanza que recibían los ingenieros y además integra datos recabados por el Brigadier Aparici García, publicados en el Memorial de Ingenieros, el cual es una fuente indispensable de consulta para distinguir la intervención en las diferentes plazas.

Además, el Ministerio de Defensa ha publicado las obras *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares* (2004), compilación de diversos textos que rescataron la importancia del principal espacio de formación académica que sistematizó los saberes militares y técnicos de los ingenieros; asimismo la publicación de *La ilustración en Cataluña: La obra de los ingenieros militares* (2010) pone en manifiesto la importancia de la región en la toma de decisiones sobre las plazas defensivas de toda la Monarquía; *El arte abaluartado en Cataluña. Estrategia de defensa en el siglo XVIII* (2013), que resalta la composición arquitectónica y muestra el fundamento de la tipología moderna en las diversas obras creadas durante el siglo reconocido por su esplendor geométrico y técnico. Los resultados de estas tres grandes obras generaron el interés particular por la documentación de quienes tuvieron en su poder la toma de decisiones y asesorías sobre

los sistemas de defensa en el siglo XVIII, por lo que también se publicó el libro *Los ingenieros militares Juan y Pedro Zermeño. Paradigmas de la Ilustración* (2013) como una muestra de las situaciones y el rol de estos reconocidos personajes de la historia militar; asimismo, la producción del Ministerio de Defensa continúa con obras como *Proyección en América de los ingenieros militares. Siglo XVIII* (2016), en donde claramente se muestra la trascendencia de saberes, estrategias y tipologías de la arquitectura militar.

Continuando con el tema de los ingenieros militares se encuentra la obra de Pedro Luengo Gutiérrez, investigador del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Sevilla, quien publicó en coedición del Ministerio de Defensa y el Consejo Superior de Investigación Científica el libro titulado *Manila, plaza fuerte (1762-1788) Ingenieros militares entre Asia, América y Europa* (2013), en donde se plantea una interpretación global de la realidad constructiva de Manila y ofrece una visión sobre la labor de los ingenieros militares que trasciende el ámbito geográfico y genera además la vinculación entre la arquitectura defensiva, civil y religiosa.

Las incógnitas que presentaba la participación de la familia Antonelli en las fortificaciones americanas han sido abordadas por diversos autores en el libro *Las fortificaciones de los Antonelli en Cuba* (2013). De esta publicación se desprende el texto “Los Antonelli en América” de Mónica Cejudo, quien además coordinó la exposición “Fortificaciones militares de los ingenieros Antonelli”, una muestra itinerante integrada por reproducciones cartográficas, cédulas informativas y maquetas de los conjuntos fortificados que a partir de su presentación en el Palacio de Gobierno Militar en Barcelona (2013) se trasladó a diversos puntos de España como Ciudad Rodrigo, Cartagena, Figueres y Alicante. Esta misma exposición se ha presentado en el Fuerte de San Juan de Ulúa (2015), en la Facultad de Arquitectura de la UNAM (2015), en el Castillo de los Tres Reyes del Morro en La Habana (2018) y en el Fuerte de San Pedro de la Roca en Santiago de Cuba.

Cabe destacar que el impacto de los ingenieros militares en México no se limita a las fortificaciones, pues se encuentra presente también en diversas obras del siglo XIX y XX, como se expresa en el libro *Del batallón al compás. Cien años de aportaciones arquitectónicas de los ingenieros militares (1821-1921)*, de Iván San Martín, Mónica Cejudo y Lucía G. Santa Ana (2019). La publicación permite apreciar como aún en el México Independiente y durante el Porfiriato, los protagonistas de las grandes obras arquitectónicas seguían siendo en gran parte, los ingenieros militares.

1.4.2.3 Fuentes, organizaciones y foros de divulgación que abordan la historia de la construcción militar

La historia de la construcción es una disciplina que en los últimos años ha ido conformando su campo de conocimiento desligándose de la historia de la arquitectura y de la historia del arte. El interés por atender aquellos aspectos omitidos o poco valorados de las obras, en relación con los constructores, mano de obra, medios y materiales también es un objetivo de ciertos investigadores en el género de la arquitectura militar. En ese tenor encontraremos

que algunas coyunturas han permitido que el tema de construcción militar motive a los investigadores: en primer lugar, el auge que ha tenido la historia de la construcción con los seminarios y congresos realizados en España³⁰ y México³¹ demostrando la magnitud y variedad de temáticas abordables en ese campo de conocimiento; en paralelo, algunas investigaciones de posgrado han delimitado sus planteamientos a temas sobre construcción arquitectónica realizando estudios sobre los fundamentos de conocimientos, tratados y técnicas antiguas; por otra parte, la valoración del patrimonio militar y su imperante necesidad de conservarlo y adecuarlo a nuevos usos ha llevado a estudios de determinadas edificaciones que nos muestran sus datos constructivos ya sea a nivel de arqueología histórica o como registro de materiales y sistemas constructivos de los elementos arquitectónicos.

En esa coyuntura encontramos el trabajo de Jorge Galindo Díaz quien elaboró una investigación doctoral titulada *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar*, esta tesis defendida en 1996 en la Universidad Politécnica de Cataluña es un documento inédito que se enfoca en los saberes constructivos y ofrece un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos técnicos contenidos en los tratados militares y cuáles de ellos fueron las referencias principales utilizadas por los ingenieros en el siglo de mayor esplendor técnico para la Monarquía Hispánica. El aporte de Galindo Díaz es la distinción de un sistema técnico de la arquitectura militar en el siglo XVIII a partir del conocimiento transmitido en los tratados de arquitectura militar que demuestra que el nivel de conocimientos constructivos es esos documentos históricos era suficiente para el desempeño de su labor edificatoria, tanto por la profundidad de sus contenidos como por su dominio en temas que brindaron los medios operativos para la acción, como el conocimiento de los materiales, los principios de geometría y matemáticas, el comportamiento estático y mecánico de las estructuras.³²

Amparo Graciani García, de formación arquitecta ha impulsado la línea de investigación sobre la historia de la construcción en la Universidad de Sevilla, integrando la cátedra a los programas de ingeniería y arquitectura, y fomentando la publicación de libros sobre la historia de la construcción de la antigüedad y medieval. En cuanto a sus productos relacionados con la arquitectura militar, Graciani ha desarrollado estudios sobre la maquinaria de construcción (1998) y sobre los testimonios de las murallas de Sevilla (2009). Al respecto de éstos últimos, Graciani impulsó el Proyecto de investigación titulado *Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración de Edificios e Infraestructuras*

³⁰ En España se encuentra la Sociedad Española de Historia de la Construcción que realiza bianualmente congresos nacionales e internacionales, cuya coordinación general está a cargo del Dr. Santiago Huerta, quien además ha promovido con el Instituto Juan de Herrera y la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, la traducción y redición de diversos libros antiguos cuyo contenido ofrece una fuente basta de conocimiento constructivo.

³¹ En México un grupo multidisciplinario de investigadores han conformado el Seminario de Historia de la Construcción en México que además de sesionar mensualmente, editan libros en donde se exponen sus investigaciones y organizan bianualmente el Coloquio Mexicano de Historia de la Construcción.

³² Jorge Alberto Galindo Díaz, *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares en el siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar* (Tesis doctoral), Universidad Politécnica de Catalunya, 1996, p. 187.

Urbanas en fábricas de tapial en la Provincia de Sevilla, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, del cual se han publicado diversos artículos en libros y revistas difundiendo los resultados. La investigación ha establecido una metodología de interpretación y ubicación cronológica-constructiva que incluye tres parámetros: el proceso de ejecución, la caracterización material de la fábrica y su módulo y dimensionado.³³

Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe, docente de la Universidad de Sevilla, también ha dedicado parte de su labor de investigación a contribuir al campo de conocimiento de la construcción militar. Uno de sus productos se publicó en 2000 bajo el título de “Las fuentes documentales para el estudio de la historia de la construcción militar de los siglos XVIII y XIX”, en el artículo se describen los archivos que guardan las colecciones más importantes por la calidad de sus testimonios como fuentes básicas para la investigación de la arquitectura militar.

Fernando Cobos Guerra, arquitecto restaurador con trayectoria profesional en fortificaciones, urbanismo medieval y renacentista, desde 1989 ha realizado trabajos de documentación y diagnóstico en donde también ha tenido la oportunidad de publicar algunos resultados. La formación como arquitecto de Cobos Guerra se refleja en el registro detallado de materiales y sistemas constructivos en algunos de sus libros como *Castilla y León* (1998) en colaboración con Javier de Castro; y, *Castros y recintos en la frontera de León en los siglos XII y XIII. Fortificaciones de tapia de cal y canto o mampostería encofrada* (2012) en colaboración con Javier de Castro Fernández y Rodrigo Canal Arribas. En este último libro Cobos establece una caracterización constructiva distinguiendo la conformación de los sistemas y documentando los procesos técnicos con croquis que indican detalladamente los componentes de cimbra, herramienta y materiales para la ejecución de los muros de cal y canto, tapia, mampostería encofrada y otros tipos de muros. En ese sentido el análisis toma un carácter técnico que nos muestra la composición de los elementos como un registro que deja claro el uso de diversas técnicas.

Javier Gil Crespo, arquitecto restaurador también ha destacado en el ámbito de la investigación por su línea de trabajo sobre historia de la construcción fortificada que le ha llevado a impulsar encuentros académicos y la publicación de sus memorias³⁴. Además, Gil Crespo realizó una investigación doctoral titulada *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII al XV en la actual provincia de Soria*, tesis doctoral defendida en 2013 en la Universidad Politécnica de Madrid. En este trabajo se analizan los fundamentos de los casos de estudio, se realiza una caracterización de materiales, elementos, sistemas y procesos constructivos y un comparativo de las técnicas empleadas.

³³ Amparo Graciani García, “Improntas y oquedades en fábricas históricas de tapial. Indicios constructivos” en *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Valencia, 21-24 octubre 2009, eds. S. Huerta, R. Marin, R. Soler, A. Zaragoza. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 2009. p. 683.

³⁴ Como ejemplo podemos mencionar el libro *Historia, arquitectura y construcción fortificada* en donde se reúnen las memorias de la jornada del 8 de mayo de 2014, organizada por la Sociedad Española de Historia de la Construcción y realizada en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Entre otros productos de investigación se encuentran *El sistema constructivo empleado para la cimentación por pilotaje en las obras portuarias mediterráneas del siglo XVIII. El Real Arsenal de Cartagena* de María de Jesús Peñalver y Juan Francisco Maciá Sánchez de la Universidad Politécnica de Cartagena, España. En la investigación se expone el sistema de cimentación detallando su configuración, el pilotaje, el tablaestacado y las máquinas de hinca. El documento resulta interesante porque contrasta lo sustentado en tratados de fortificación con un caso específico y distingue los condicionantes técnicos para la toma de decisiones sobre los procesos constructivos.

Por último, es importante destacar que existe una publicación titulada *Historia de las técnicas constructivas en España*³⁵ (2000) que, sin ser específico del ámbito militar trata todos los géneros arquitectónicos, pero en su historiografía aparecen continuamente datos sobre arquitectura militar y distingue además los valores estructurales, técnicos y formales de los elementos que componen las obras. El libro de gran formato permite visualizar a través de la calidad de sus fotografías y los croquis que manejan, el repertorio de soluciones constructivas empleadas en las construcciones españolas, y distinguir sus influencias romanas y musulmanas.

1.5 Articulación de enfoques

La arquitectura militar de Veracruz ha sido estudiada desde diferentes líneas temáticas, preponderando los estudios históricos y tipológicos, pero careciendo de investigaciones específicas sobre técnicas constructivas, por lo que esta tesis abre una vía de conocimiento no considerada hasta el momento. Los aspectos constructivos de las fortificaciones veracruzanas han sido abordados como trabajos académicos o parte de labores profesionales de manera general, aunque cada vez con mayor énfasis y detalle, lo que nos indica un creciente interés por involucrar los matices técnicos en las últimas décadas.

Como se ha señalado, el mayor acercamiento ha sido a través de la investigación de Sanz Molina (2002), en donde se sostiene la influencia de los tratados de fortificación en la ejecución de las obras de San Juan de Ulúa y San Carlos de Perote. Con base a las relaciones de obra realizadas por los ingenieros militares, Sanz demostró que el proceso de construcción corresponde a los lineamientos marcados en los tratados, no sólo en los aspectos de diseño y poliorcética, sino en la dinámica de construcción y las soluciones técnicas. El documento incluye referencias sobre la ejecución de los elementos arquitectónicos que aporta datos significativos sobre los sistemas constructivos registrados en las relatorías por los propios ingenieros participantes.

Esta investigación es la que más nos aproxima al fenómeno constructivo de la arquitectura militar en la Nueva España, ya que en ningún otro estudio de este tipo de obras se han incluido aspectos constructivos con tan sólido sustento. Sin embargo, los resultados aún

³⁵ Historia de las técnicas constructivas en España es una edición a cargo del Fomento de construcciones y contratas, S. A., Madrid, 2000, que reunió a especialistas en el área de construcción arquitectónica para desarrollar los diferentes periodos de la historia de España, identificando las principales influencias técnicas.

están ciertamente distantes de mostrar las técnicas aplicadas; si bien ofrecen datos sobre dos de las principales obras de fortificación veracruzanas, se considera que las aportaciones son un excelente referente y punto de partida para la investigación, pero que es necesario ampliar la búsqueda de información.

En España se han realizado investigaciones específicas sobre técnicas constructivas de la arquitectura militar medieval que han permitido al igual que en otro tipo de géneros, trabajar en base al uso de metodologías para caracterizar las técnicas, ubicar cronológicamente, establecer tipologías, variantes e influencias. La revisión de los textos que describen los estudios y procesos de investigación ha sido importante para conocer la forma en que se identifica una técnica, básicamente con referencia al uso de su material y cuyo objetivo constante es la ubicación cronológica en estudios arqueológicos y las características constructivas de la manipulación de los materiales en el ámbito arquitectónico e histórico.

Bajo esa perspectiva, la trayectoria de España refleja un seguimiento eficaz de las metodologías paramentales, basadas en una lectura de los alzados de los elementos estudiados, generalmente muros, y que han permitido establecer diferentes estructuras de análisis, como aquellas que señala Tabales: con carácter estratigráfico y finalidad evolutiva, con carácter analítico estructural de finalidad descriptiva, tipológica y patológica o con carácter arquitectónico, tipológica, descriptiva y espacial. En términos generales veremos que, sin ser excluyentes, sino más bien flexibles, las investigaciones sobre técnicas constructivas se han desarrollado con esos enfoques que vislumbran las siguientes constantes de los estudios en arquitectura militar medieval:

1. La técnica constructiva se analiza en relación con el uso de los materiales y la conformación en el elemento arquitectónico.
2. Los estudios proponen o confirman una ubicación cronológica de las técnicas aplicadas
3. La técnica se define en base a la lectura de los planos verticales (paramentos) de los elementos arquitectónicos, que generalmente son los muros.
4. Los análisis de las técnicas son parte de proyectos o investigaciones sobre el patrimonio militar medieval para su conservación, restauración o regulación, por lo que se destaca la utilidad en los resultados.
5. Los resultados se analizan y se establecen asociaciones, variantes o influencias culturales y tecnológicas.
6. La representación gráfica es fundamental en la demostración de la técnica constructiva.

Aunque esas constantes distinguen las investigaciones del medievo, cuando de la arquitectura militar moderna se trata, los estudios sobre técnicas constructivas son desplazados por el interés que ofrece adentrarse a otras temáticas de aspectos constructivos como son la tratadística, los ingenieros militares, las máquinas o las academias. Así, el ambiente técnico adquiere una relevancia absoluta que hasta ahora ha dejado de lado el estudio de la aplicación del material constructivo. El panorama de líneas temáticas que ofrece un estudio constructivo de la arquitectura militar moderna se abre como un abanico de posibilidades que se vincula estrechamente con la poliorcética.

Por esta razón, encontramos en la consulta de fuentes, un creciente acervo de material documental. Los tratados militares incluyen información sobre construcción que dieron las pautas para la ejecución de las obras, tal como lo sustentó Galindo Díaz (1998) al identificar un sistema técnico en la revisión de diversos tratados del siglo XVIII, cuyos contenidos constructivos eran suficientes para la orientación y soporte de la labor edificatoria de los ingenieros militares. Situación que se ha demostrado también en la tesis de San Molina, como anteriormente se ha señalado.

Por otra parte, Cámara Muñoz (1998, 2005), Capel Saez (1988) y Díaz Capmany (2010), por mencionar algunos autores, han expuesto la formación científica de los ingenieros militares a través de las academias o centros colegiados, desde la perspectiva que valora el conocimiento constructivo llevado a la práctica en las diferentes plazas donde el ingeniero se enfrentó a generar soluciones técnicas, muchas veces registradas en la planimetría producida. Es decir, el valor científico no sólo para la perfección de las tipologías formales de las obras militares, sino para la solución de métodos de obra, máquinas, explotación de materiales y procesos de ejecución que trasladan el diseño a la realidad.

También en los últimos años se ha estudiado más la obra militar en el ámbito de la historia de la construcción, pues paralelamente se ha alimentado un nuevo campo disciplinar que alberga este tipo de estudios y que nos ofrece un acercamiento a estas temáticas. Sobre todo, en el caso de obras que pareciera carecen de estética y están lejos de ser consideradas por la historia del arte. Esta disciplina junto con la arqueología de la arquitectura se combina y ofrecen un amplio campo de recursos sobre aspectos constructivos.

Entonces, el ambiente técnico y el conjunto de saberes científicos permean en la arquitectura militar moderna de cualquier región, o al menos en aquella en donde la Monarquía Hispánica levantó sus obras defensivas. Por consiguiente, ¿podría un estudio sobre técnicas constructivas referirse sólo a la conformación de los elementos en base al uso de sus materiales? Es evidente, que los estudios deben incluir más aspectos, sobre todo, si se busca explicar cuáles factores han determinado la aplicación de las técnicas edilicias y cómo contribuyen a una transformación tecnológica.

A pesar de que se ha hecho una revisión documental consistente y amplia, diversos cuestionamientos están latentes como ¿por qué aún no se han estudiado las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna? Se tiene la fuente de los conocimientos constructivos, el conjunto de saberes, los ingenieros como ejecutantes y la temporalidad registrada en los acervos históricos de la mayoría de las obras, ¿qué falta para distinguir las técnicas utilizadas? ¿acaso una nueva forma de reconocer la técnica constructiva?

En consecuencia, dedicar una investigación al estudio de técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna, sea en nuestro país o en otra región, implica plantearse ¿cómo estudiar las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna, para que incluyan todos esos aspectos que tienen que ver con las soluciones constructivas? ¿Cómo entender una técnica y sus componentes? Así ha surgido la necesidad de reflexionar acerca del concepto de técnica como un camino para conocer qué implica estudiar una técnica constructiva de la arquitectura militar moderna.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

CAPÍTULO 2. EJES CONCEPTUALES

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

2.1 Fundamentos

En el ámbito de la arquitectura, un proyecto trasciende a la realidad cuando pasa por un proceso denominado construcción. Al colocar los elementos que conforman un sistema estructural en cierto orden y con una clara intención de modificar la delimitación del espacio, la idea se transforma en algo tangible, genera una adaptación del contexto e inicia una interacción del inmueble con la sociedad que le rodea.

La construcción comienza desde el hecho de proyectar. Al inicio se consideran ciertas condicionantes que a la vez pueden convertirse en potencialidades para los resultados. Los sistemas constructivos se definen en las primeras alternativas de un proyecto mediante la aplicación de los saberes previos, ya sea por la vía académica, empírica o mediante el seguimiento de la tratadística. Posteriormente, el repertorio de sugerencias formales de la tradición histórica se amplía con las nuevas lógicas constructivas³⁶.

Asimismo, las obras se ejecutan bajo el criterio de alcanzar la seguridad y estabilidad de las edificaciones y las técnicas aplicadas para lograrlo representan la toma de decisiones que en la práctica conducen a la conformación y ensamblaje de materiales que superen las dificultades planteadas por los movimientos que puedan afectar su estabilidad y utilidad. Por ello, la técnica es diferente dependiendo el uso de materiales que se seleccionen y los mecanismos que se adopten para garantizar que la obra quede entera y unida.³⁷

Si la selección de los procedimientos edificatorios presenta variaciones a lo proyectado, las técnicas son el resultado de la racionalización de individuos y colectivos que logran que “su estructura intelectual aplicada, convierta, por ejemplo, su lenguaje en poesía, los rayos solares en energía, sus proyectos en materia y la materia en arquitectura”³⁸, y de esta forma la técnica contribuye al soporte de una civilización³⁹. Una construcción antigua representa una compilación de diferentes procesos constructivos que en conjunto o parcialmente poseen valores históricos, estéticos, sociales, tecnológicos, simbólicos y espirituales porque son representativos de un momento pasado, de una toma de decisiones en su elaboración y de un cambio en su contexto.

Sin embargo, ¿qué aporta el proceso constructivo al valor histórico y social de una obra patrimonial? Pues, si la técnica es considerada como una habilidad para producir las construcciones, o bien un medio para un fin, ¿acaso no estaremos limitando el aporte de la

³⁶ Ignacio Patricio, *op. cit.*, p. 7

³⁷ *Ibid.* p. 43

³⁸ Esteban Villasante Sánchez, *Mampostería y construcción*, México, Trillas, 1995, p 11

³⁹ *Idem*

técnica? ¿qué es lo que incide en la selección entre una u otra técnica constructiva? ¿hasta dónde influye realmente el conocimiento previo, o los operarios o los proyectistas? Técnica y construcción son actividades de carácter práctico y se vinculan en las edificaciones, pero ¿acaso la técnica no tiene una naturaleza propia que se especifica en el ámbito constructivo? Frente a estas preguntas y previo a abrir el panorama histórico de la construcción militar se presenta como una necesidad plantearse entonces desde qué sentido de la técnica nos ubicamos para entender su relación con la construcción de obras. Así se abre el camino de reflexión sobre un concepto que entra en el campo teórico como un eje indispensable para entender la profundidad del tema a investigar.

Por consiguiente, para encontrar mayor sustento del objeto construido, es indispensable una revisión de los procesos, pero también nos obliga a definir cómo estamos acercándonos al hecho técnico. Dirigirse hacia la técnica como concepto nos abre un panorama de análisis y reflexiones que pueden fundamentar el valor intrínseco de la arquitectura histórica. Dado que las técnicas constructivas son parte esencial de la obra patrimonial, porque *“se trate de la época que se trate, está sujeta a una serie de condicionamientos de validez universal y son necesarios unos conocimientos de orden más abstracto”*⁴⁰.

Al desarrollar una construcción específica, se encadenan una serie de relaciones complejas entre el sujeto y el objeto: “lo subjetivo del quehacer con lo objetivo de lo hecho o por hacer”⁴¹, enlazándose una continuidad histórica y compleja en donde se involucran diferentes factores físicos, económicos, sociales y culturales. Entonces, entre la idea y la realidad hay un camino configurado por un sistema de selección y aplicación de diversas técnicas realizadas bajo requerimientos e intencionalidades.

Además, dado que el tema de investigación se refiere a la arquitectura militar, cabe destacar que ésta posee un objetivo de defensa y protección, por lo que el uso de los sistemas técnicos hace evidente la relación estrecha entre los diversos fenómenos técnicos y el progreso de cada época. El fenómeno técnico de la edad moderna se rige por la búsqueda intencionada y sistematizada del perfeccionamiento de las fortificaciones para lograr la efectiva defensa de un imperio. En la búsqueda de ese estado ideal de la arquitectura militar, el progreso técnico es el cambio de los sistemas constructivos definido por una serie de factores sociales, científicos, contextuales, humanos, etc. De tal modo que como menciona Ellul, la técnica no se desarrolla en función de los fines que haya que perseguir, sino en función de las posibilidades de crecimiento existentes.⁴²

La estrecha relación entre arquitectura militar y construcción se refleja en las técnicas empleadas de las fortificaciones, y nos acerca a momentos determinantes en las obras militares. Una interesante conceptualización de la técnica fue la de Fernández Medrano

⁴⁰ Antonio Castro Villalba, *Historia de la construcción arquitectónica*, Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1995, p. 9

⁴¹ Villasante Sánchez, *op. cit.* pp.11-12

⁴² Jacques Ellul, *Le système technicien*, France, Calmann-levy, 1977, p. 280

cuando la define como “la reducción a la práctica de una teoría”⁴³. Pero lo más contrastante de las técnicas, es que, a pesar de surgir de un conjunto de saberes preexistentes, de una misma ideología o necesidad, los resultados no son los completamente iguales en todos los casos, ni por coincidencia regional o temporal. Esto se debe a aquellos factores que complejizan las obras, y, en consecuencia, enriquecen el repertorio arquitectónico

Así, en la arquitectura militar, la técnica constructiva es el procedimiento que convierte una estrategia en una fortificación, una necesidad de protección en un hábitat seguro y un material en un elemento estructuralmente estable y resistente. Las técnicas involucran un proceso que tiene como fin la obra militar. Sin embargo, para estudiar el objeto resultante, es indispensable delimitar el campo de estudio en aquellas fortificaciones o elementos de los conjuntos militares.

La arquitectura militar es un género sumamente extenso, esta investigación procura vincular diversos aspectos inmersos en la generación de las técnicas constructivas, para establecer relaciones no identificadas en las obras, para lograrlo es indispensable partir desde el fundamento que nos aportan tres ámbitos de conocimiento: técnica, construcción y arquitectura militar. Estos campos a la vez se trabajarán como ejes que permearán la estructura, narrativa y contenido de la investigación.

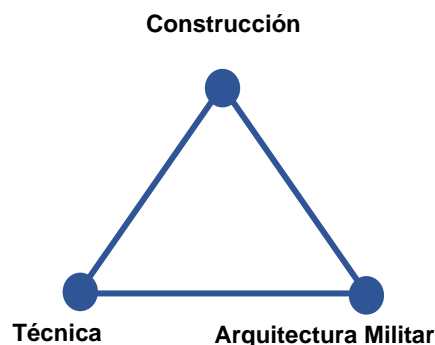


Figura 2. 1 Campos principales en la investigación sobre técnicas constructivas

Estos tres ámbitos se enlazan y establecen el campo teórico sobre el cual se desarrollará la investigación sobre técnicas constructivas aplicadas en la arquitectura militar de Veracruz durante el siglo XVIII. Esa relación intrínseca entre técnica y construcción que suele abordarse de manera superficial en las obras patrimoniales encontrará en la arquitectura militar elementos claros que demuestren la trascendencia de una técnica constructiva.

⁴³ Sebastián Fernández Medrano citado en Jorge Galindo Díaz. *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar* (tesis de doctorado), Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1966, p. 119, Consultado en *tesisenred.net*. 21 de febrero de 2016

2.2 Técnica

2.2.1 El concepto de técnica

Técnica es un término discernido desde diferentes posturas a lo largo de la historia humana. En la antigüedad Aristóteles llevó el concepto al debate filosófico y a partir de entonces ha permeado vertientes gnoseológicas, ontológicas y éticas⁴⁴. La técnica ha tenido múltiples acepciones donde se perfila de acuerdo con el enfoque de cada pensador⁴⁵. Así ha llegado al punto de reflexión crítica en donde su papel estrechamente ligado con la ciencia le confiere como tecnología una dualidad debatible entre el bien o el mal. El tema es tan vigente que en la actual era poshumanista se plantean nuevos discursos entorno a conceptos como las biotecnologías o antropotécnicas de Peter Sloterdijk⁴⁶.

Todo campo disciplinar se ha enriquecido con el desarrollo de técnicas, pues como lo afirmó Ortega y Gasset, el ser humano es un ser técnico⁴⁷ y esa naturaleza le propicia a crear procesos técnicos que en consecuencia han generado transformaciones relacionadas con la evolución de las civilizaciones. Un análisis sobre las técnicas aplicadas en un tiempo determinado es un develador de la sociedad que plantea un complejo de interacciones. Desde el origen de la humanidad hasta nuestros días, las variables que inciden en los contextos, los protagonistas, los utensilios y los fines, conforman un mundo complejo digno de premisas, donde la técnica es un lente a través del cual se observa un amplio panorama que ofrece la oportunidad de una revisión del pasado para entender el presente.

Si con la arquitectura se ha modificado el entorno natural para adecuarlo al hábitat humano, en consecuencia, se han involucrado acciones técnicas y creativas que también son el testimonio de diversas formas de producción, así como de una gama de relaciones entre arte, ciencia y técnica. Una investigación sobre técnicas constructivas en arquitectura debe partir del enfoque del análisis y fundamentar la postura teórica que permita reconocer las innovaciones técnicas, los elementos, la significación y la trascendencia de un concepto ampliamente discutido.

Jaime Fisher, en su libro *El hombre y la técnica* (2010) ha expuesto diferentes enfoques en las acepciones filosóficas de la técnica, y ello ha demostrado que el concepto no es tan simple como parece, por lo tanto, sin la pretensión de armar un nuevo debate filosófico, es pertinente organizar las ideas para definir los aspectos que se considerarán en el desarrollo metodológico y enfatizar las cualidades de una temporalidad específica que permitirán reconocer los valores a preservar en el elemento arquitectónico.

⁴⁴ Mario Bunge ha distinguido estas vertientes en sus diferentes ensayos sobre filosofía de la técnica y filosofía de la tecnología

⁴⁵ Ver tabla 2.1

⁴⁶ Peter Sloterdijk ha abordado el tema de la técnica vinculado a conceptos de la biotecnología en sus textos "Normas para el parque humano" (1999) y "El hombre auto-operable. Sobre las posiciones filosóficas de la tecnología genética actual" (2000)

⁴⁷ José Ortega y Gasset, *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*, Madrid: Alianza Editorial, 1996, p.101

Enfoque		Autores
a)	un cierto conocimiento , un <i>saber cómo hacer</i> , acepción básica y de sentido común	Concepción general por la mayoría de los tratadistas
b)	Una acción intencional en el mundo que implica <i>un saber hacer</i> concreto	Bunge, Durbin, Mitcham, Rapp
c)	Un conjunto de artefactos producidos y/o utilizados	Kapp, Munford
d)	un proceso sociohistórico manifiesto o manifestable en el <i>progreso</i>	Bacón, Marz, Bush
e)	Un sistema complejo	Hughes, Ropohl, Quintanilla
f)	Una práctica <i>distintivamente</i> humana	Ortega y Gasset, Gehlen, Cassirer

Como fundamento de la investigación en el campo de la arquitectura histórica es pertinente considerar que algunos de los enfoques que plantea Fisher pueden ser complementarios y no absolutos. De ese modo se trabajará en un argumento sólido que nos sirva de plataforma sobre la cual analizar las técnicas constructivas del siglo XVIII, pues como Jacques Ellul señala:

“Cuando, en el dominio de la ciencia histórica, se habla de técnica histórica, se designa así un complejo trabajo de preparación: investigación de textos, lectura, cotejo, restauración de monumentos, crítica y exégesis, todo un conjunto de operaciones técnicas que deben conducir primero a la interpretación, y después a la síntesis histórica, que es el verdadero trabajo científico.”⁴⁹

Para iniciar, es indispensable partir desde la etimología de la palabra técnica proviene del latín moderno *technicus*, y este del griego *τεχνικός* *technikós*, derivado de *τεχνη* *téchne* ‘arte’⁵⁰, raíz que nos remite a Aristóteles, quien vinculó el arte y la técnica como dos realidades profundamente humanas por el hecho corpóreo-praxico. Según la interpretación de Aspe Armella⁵¹, para Aristóteles la técnica es una consideración abstracta de la eficacia operativa que supone el arte como producción. La *téchne* es la posesión cognoscitiva basada en una razón práctica que conduce a la verdad del arte: la obra, el ser; la intervención del individuo hacia la fabricación eficaz de objetos materiales, por lo cual se requieren saberes confiables que suministran el saber hacer.

Entonces, la técnica se interpreta como un conocimiento estable que se retroalimenta de la inteligencia particular a la operatividad, una especie de reciclaje que aporta inmanencia, un hábito⁵². Las verdades acumuladas en la práctica, abstractas y capaces de ser enseñadas proveen un “sistema de actos-fórmulas, recetas, reglas para preparar el material propio de

⁴⁸ Tabla basada en la clasificación de la técnica realizada por Jaime Fisher en su libro *El hombre y la técnica. Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, México, UNAM, 2010, p. 39

⁴⁹ Jacques Ellul, *El siglo XX y la técnica (Análisis de las conquistas y peligros de la técnica de nuestro tiempo)*, (Trad. Adolfo Maíllo), Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1960, p.13

⁵⁰ Real Academia Española

⁵¹ Virginia Aspe Armella, *El concepto de técnica, arte y producción en la filosofía de Aristóteles*, México, Fondo de Cultura Económica, 1993

⁵² *Ibid.*, p. 50.

un arte”⁵³ Incluso lo técnico a diferencia de lo artístico ofrece más posibilidades de ser examinado por la razón, pues incluye fórmulas, recetas, normas expresables en proposiciones. “Puede además recopilarse en tratados, en sistemas de preceptos, hasta en “teorías”, dar origen a escuelas, a tipos de composición...”⁵⁴

Bajo ese argumento, la *τεχνη* es el conjunto o sistema de principios generales que se acumula con el tiempo⁵⁵ y analizarla requisita “hacer un estudio abstracto de la esencia de producir”⁵⁶ por la relación particular con las condiciones de productibilidad, además de considerar el acervo de normas reguladoras acumuladas como resultado de un proceso abstracto e intemporal de aquello que está en el estricto orden del conocimiento y de las verdades acumuladas.

De esta interpretación aristotélica se puede destacar que, por una parte, se distingue la importancia del conocimiento y nos abre un camino indispensable de transitar para explorar los fundamentos de las obras, pero, por otra parte, el enfoque instrumentista de la técnica como un medio eficiente para producir algo es la acepción generalmente identificada que pudiera limitar la dimensión de los procesos creativos en el contexto moderno y actual, pues no es sólo la acumulación de saberes constructivos lo que ha incidido en la ejecución de diversas edificaciones.

A lo largo de la historia, la técnica ha existido como tradición, manifestándose en la transmisión de los procesos de producción que se heredan y no sólo eso, sino que van perfeccionándose paulatinamente ya sea por las circunstancias contextuales o por la intención de los individuos. La técnica particular de cada ámbito representa ciertos conocimientos y un medio para un resultado, pareciera entonces que el problema de la técnica se enfoca en el método para lograr un producto específico, pues en “la vida moderna los medios son más importantes que los fines”⁵⁷, sin embargo, ¿qué dirige a los medios para producir algo?

La técnica es tan antigua como la humanidad misma, y ello está demostrado al observar que “el ser humano no se adapta a la circunstancia que le viene dada, sino que construye una circunstancia nueva más favorable”⁵⁸; tratando de modificar su mundo en busca de realizar el menor esfuerzo y vivir cómodamente. Hombres y mujeres son seres insatisfechos, es decir, no se conforman con protegerse de las inclemencias meteorológicas en una cueva, sino que crean nuevos hábitats, inventan su cabaña, y, en consecuencia, esa inconformidad ha promovido el desarrollo de diversas técnicas. La relación entre los

⁵³ *Ibid.*, p.75

⁵⁴ *Ibid.*, p.76

⁵⁵ *Ibid.*, p. 50

⁵⁶ *Ibidem*

⁵⁷ Ellul, *op. cit.*, 1960, p. 24

⁵⁸ Josep M. Esquirol, *Los filósofos contemporáneos y la técnica. De Ortega a Sloterdijk*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2011, p. 24

individuos y su entorno ha sustentado la tesis más reconocida de José Ortega y Gasset como “el yo y mi circunstancia”.

Entonces la técnica se interpreta como el conjunto de actos que el hombre impone a la naturaleza, mundo o circunstancia para la satisfacción de sus necesidades⁵⁹ y bienestar. El *hombre* se distingue como un ser *creador*, inventor de actos que *impone* como una reacción enérgica a su *naturaleza* y por lo tanto la modifica en el afán de construirse un *mundo mejor*. “La técnica es la acción humana que consiste en crear un mundo nuevo a partir del anterior mundo dado”⁶⁰, en consecuencia, la “técnica es creación”⁶¹. Adquiere su sentido en su estar al servicio de la imaginación, por eso, más que la parte instrumental de la inteligencia, lo que propiamente nos diferencia es lo relativo a la imaginación⁶², pues como lo mencionaba Ortega, “sólo en un ente donde la inteligencia funciona al servicio de una imaginación, no técnica, sino creadora de proyectos vitales, puede constituirse la capacidad técnica.”

Entonces adquiere relevancia la invención de un plan de actividades, es decir, un método, procedimiento o *mechané* que posteriormente se ejecuta. El plan surge de la creación e imaginación del hombre, así como de su interés por modificar su circunstancia. Pero para llevar a efecto esas dos fases de la técnica, Ortega y Gasset menciona que existe una secuencia trascendental que el ser humano sigue desde la antigüedad: “extrañamiento-interioridad-proyecto. El mundo interior se convierte, así, en un intermedio: el hombre que accede a sí mismo, a un mundo interior de memoria y de fantasía, no se sumerge ya definitivamente en él, sino que desde él, sin ya jamás abandonarlo, sale hacia fuera en forma de proyecto: proyecta un mundo exterior a partir del mundo interior.” Si la secuencia de la técnica es extrañamiento – interioridad- proyecto. La técnica y la construcción emergen a consecuencia de lo inhabitable. El extrañamiento es el sentirse no pertenecido al mundo, sentirse extraño.

Además de interpretar a la técnica como una secuencia, cabe destacar que en el discurso de Ortega y Gasset se encuentran tres aspectos que interactúan en la operación técnica y se vislumbran como elementales a considerar en un análisis: en primer lugar, sería la intencionalidad como el detonador de los actos técnicos; un segundo aspecto sería la creatividad que abre el mundo de posibles acciones e instrumentos técnicos, y, por último, el contexto natural como campo de desarrollo de los procesos que influye en cuanto a los recursos o provisiones de inicio. A estos aspectos de la técnica, se agrega la postura aristotélica que pensadores contemporáneos sustentan con nuevos argumentos como Mario Bunge quien señala que “toda técnica es un conocimiento o involucra un conocimiento”⁶³, por lo tanto, debemos tener en cuenta su fundamento.

⁵⁹ Ortega y Gasset, *op. cit.*, p. 27

⁶⁰ *Ibid*, p. 101

⁶¹ *Idem*

⁶² Esquirol, *op. cit.*, p. 31

⁶³ Mario Bunge, *Filosofía de la tecnología y otros ensayos*, Lima, UIGV, 2012, p.50

El pensamiento filosófico de Ortega y Gasset, que Fisher ha clasificado como *una práctica distintivamente humana*, nos ofrece a través de la secuencia trascendental de la técnica un esquema de proceso asequible al estudio de la gestación de las técnicas constructivas, por lo que se tomará de base como una estructura que se complementa con el enfoque de la *técnica como conocimiento, un saber hacer*, que muestra la dimensión praxiológica que Mario Bunge atribuye al término. Lo anterior no descarta que en la revisión de la técnica aparezca la influencia de otras teorías, ya que como se ha descrito, la técnica puede complementarse con diversos enfoques para enriquecer la lectura histórica que nos ofrece.

Por ejemplo, Martín Heidegger señaló que la “técnica es un desocultar”⁶⁴, su esencia no es, en absoluto, algo técnico⁶⁵, sino que “es una manifestación del ser”⁶⁶ y por consiguiente escapa del arbitrio humano. Aunque Mario Bunge ha señalado que Heidegger como un “oscurantista tecnofóbico”, estas apreciaciones se relacionan con el hecho de que el filósofo alemán consideraba a la técnica en un contexto moderno y por tanto afirmó que la vida humana no es solo el hombre, pues “lo trasciende, e incluye dentro de sí. Como realidades que tienen que aparecer en ella”⁶⁷.

¿Es acaso la técnica el desvelamiento de la interioridad que menciona Ortega? Quizá desde los griegos se apuntaba esta tesis, cuando se describe el *dejar aparecer algo en lo presente*. En la interioridad se encuentra la experiencia, los recuerdos, la imaginación, elementos indispensables para la creación. En consiguiente, la técnica es una operación, un proceso de amalgamamiento del individuo y su bienestar que adquiere una significación en la relación entre ser humano y naturaleza, y la interpretación de aquello que trasciende a lo técnico, le da el valor a la técnica. Lo que trasciende a la técnica está determinado por el sentido de la propia sociedad en cada época, por sus intereses, sus búsquedas y sus dinámicas. En la búsqueda de aquello que trasciende en las técnicas constructivas del siglo XVIII, se vuelve importante contextualizar la visión de la técnica en la edad moderna.

2.2.2 La técnica moderna

La forma en que se ha establecido la relación entre el hombre y la técnica llevó a Ortega y Gasset por el camino de definir tres estadios de la técnica: la técnica del azar, la técnica del artesano y la técnica del técnico. La importancia de desglosar en qué consiste cada una, radica en que nos dará las facultades para distinguir el contexto en el que se desarrollan las técnicas constructivas del siglo XVIII.

La técnica del azar: estadio más simple de la técnica, corresponde a la técnica primitiva del hombre entre el prehistórico y el protohistórico. Se caracteriza porque el hombre ignora su capacidad como capacidad y por lo tanto su potencial transformador. No reconoce sus

⁶⁴ Heidegger, *op. cit.*, p. 121

⁶⁵ Martín Heidegger, *Filosofía, ciencia y técnica* (Prol. de Fco. Soler y J. Acevedo), Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1997, p. 88

⁶⁶ *Ibid.*, p. 97

⁶⁷ *Ibid.*, p. 109

inventos, pues la autoría la asigna a los dioses o la naturaleza. Por lo general, todas las técnicas primitivas tienen un fundamento mágico.

La técnica del artesano: es el tercer estadio de la técnica de los instrumentos. Ubicada temporalmente entre la Edad Antigua y la Edad Media. Aunque hay un número alto de actividades técnicas no se ha adquirido la consciencia de la ilimitación. Se da la especialización en las diversas operaciones técnicas del hombre y un aspecto muy importante es que el artesano representa al técnico y al obrero en un solo personaje.

La técnica del técnico: es el tercer estadio de la técnica, que se caracteriza porque la máquina adquiere toda la centralidad. A partir de ese momento se concibe al aparato que actúa por sí mismo, y la figura del técnico (la del ingeniero) se separa de la del obrero. En este último estadio no se experimenta ya la limitación de la capacidad técnica: más bien se capta su posible despliegue ilimitado gracias a un proceder metódico.⁶⁸

Como Heidegger afirmaba, “nuestra era es la del predominio de la esencia de la técnica moderna”⁶⁹. Si la técnica es un modo de des-ocultar, por lo tanto, la técnica moderna también lo será. Se tratará de des-ocultar lo real, para el momento en que lo real se reelabora en base a diversas teorías que se fundamentan objetivamente. La esencia de la técnica moderna es lo dis-puesto, la im-posición y posición total, es decir el destino. “Dispuesto significa el modo del desocultar que impera en la esencia de la técnica moderna y que él mismo no es nada técnico. [] En lo dis-puesto acontece apropiadoramente el desvelamiento, conforme al cual el trabajo de la técnica moderna desoculta lo real como constante.”⁷⁰

Asimismo, la técnica moderna se reconoce en gran medida por su relación de contemporaneidad entre ciencia y técnica. Baste recordar que la técnica del técnico surge paralelamente a la física moderna. Esta situación generó nuevos tecnicismos en los siglos XV y XVI, pues el pensamiento teórico de la sociedad interpretaba al mundo como una gran máquina. Por una parte, surgen tanto las “teorías” como ese marco de posturas y aseveraciones ideológicas, y por otra parte, las mecánicas cada vez tienen más impulso, de forma tal que después del 1600, año en que se reconoce a Galileo Galilei como el padre de la ciencia moderna, se va generando un desarrollo de todo tipo de máquinas y ya para el siglo XIX, como nos menciona Jünger Habermas, existe una co-dependencia entre ciencia e investigación⁷¹, generando a su vez que la ciencia ocupara el primer lugar como fuerza productora. En ese momento se llegó a la cientificación de la técnica.

Si la técnica es la transformación que hace el hombre de su entorno, dominándolo en busca de su bienestar; y si la ciencia es el conjunto de métodos, conceptos y nuevos instrumentos de dominio de la naturaleza, ambas tienen en común la búsqueda de dominio y se

⁶⁸ Esquirol, *op. cit.*, p.38

⁶⁹ Heidegger, *op. cit.* 121

⁷⁰ Heidegger, *op. cit.* p. 130

⁷¹ Jünger Habermas, *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos, 1994, p. 123

convierten en co-sustanciales. Los nuevos tecnicismos generan un saber que es técnicamente utilizable y las informaciones científicas transformadas en tecnología, pueden tender a dominar al propio hombre. Situación que hoy en pleno siglo XXI, se ha vuelto tan evidente: el dominio del hombre por su propia tecnología. De *homo faber*, que se sirve de la técnica para producir, a, *homo fabricatus*, el hombre como producto automatizado y enajenado. Peter Sloterdijk ha afirmado que ese dominio es una domesticación humana a la que llama “antropotécnicas” y que da como resultado el proceso civilizador.⁷² Así se abre un panorama complejo que elementos que inciden en el uso de las técnicas y a plantearnos el cuestionamiento de cómo se vincula el conocimiento, la ciencia, el dominio, el método a partir de la edad moderna.

2.2.3 El sistema técnico

La complejidad de los diversos elementos que se involucran durante un proceso conlleva a plantear la técnica como un sistema. Algunos autores ya han descrito la importancia de esta visión, como Jacques Ellul, quien menciona que el sistema técnico “está constituido por la articulación entre fenómeno técnico y progreso técnico”⁷³. La acción técnica se caracteriza por producir formas técnicas siguiendo un método, con el que se busca la eficacia operativa, reducir esfuerzos y mejorar rendimientos. En el campo de dicha acción técnica existe una doble intervención⁷⁴: por un lado, la conciencia y por otro, la razón; ambas producen el fenómeno técnico entendiéndose éste como la búsqueda intencionada y sistematizada del perfeccionamiento en todos los dominios. El progreso técnico es la necesidad de cambio intrínseca a la técnica que persigue en todo momento el mejoramiento de los procedimientos y los resultados, por lo que la técnica demanda su propia transformación⁷⁵. Si el sistema es la red de interrelaciones dinámicas de operaciones técnicas, el fenómeno y el progreso se articulan combinando sus rasgos. Ellul distingue que ese principio de combinación es una característica de autocrecimiento en la técnica.

En cambio, Jaime Fisher describe al sistema técnico en su relación con el trabajo como “ese conjunto integrado de decisiones respecto a *qué hacer, qué no hacer y para qué hacerlo* (o dejar de hacerlo), decisiones que implican cierta inteligencia, así como cierta libertad”⁷⁶. Si la técnica se interpreta como una acción intencional, el trabajo corresponde al sistema técnico que persigue el fin de disminuir el esfuerzo durante el proceso de la acción y para ello se valdrá de diversos medios y se desenvolverá en un ambiente técnico determinado; asimismo, una técnica aumenta la libertad si proporcionalmente disminuye el esfuerzo que implica realizar un trabajo, y al alcanzar este fin genera en consecuencia, el

⁷² Esquirol, *op. cit.*, p. 181

⁷³ *Ibid.*, p. 140

⁷⁴ Ellul, *El siglo XX y la técnica...*, p. 25

⁷⁵ Ellul, *op. cit.*, 2003

⁷⁶ Fisher, *op. cit.*, p. 72

progreso. Entonces, deteniéndose en la técnica como progreso⁷⁷ se vincula directamente con la productividad, es decir, el progreso se identifica como el incremento de la capacidad física y mental para controlar la realidad durante cierta acción, que se concreta cuando un volumen dado de trabajo obtiene mayor efectividad, es decir, mayor productividad de artefactos con menor esfuerzo.

Aunque el punto de partida de los criterios anteriores es distinto, es notoria una coincidencia en su conceptualización sobre sistema técnico en cuanto a la búsqueda sistematizada de la eficacia operativa a través de la racionalización de métodos. El proceso denominado sistema técnico está enmarcado en una práctica de control y dominio en pro de la mayor producción. Sin embargo, para Fisher, el bienestar, la libertad o el progreso no se derivan automáticamente de la técnica⁷⁸, y por tanto, rechaza la tesis de Ellul quien menciona que la técnica se caracteriza por su autonomía e independencia del ser humano, argumentada por la idea de que la técnica no se desarrolla en función de los fines que haya que perseguir como artefacto último, sino de acuerdo con las posibilidades para ejecutarla, es decir de forma causal, como si lo externo fuera más dominante que el propio individuo.

En la búsqueda por el método más eficaz, que reduzca el trabajo, el fenómeno técnico se convierte en la principal preocupación⁷⁹ de la técnica. Si consideramos que, la relación del hombre con el sistema técnico no es la misma que con el instrumento técnico, es decir, "el sistema técnico no está en manos del ser humano, sino que constituye para éste un *universum*, un englobante, dado de antemano, en el que el hombre se encentra y se inserta"⁸⁰. La técnica forma parte de un proyecto histórico-social; en él se proyecta lo que una sociedad y los intereses dominantes tienen el propósito de hacer con los hombres y las cosas.⁸¹

Entonces, la técnica como dominio de la naturaleza y sobre la sociedad, genera un dominio metódico, científico, calculado y calculante. A partir de la Edad Moderna, el método científico que conduce a una dominación eficiente de la naturaleza ha proporcionado tanto los conceptos puros como los instrumentos para una dominación cada vez más efectiva sobre las sociedades mediante la manipulación de la naturaleza para reducir los esfuerzos. Esa apreciación de la técnica, como elemento dominante es lo que a menudo fomenta posturas en contra, sobre todo cuando considerando la prevalencia de las tecnologías actuales se observa a una sociedad limitada y dependiente de los progresos tecnológicos.

La modernidad relacionada con el marco metodológico establecido desde Galileo refleja la disposición técnica de las ciencias que han generado un saber que por su forma, es un saber técnicamente utilizable y sus aplicaciones se dieron posteriormente.⁸² Aunque, según la visión de Fisher, la naturaleza de la técnica es el conjunto de propiedades sistémicas

⁷⁷ Fisher, *op. cit.* p. 71

⁷⁸ *Ibid.*, p. 81

⁷⁹ Ellul, *El siglo XX y la técnica...*, p. 26

⁸⁰ Esquirol, *op. cit.*, p. 146

⁸¹ Habermas, *op. cit.* p.55

⁸² *Ibid.*, p. 79

observables en sus medios, objetivos y fines, lo cual le genera un significado. “El significado de la técnica es lo que con ella se hace y lo que ella hace posible” para la humanidad.⁸³

Además, el pensar en la técnica como un sistema, reduce la distancia entre el proceso y el producto final: el artefacto. Fisher define a un artefacto⁸⁴ como aquello que no está producido por la naturaleza misma, sino que tiene un origen causal, hecho por un agente intencional que lo inventa y produce. En consecuencia, para que se produzca un artefacto, se requiere de la intervención del ser humano, quien actúa de manera intencionada para diseñar o fabricar ese producto que tendrá una estructura material o simbólica. Además, ese artefacto tendrá unos usuarios, aquellos quienes utilizarán dicho elemento artificial.

El fin del artefacto y el proceso de producción en el que se involucran los grupos sociales, encaminados por premisas políticas y culturales, conlleva a definir al sistema técnico⁸⁵ como el trabajo dirigido a la transformación eficiente de objetos o situaciones concretas, materiales o inmateriales, orientado para fabricar un resultado determinado que es convencional y tempoespacialmente limitado, al que además se valora por su utilidad. El carácter del artefacto no está dado por forma y materialidad, “sino por el sistema de acciones intencionales -estructuradas por el trabajo-, en que ese artefacto es incorporado”⁸⁶ a un sistema técnico de mayor alcance. Ese ámbito mayor puede estar direccionado por las dinámicas político-culturales de las civilizaciones. Así la técnica es parte de un todo complejo que posee un significado basado en las situaciones de cada sistema técnico en que se encuentra involucrada.

De todo lo anteriormente expuesto se puede concluir que la técnica al ser un modo de actuar, el método y ejecución se conforma de las siguientes fases que ya Mario Bunge señalaba: conocer científicamente, diseñar y hacer. Algo que, en coincidencia a la secuencia extrañamiento – interioridad – proyecto, que va dirigida a un fin o destino, y en cuya cadena se realizarán diversos actos técnicos para reducir el trabajo, refleja con mayor claridad el enfoque de la técnica moderna. En ese proceso, para analizar la técnica es necesario visualizarla como un sistema técnico integrado por la serie de decisiones y elecciones que acompañan el diseño, la construcción y el artefacto; decisiones en donde serán determinantes los aspectos del contexto, la intencionalidad de los agentes fabricantes y usuarios, el conocimiento y la creatividad relacionados entre sí que actúan como una red dinámica de medios, instrumentos, fines y significados. La intencionalidad incide en los fenómenos técnicos y el conocimiento en el progreso técnico. La creatividad influye en la capacidad técnica junto con la retroalimentación de conocimientos. En el contexto interactúa el técnico que tendrá diversos perfiles y alcances con el paso del tiempo. Y la finalidad que permeará los procesos será la búsqueda de disminuir el esfuerzo. Todo en un sentido amplio lo podemos leer como técnica y será la plataforma desde la cual

⁸³ Fisher, *op. cit.* p. 73

⁸⁴ *Ibid.*, p. 84

⁸⁵ *Ibid.*, p. 105

⁸⁶ *Ibid.*, p.99

estudiaremos las significaciones técnicas de las construcciones militares del siglo XVIII en Veracruz.

2.2.4 Conocimiento y técnica

Un aspecto importante para considerar en las técnicas es el conocimiento, pues éste posibilita su desarrollo y la eficacia. La técnica primitiva recopilaba a través de la experiencia sus saberes, aún no reconocidos como tales, pero que poco a poco se fueron enriqueciendo y aumentando. Es a partir del surgimiento de la ciencia que la técnica es valorada por el binomio que establecen ambas. La técnica se vuelve el medio experimental que tiende a evolucionar el modo de alcanzar el fin práctico de la ciencia. A partir de la Revolución científica la técnica se relacionó con la máquina, pero existe antes que la propia ciencia.

Por lo tanto, la creación de las diversas técnicas a lo largo de la evolución de las civilizaciones se ha apoyado en diferentes tipos de conocimientos y eso le da enfoques, ámbitos y productos distintos. Las interpretaciones de la técnica han sido diversas, y hoy en día, en plena revolución digital, la técnica ha dejado casi de llamarse así para enunciarse como tecnología. Sin embargo, de qué manera determina el conocimiento el proceso o resultado, eso es lo que verdaderamente importa, para entender el sentido de los saberes constructivos en las técnicas que analizaremos.

Aunque la técnica pertenece a un sistema complejo de relaciones, no podemos dejar de tomar en cuenta su función de medio para alcanzar un fin, y ese carácter que tiene la técnica lo ejerce con el bagaje de conocimientos que dispongan sus planeadores y ejecutantes. La técnica no es sólo un conjunto de movimientos sistematizados, sino también una serie de hechos intelectuales que se realizan con un objetivo. Los resultados dependen en gran medida del conjunto de saberes. Entonces, si la técnica se realiza para un fin determinado, es importante diferenciar los diferentes tipos con que nos encontraremos a lo largo del recorrido histórico de la construcción.

Mario Bunge nos dice que las técnicas según sus fines se pueden dividir en prácticas y científicas⁸⁷. Las técnicas prácticas o también llamadas pragmatécnicas persiguen una finalidad utilitaria siguiendo un procedimiento sistematizado para modificar la naturaleza, el contexto o la propia sociedad. Las técnicas científicas o gnoseológicas son aquellas que poseen una finalidad cognoscitiva, es decir, que el proceso se acompañará en gran medida por hechos intelectuales, seguirá un método en el marco de una ciencia y sus resultados ampliarán el campo de conocimientos sobre un tema determinado a través de teorías, leyes o argumentaciones.

⁸⁷ Bunge, op. cit., pp 47-78

Según el origen del conocimiento, las técnicas fundadas son aquellas que se basan en una disciplina científica y las técnicas infundadas con las que se nutren de un sistema de reglas empíricas. Entonces, las técnicas prácticas o pragmatécnicas ejecutan a su vez técnicas fundadas o infundadas, y las técnicas científicas sólo utilizan las técnicas fundadas. Esta clasificación adquiere sentido en la interpretación historiográfica de las técnicas.

La construcción es una actividad que generalmente se ha considerado rezagada, es decir que no ha evolucionado a la par de otras disciplinas y repite procedimientos de antaño. A pesar de la relación entre la construcción y las ingenierías físicas, los procesos y resultados parecieran tener una lenta evolución. Sin embargo, una de las premisas de esta investigación es la transformación tecnológica durante el siglo XVIII, por lo que es importante delimitar el fundamento y el fin de la técnica para lograr la interpretación adecuada en la revisión de los elementos ejecutados en las obras.

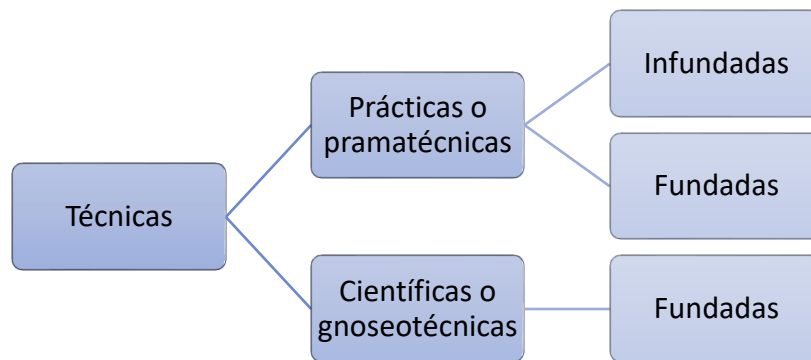


Figura 2. 2 Técnicas según sus fines y el fundamento de su conocimiento

Por último, es importante puntualizar que actualmente los términos técnica y tecnología se han separado por el origen de su conocimiento, a la primera se le relaciona con el saber práctico infundado⁸⁸, es decir, basado en reglas empíricas y a la segunda con el sistema de técnicas prácticas fundadas⁸⁹ o basadas en el conocimiento científico. Diversos autores ratifican esa clasificación, sin embargo, en el marco de la arquitectura no se considerarán como dos criterios diferentes, pues de lo contrario esta tesis sólo se referiría a los elementos donde la construcción se basa en saberes generados por la experiencia, lo cual no puede generalizarse porque el análisis de las obras que son nuestro objeto de estudio, demuestra que existe un conjunto de saberes que son producto de una disciplina científica y que el procedimiento involucra la transferencia de dichos conocimientos. De este modo se requiere plantear la perspectiva teórica que fundamenta a la técnica en sus dimensiones.

⁸⁸ *Idem*

⁸⁹ *Idem*

2.3 Construcción arquitectónica

Desde la antigüedad, la construcción se concebía como una de las tres partes de la arquitectura, junto con la Gnomónica y la Mecánica⁹⁰. Actualmente, el término se ha extendido a otras áreas. La Academia Mexicana de la Lengua, define el proceso de construir como “edificar una obra de ingeniería, arquitectura o albañilería”. Pero ello no limita la utilización del término para señalar conformaciones de todo tipo de elementos tangibles e intangibles.

En su origen etimológico, se hace referencia al latín *construere* que se traduce como la acción de construir y *constructio*, como construcción. Por tanto, se relaciona directamente con la formación de una estructura (*struere*), y por ende, la sistematización de partes a través de una solución estructural. En consecuencia, esas partes, están hechas de ciertos materiales.

Bajo ese sentido, se distingue la apreciación de Viollet Le-Duc, cuando hizo referencia a lo que para el arquitecto implica construir, pues afirma que es “emplear los materiales de acuerdo con las cualidades y la naturaleza que les son propios, con la idea preconcebida de satisfacer una necesidad empleando los medios más sencillos y de resultados más sólidos”⁹¹.

Aunado a lo anterior, una visión contemporánea es la de Ignacio, quien describe que el hecho de construir es “conformar un agregado de materiales, plantea unas exigencias técnicas específicas que serán las mismas tanto si ese agregado es una escultura, un puente o un edificio”⁹². Y además destaca que el problema a resolver en toda construcción es “la permanencia de la agregación de piezas y materiales”⁹³; cuyo objetivo principal se dirige a que la obra sea posible y perdurable.

Como se observa, las dos apreciaciones coinciden, pues enfocan a la construcción en los usos de los materiales y el aprovechamiento de sus cualidades técnicas para lograr una estructura sólida y duradera. Probablemente por ello, Castro Villalba, refiere que la fábrica antigua “está sujeta a una serie de condicionamientos de validez universal y son necesarios unos conocimientos de orden más abstracto”⁹⁴.

Sin embargo, Viollet Le-Duc, llegó a afirmar que se “nace constructor”, pues, a pesar de que el ejecutante necesita conocimientos y experiencia, “debe existir cierta intuición natural para el manejo de los conocimientos científicos y la capacidad de dar un empleo útil y forma duradera a la materia bruta”⁹⁵. Con ello, en el marco de las acepciones sobre el término

⁹⁰ Marco Vitruvio Polión, *Los diez libros de la Arquitectura*, Madrid, Alianza Forma, 2000, p.73

⁹¹ Emmanuel Viollet-le-Duc, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996,

⁹² Paricio, op. cit., p. 11

⁹³ *Idem*

⁹⁴ Castro Villalba, op. cit. p. 9

⁹⁵ Viollet-le-Duc, *Op cit*,

construcción, se reconoce a las habilidades de los ejecutantes para la toma de decisiones, lo cual no se distingue en algunos estudios, aunque es determinante tanto como el contexto, durante los procesos edificatorios.

Además, al respecto de las características cualitativas de la construcción, Taylor hace referencia a una dimensión psicológica: “la estructura tiene dos aplicaciones importantes en el proyecto: una es la de carácter físico, la otra tiene carácter psicológico. El arquitecto debe establecer el papel de cada una en su edificio”⁹⁶. Por ejemplo, si se pretende resaltar la solidez de las murallas, la construcción debe proyectar ese sentido de protección por delimitar una zona segura, relacionándose la dimensión psicológica con la percepción de las obras.

Por consiguiente, las características de la construcción arquitectónica son: la utilidad de sus elementos, correlacionada tanto por la economía de sus procesos, como por su capacidad estructural fundamentada en el conocimiento científico o empírico, distinguido en la solidez, seguridad y carácter que proyectan. Las características de solidez y seguridad convergen con los requerimientos de fuerza (sólido) y protección (seguridad) de las obras militares. Estos dos puntos de coincidencia han generado determinadamente que la teoría militar propicie el extenso desarrollo de las temáticas constructivas en los tratados de fortificación. Pero si bien, por un lado, se abunda en el tema científico para definir las formas y los procesos de las obras, por otra parte, vale la pena no omitir la dimensión psicológica que ofrecen las estructuras sólidas pues ello enfatiza el carácter de la obra construida.

Pese a que la construcción es parte integral de la arquitectura, dicha relación “no siempre ha estado lo suficientemente reconocida”⁹⁷. En una perspectiva histórica, durante la Antigüedad, la construcción era esencial, sin embargo, desde el Renacimiento, inició un proceso de separación hasta llegar al siglo XIX, con un evidente cisma entre ambos campos⁹⁸. Por el contrario de otros géneros arquitectónicos, las fortificaciones reflejan un máximo esplendor constructivo en el siglo XVIII cuyos planteamientos hechos por ingenieros no demeritaron en la estética por sus cualidades plásticas. Paradójicamente, podríamos afirmar que si bien, las obras militares sólo visualizaron cumplir con las condicionantes funcionales y estructurales, la armonía de los elementos integró construcción y arquitectura en cada obra.

2.4 La evolución de la técnica y su relación con la construcción

La historia de la técnica ha sido abordada generalmente desde dos directrices, por un lado, se ha relacionado con la evolución de los inventos, aquellos instrumentos creados por el

⁹⁶ Rabún Taylor, *Los constructores romanos*, Madrid, Akal, 2003,

⁹⁷ Amparo Graciani García, “Hacia el nacimiento de la historia de la construcción. Origen y devenir de una ciencia”, Actas del Tercer congreso nacional de historia de la construcción, Sevilla, Inst. Juan de Herrera, 2000, p. 469

⁹⁸ Sigfried Giedon, *Espacio, tiempo y arquitectura*, Barcelona, Editorial científico-medica Hoepli, 1995,

ser humano con la finalidad de llevar a cabo alguna acción técnica que reduzca el esfuerzo y potencialice la capacidad de operación de los individuos, y por otro lado, el recorrido histórico se basa en el desarrollo de la ciencia y la metodología aplicada a la investigación como la plataforma de conocimiento y cambios que sustentan a la evolución de la humanidad.

Con anterioridad se ha resaltado la importancia de analizar la técnica desde una revisión de la estructura de relaciones del sistema técnico que se vincula con el proceso de diseño, construcción y creación del artefacto o producto final, en donde la toma de decisiones es un acto determinante para la articulación de todos los aspectos relacionados con la intencionalidad, los agentes, los medios, los fines y los significados de las operaciones que para este caso, serían sobre la construcción arquitectónica.

Los componentes del sistema técnico tienen variaciones de acuerdo con el ambiente técnico, el acervo y manejo de conocimientos, así como por el enfoque de los agentes involucrados. De manera general se puede especular que la técnica varía con relación a cada época que marca la pauta socio política del técnico como agente creador de las operaciones. Precisamente en este sentido, José Ortega y Gasset ha señalado tres estadios de la técnica: la primitiva, la del artesano y la del técnico.

Sin embargo, tratando de enriquecer la visión de la técnica como un sistema complejo que influye en la producción constructiva y arquitectónica, sin tratar de ver sólo la lógica de los descubrimientos o un progreso fatal de las técnicas⁹⁹, sino la interacción de ésta, los sistemas y la decisión eficaz de la sociedad frente a ella, se han propuesto los siguientes apartados:

- a) Sistemas técnico-constructivos primitivos
- b) Sistemas técnico-constructivos de la antigüedad
- c) Sistemas técnico-constructivos del medievo
- d) Sistemas técnico-constructivos de la edad moderna

2.4.1 Sistemas técnico-constructivos primitivos

La historia de la humanidad dividida en prehistoria, protohistoria e historia se delimita en relación con el uso de técnicas. La prehistoria se acota desde los registros de los primeros seres humanos en la tierra, sus técnicas de fabricación de utensilios a base de piedra, da paso a la protohistoria cuando los utensilios se crean con base a la manipulación de los metales. Asimismo, el surgimiento de la escritura, una técnica de comunicación es el inicio

⁹⁹ Ellul, *El siglo XX y la técnica...*p. 78

de lo que se reconoce como historia. Los utensilios y la escritura son entonces, los artefactos principales del sistema técnico primitivo cuya trascendencia marca fases evolutivas de las sociedades.

En el sistema técnico primitivo el objetivo principal fue la supervivencia de la especie humana y los instrumentos para la producción de los artefactos que le garantizaron esto fueron su propia mano, su cerebro y la sociedad¹⁰⁰, elementos en los cuales se refleja la coordinación de las capacidades psicomotrices y socioemocionales. Con el manejo de estos medios se abrieron las posibilidades de utilizar otros recursos inmediatos en su contexto natural. Entre las primeras actividades técnicas del hombre encontramos la recolección de frutos, la caza, la pesca, la elaboración de vestimentas, la creación de armas y la construcción¹⁰¹. Precisamente, la creación de herramientas y armas son las primeras acciones técnicas distinguidas por su finalidad de extender las capacidades físicas del hombre. Un ejemplo evidente es el arco como instrumento universal que refleja el nacimiento de la técnica de la música y de la guerra.¹⁰²

En cuanto a la arquitectura con el surgimiento de las civilizaciones en diferentes temporalidades y zonas geográficas, las primeras acciones técnicas propiciaron el abandono de las cuevas como primer hábitat de refugio para dar paso a construcciones que manifestaron dos finalidades principalmente: la conformación de las primeras viviendas y la creación de adoratorios a dioses. Como Ortega y Gasset lo menciona, el hombre primitivo no se considera capaz de sus propias técnicas y atribuye a los dioses el poder de creación de sus procesos, por lo que es necesario manifestar su veneración a través de la construcción de santuarios, templos y sacrificios.

El desarrollo de técnicas asociadas a la manipulación de piedra para la fabricación de utensilios encontró en este material pétreo la solidez ideal para la construcción de grandes santuarios como los dólmenes y menhires. En contraste, para las cabañas o chozas empleadas como vivienda, las técnicas reflejan el uso de madera, palmas, barro cocido y paja, materiales perecederos y de fácil obtención en las regiones de los primeros asentamientos. Los agentes creadores de los espacios y los usuarios fueron los mismos grupos sociales que se organizaron y lograrán las primeras delimitaciones espaciales comunitarias y conformaron las primeras aldeas y ciudades.

El fenómeno técnico estuvo estrechamente vinculado a la organización de las sociedades como medio para garantizar la supervivencia de los grupos y la vivienda fue el artefacto de refugio que cubrió una necesidad básica de protección y socialización. Aunque el progreso técnico del hombre primitivo no suele ser considerado por sus productos constructivos, éstos son muy importantes las obras porque son testimonio de las capacidades sociales y cognitivas en donde juega un papel fundamental la creatividad y los primeros conocimientos

¹⁰⁰ Esto se puede identificar claramente en el libro de Pierre Ducassé, *Historia de las técnicas* (1960)

¹⁰¹ Ellul, *El siglo XX y la técnica...*p. 27

¹⁰² Veáse a Miguel Espejo, Heidegger; *El enigma de la técnica* (1987)

sobre la manipulación de los recursos naturales en los contextos, saberes que serían la base de sólidas experiencias que prevalecerán durante miles de años posteriores, pues los sistemas han demostrado su eficiencia operativa al punto de seguir reproduciéndose con mínimos cambios, lo cual no significa un estancamiento técnico, sino la eficiencia del producto.

2.4.2 Sistemas técnico-constructivos antiguos

La Edad Antigua, enmarcada por las principales civilizaciones egipcia, griega y romana dio continuidad a la ejecución de procesos técnicos enfocados a la producción, consumo, guerra y caza. Aunque se afirma que los campos fueron limitados en cuanto a los medios técnicos empleados, es decir, se desarrollaron técnicas localistas¹⁰³; también se reconoce que el ámbito de conocimiento y desenvolvimiento de la sociedad como agente creador de operaciones técnicas posee gran experiencia y en consecuencia la acumulación de saberes notables sobre el uso de herramientas para la manipulación de materiales, leyes de equilibrio y composición.

Los egipcios fueron grandes constructores y ello queda demostrado en sus pirámides y esfinges. Estas magnas obras que llaman la atención por el enigma que rodea su ejecución, se llevaron a efecto con un incalculable esfuerzo y técnica de sus agentes. Los complejos funerarios y religiosos fueron las acciones técnicas que reflejan una estructura integradora entre el hombre, sus conceptos vitales, sus actividades en relación con el medio y los objetos físicos. El conocimiento se fundamentó en cuatro factores: lugar, sangre, trabajo y pensamiento¹⁰⁴, que se combinaron con la experiencia en construcción y sus saberes en leyes del equilibrio. El objetivo del sistema técnico se concretó en la realización de los conjuntos de proporciones imponentes que alcanzaran la finalidad de expresar la grandeza y eternidad de sus faraones y dioses. El sistema técnico-constructivo egipcio es un ejemplo de la virtud del conocimiento sobre el *cómo hacer* en combinación con la organización de la mano de obra, el uso de instrumentos adecuados que impulsados por una fuerte carga simbólica dieron origen a un fenómeno técnico evidente hasta nuestros días.

En el caso de Grecia, heredera de una diversidad de conocimientos, recetas y reglas de acción mezclados con fines prácticos, según Ducassé, se contribuyó a la recopilación de procedimientos empíricos que facilitaron la solución de problemas prácticos. No obstante, Grecia también destacó por su descubrimiento de la matemática pura como madre de todas las ciencias y aplicaciones técnicas. Las operaciones técnicas a menudo se enfocaban en el arte militar, en donde se aplicaba la mecánica a problemas de armamento, balística y defensa de plazas. De esta manera, la racionalización contribuye al fenómeno y progreso

¹⁰³ Ellul, *El siglo XX y la técnica...* p. 66

¹⁰⁴ Para mayores referencias se puede consultar a Jorge Ballina Garza, *Análisis histórico de la arquitectura* (1988)

técnico reflejado en sus obras, sus sistemas constructivos e instrumentos científicos de medición y nivelación.

El orden y racionalidad de los griegos se filtró hasta el detalle de los sillares como módulos de la conformación de muros, por lo que una caracterización del sistema es la estructuración con grandes piezas de sillares a hueso perfectamente acoplados a soga y tizón o perpiaños, representando superficies lisas y regulares como elementos escultóricos.¹⁰⁵ A cualquier escala, el pensamiento racional, matemático, geométrico y artístico de los griegos impactó en los diversos sistemas técnico-constructivos ejecutados.

Por otra parte, la sociedad romana alcanzó un progreso técnico que reflejaba la cultura imperial a través de sus máquinas de guerra, de los grandes trabajos de ingeniería civil, arquitectura y transporte. Las habilidades constructivas por parte de los romanos son indiscutibles en sus obras, pues crearon casi todo el repertorio tipológico y técnico que con algunas variaciones ha funcionado hasta que aparecen los nuevos materiales como el acero y el cemento portland¹⁰⁶, basta con apreciar el coliseo, las termas, el ágora, los teatros, las viviendas y las basílicas. Sin embargo, ese fenómeno se presenta por el dominio de las técnicas que logran configurar las obras con un carácter propio, netamente constructivo.

Aunque es innegable la aportación técnica romana en cuanto al uso de los materiales y las mezclas de morteros, la ejecución de las grandes construcciones tuvo como medio principal la disponibilidad de un excedente de mano de obra producto de sus conquistas guerreras, así como la habilidad para la organización de esos recursos humanos. Si la finalidad era demostrar el poder del imperio, esto se logró a través de procedimientos que representaron el dominio de saberes de culturas conquistadas y el dominio de la mano de obra esclavizada que ejecutaba un trabajo para la sociedad dominante y su emperador. La significación de los procesos técnicos es una repetición de la estructura política y social del imperio romano. El rendimiento por el trabajo fue tan servil para los constructores como para los artesanos.

Los romanos copiaron y mejoraron todo aquello que consideraron útil de cualquier cultura y lo adaptaron optimizando su uso¹⁰⁷. Además, el dominio se extendió hasta la normalización de las dimensiones de materiales dando paso a una pre-industrialización como recurso para alcanzar los objetivos de producción de las grandes obras arquitectónicas en menor tiempo. El control de cada aspecto en la construcción también alcanzó a la comercialización de los insumos, por lo que se establecieron normas para la producción y almacenaje de los materiales.

Así como la caída del imperio romano representó la pérdida de poder de una sociedad, el sistema técnico se vio afectado por una decadencia general que incluso se ha interpretado

¹⁰⁵ Castro Villalba, *op. cit.* p. 34

¹⁰⁶ *Ibid.*, p.45

¹⁰⁷ *Idem.*

como una regresión técnica. El amplio repertorio de sistemas constructivos, mezclas, materiales y elementos estructurales son relegados con cierto rechazo a la dinámica y estructura jerárquica de un fenómeno que contribuyó al dominio social.

2.4.3 Sistemas técnico-constructivos del medievo

El progreso técnico de la Edad Media fue alentado por la Iglesia, ya que, tras la caída del imperio romano, era la única institución que tenía la clara finalidad de constituirse en una potencia controladora y dominante de prácticas que permitieran el mejoramiento de rendimientos y bienestar. Para lograr estos fines, la Iglesia se convierte en el administrador que encauza la reconquista agrícola, fenómeno que recupera saberes y prácticas antiguas de agricultura. A pesar de que para muchos historiadores la Edad Media refleja el oscurantismo de las sociedades, como se aprecia, el fenómeno técnico estuvo enmarcado con causas religiosas, sociales y económicas que poco a poco otorgaron la libertad a los ejecutores de las obras y su apropiación de los saberes que involucraban a los procesos técnicos.

Así la figura del artesano del medievo resalta por su maestría en el manejo de las técnicas, pero también posee una jerarquía como agente creador y ejecutor, como acervo de saberes y perfeccionamiento de *cómo hacer* los procesos técnicos. En esa dinámica, nuevamente encontraremos que el factor importante es la agrupación social, esta vez en una agrupación urbana que valora e impulsa las innovaciones técnicas, el perfeccionamiento de los procesos y su vinculación espiritual y religiosa.

Otro aspecto importante es que la población europea había disminuido por las continuas epidemias y crisis políticas, lo que obligó prácticamente al uso de las primeras máquinas que sustituyan el *hacer* de mujeres y hombres mejorando los rendimientos y aumentando en consecuencia la comercialización de los productos o artefactos. Esta característica del sistema técnico medieval lo vemos claramente identificado en la construcción de catedrales y castillos como productos finales.

El sistema técnico-constructivo se fortaleció con una profunda significación espiritual o simbólica de poder religioso o monárquico, pero a la vez utilizó el conocimiento como un recurso para la producción, un conocimiento que ahora le pertenece y la da la oportunidad de desplegar el poder de su propia acción. La utilización de las primeras máquinas del medievo alimenta el espíritu creador del artesano que, junto con la transferencia de saberes constructivos y su experiencia, le llevarán a un periodo de gran esplendor en las áreas de la composición geométrica, la estructuración de los espacios, los oficios como la cantería, la carpintería y la albañilería. Los principales inventos ubicados temporalmente en la Edad Media tuvieron la finalidad de multiplicar la energía, aumentar los rendimientos y la productividad.

Los dos caracteres esenciales de la técnica medieval revelan una inmensa fuerza social de renovación. La convergencia de los esfuerzos realizados por grandes colectividades demuestra que el artesano medieval tiene la batuta de su propio camino en donde la pasividad del imperialismo y la servidumbre esclavizada del trabajo romano había quedado atrás para dar paso a una nueva dinámica.

La Edad Media se caracterizó por una reestructuración social, el papel del artesano como técnico y constructor reflejaron que la construcción es un proceso en donde el artesano tiene el conocimiento y por tanto el poder. A partir de entonces, nuevos enfoques nos preparan para la siguiente fase.

2.4.4 Sistemas técnico-constructivos modernos

IncurSIONAR la Edad Moderna implica sumergirnos en un contexto marcado por el cambio de paradigmas, en donde mujeres y hombres trataron de adaptar su estilo de vida a la filosofía de sus técnicas, herederas de la racionalización griega y las ciencias. Los antiguos caracteres¹⁰⁸ de los sistemas técnicos, con su campo localista, sus herramientas limitadas y el simbolismo de sus operaciones, fueron sustituidos por una técnica moderna naturalista y realista¹⁰⁹, que no admite la atribución de los actos por cuestiones mágicas o misteriosas, y sólo se enfoca en reconocer los problemas a resolver para elegir los métodos más convenientes, por lo que se genera una multiplicación ilimitada de medios y perfeccionamiento de instrumentos.

El cambio del sistema técnico fue paulatino, y se podría decir que durante el medievo y la antigüedad se establecieron las raíces de aquello que florecería durante la modernidad. Diversos aspectos del desarrollo de la humanidad propiciaron las coyunturas del nuevo sistema técnico-constructivo: la separación técnico y artesano, la estrecha vinculación técnica y ciencia, la sistematización de la investigación a través del método científico, las nuevas teorías, la proliferación de la mecánica como elemental en la filosofía de vida humana, el despliegue ilimitado de técnicas en todos los ámbitos, que produjeron tanto artefactos, herramientas, máquinas, como estructuras mentales y arte. Si el sistema técnico es la unidad básica para abordar la reflexión técnica, y corresponde a la toma de decisiones sobre los objetivos, medios y fines para producir algo, vemos que la construcción arquitectónica amplía su escala y complejidad en el ambiente técnico moderno.

La figura del técnico se separa del artesano convirtiéndose en el agente creador que en base a sus saberes elabora procesos intelectuales de solución a problemas constructivos. Los conocimientos obtenidos no sólo por la práctica sino cada vez más por los estudios sistematizados, le confieren al técnico una categoría superior a la del ejecutante; asimismo,

¹⁰⁸ Ellul, El siglo XX y la técnica...p.79

¹⁰⁹ Bunge, op, cit. 2012, p. 88

los saberes relacionados con las ciencias le ofrecen una visión más amplia de las posibilidades a construir y romper los límites anteriores, por lo que el problema no es la fábrica de un muro o una cubierta, sino la composición geométrica y las dimensiones que demostrarán el despliegue ilimitado de las técnicas, las ciencias y el nuevo lenguaje formal. Por otra parte, el medio de comunicación será el dibujo con base científica, es decir la perspectiva, y las descripciones de obras, fundamentadas en diagnósticos, los levantamientos y cálculos serán conducidos por nuevas metodologías de trabajo. Así los nuevos tecnicismos atienden sus objetivos y se detienen en los medios, como lo describiera Ortega, lo analizan y descomponen “el resultado total en los resultados parciales, en el proceso de su génesis, por tanto, en sus causas o fenómenos ingredientes.”¹¹⁰

A pesar del vuelco que dio la Edad Moderna, la técnica constructiva se fundamenta en la fusión de técnicas empíricas, porque la construcción experimentada no se abandona totalmente, sino que se enriquece con la fundamentación de las ciencias, sobre todo de la matemática y la física. De la matemática, la geometría será una de las principales disciplinas, y de la física, la mecánica será la rama vinculada a la construcción. El proceso de integración atraviesa por una primera etapa de valoración de saberes, en donde los conocimientos ancestrales tienen gran reconocimiento, pero los teóricos modernos analizan, interpretan y sistematizan ese conocimiento para ponerlo a disposición de los agentes creadores de proyectos técnicos.

Durante el siglo XVI y principios del XVII el desarrollo de las matemáticas fue significativo para la toma de decisiones constructivas. Según Ducassé, se corresponde a tres direcciones: la difusión de manuales escolares y tratados de matemática militar, la codificación de una simbología comúnmente aceptada con la notación algebraica y aritmética, al mismo tiempo que nacían la geometría analítica y el cálculo infinitesimal; y la invención de nuevas técnicas de cálculo y análisis.

Precisamente la plataforma teórica basada en el conocimiento será un eje fundamental en el sistema técnico. “durante el siglo dieciséis comenzó a resquebrajarse la barrera entre la tradición artesanal y la culta”¹¹¹. Los saberes antiguos que sigilosamente guardaron los gremios constructivos por siglos, en diversos casos se documentó por ellos mismos, por lo que eso dio pauta al conocer “el saber de su tradición”. Los nuevos técnicos interesados en adquirir saberes buscaron conocer los métodos de los artesanos y éstos a su vez, también se interesaron en entender aquello que de la ciencia ya ocupaban pero que no tenían claro. Así, se empieza a generar el fenómeno de la documentación constructiva en donde “los escritos artesanales registran nuevas invenciones técnicas y descubrimientos científicos”¹¹² En ese contexto se generaron diversos tratados que trataron de acopiar el conocimiento experimentado sobre diversos temas constructivos, además de que la difusión del tratado de Vitruvio generó un fuerte impulso por la escritura de saberes. Si la obra de Gilbert y

¹¹⁰ Ortega, *op. cit.*, p. 35

¹¹¹ Stephen F. Mason, *Historia de las ciencias*, traducción Carlos Solís Santos, Madrid, Alianza, 1985, p. 21

¹¹² *Idem*

Norman representa la unión del conocimiento artesanal y culto, los textos de León Battista Alberti será el paralelo constructivo de la base teórica que durante el siglo XV-XVI fue el gran ejemplo de la tratadística por establecer sobre bases matemáticas un lenguaje común del arte y de la ciencia.

No obstante, los tratados constructivos conservaron un amplio fundamento sobre el conocimiento de los oficios, los saberes antiguos y la racionalización matemática que los canteros, carpinteros y albañiles utilizaban. Este conocimiento ejerció un papel fundamental en el ambiente técnico donde se generaron las obras, y no porque en los anteriores periodos no hubiera existido un conocimiento, sino porque esta ocasión se le dará un énfasis por lo que representa la acumulación y sistematización de saberes valorados por su efectividad. La coyuntura de ambas fuentes de saberes, tanto la científica como la empírica ofrecerán nuevos lenguajes constructivos durante la Edad Moderna.

Durante el siglo XVI la sociedad transforma su forma de ver al mundo, pues jerarquiza las mecánicas dándoles una nueva significación y combinándolas con el arte. Quizá la figura más representativa de este fenómeno es Leonardo Da Vinci, arquitecto, artista, ingeniero e inventor, ejemplifica la unión entre ciencia y arte, y representa el ideal de valores del hombre renacentista.

La mecánica que encontró campos para su desarrollo en todas ciencias, en la arquitectura transformó el modo de apreciar el trabajo de las estructuras, no sólo en la articulación de los elementos arquitectónicos para lograr la solidez y estabilidad de las obras, sino en la creación de nuevas máquinas e instrumentos que contribuyeron a mejorar los rendimientos de la mano de obra y ampliar su alcance, pues las nuevas dimensiones requerían superar los límites de anteriores cimbras, apoyos o alturas. La mecánica racional marca el modo de pensar la ejecución de las obras desde la forma de observarlas a través del análisis y el experimento. “La revolución científica abre la posibilidad de racionalizar todos los actos que involucran el conocimiento”.¹¹³

Según Carlos Díaz y Castro Villalba, destacan las aportaciones de los siguientes científicos: Galileo Galilei, conocido como el padre de la física moderna, por establecer una nueva metodología para sus investigaciones, realizó estudios sobre el péndulo y la caída de los cuerpos, además de la resistencia de los cuerpos a ser rotos y su equilibrio.

Entre los siglos XVI y XVII, se encuentra la aportación de Neper (1550-1617), quien introdujo el concepto de logaritmo para simplificar los cálculos numéricos. Briggs (1561-1630), perfeccionó dichos logaritmos escogiendo como base el número 10. En 1637, Descartes introdujo el álgebra en los problemas geométricos; la geometría analítica tuvo importantes consecuencias en cuanto a materialización de lo real. Ubicó el espacio en un sistema de ejes y coordenadas, clasificó las curvas en geométricas y mecánicas y demostró

¹¹³ Bunge, *op. cit.*, p. 58

que se pueden representar mediante una ecuación que permita el estudio de sus propiedades.

Gérard Desargues (1593-1662), aplicó la perspectiva a la geometría. En su obra principal de 1639, aseveró que toda figura cónica es la proyección de un círculo. Bonaventura Cavalieri (1598-1674), planteó la teoría de los indivisibles, precedente del cálculo infinitesimal, que contiene un método nuevo para calcular áreas y volúmenes. También Cavalieri escribió un tratado de secciones cónicas e hizo varios trabajos de trigonometría. Huyghens (1629-1695), aplicando el método de Galileo, estudió la fuerza centrífuga.

Roberto Hooke (1635-1703) posibilitó el estudio de los esfuerzos en los materiales al aplicarles una carga, lo que se asocia al llamado módulo de Hooke. En 1638, Pierre de Fermat (1601-1665) ofreció un método para hallar las tangentes a una curva, que en sus rasgos principales anuncia los procedimientos de derivación. En 1654, Blaise Pascal (1623-1662) y Fermat, introdujeron el primer cálculo de probabilidades.

Bernoulli (1654-1705) encuentra la solución y enuncia uno de los principios básicos de la ciencia de la construcción: la deformación de materiales o elementos constructivos es directamente proporcional a la carga y a la longitud e inversa a la sección y está ligada en cada material a un coeficiente específico. Antoine Parent (1666-1716) fijó el eje neutro definitivamente en la zona de equilibrio de los esfuerzos sobre la sección transversal de las vigas.

Por otra parte, Isaac Newton (1642-1727) junto con Leibniz (1646-1716), crearon el cálculo infinitesimal, el cual permitía estudiar algebraicamente las curvas mecánicas y los fenómenos físicos complejos y del análisis matemático. Idearon también el cálculo diferencial y el cálculo integral. El cálculo diferencial se refiere al cálculo del espacio recorrido, la velocidad y la aceleración. El cálculo integral, se desarrolló a partir de los problemas de cálculo de áreas, volúmenes y centros de gravedad. Newton dio un impulso decisivo hacia el estudio de las ciencias de la naturaleza y, mediante los conceptos de inercia y masa, estableció las bases de la mecánica.

Roger Cotes (1682-1716) desliga a la trigonometría de su soporte geométrico, convirtiéndola en una rama de la teoría de funciones. En 1760 Euler publica su ensayo en donde define un centro de masa o centro de inercia en cada sólido relacionado con la forma y no a las fuerzas con que está sometido...”¹¹⁴

Todos esos progresos científicos, a pesar de que la mayoría se suscitaron entre los siglos XVI y XVII, realmente empezaron a aplicarse hasta el siglo XVIII, gracias al perfeccionamiento de los instrumentos para medir latitudes y longitudes y la invención y mejora de los aparatos de óptica. Por lo tanto, los ingenieros militares de la Ilustración pudieron aplicar los progresos de las matemáticas y la geometría en el diseño y el cálculo de las estructuras de sus obras.¹¹⁵

¹¹⁴ Castro Villalba. *Op cit*, p. 275

¹¹⁵ *Ibidem*, págs. 48 y 49

2.5 Arquitectura militar y fortificación

El desarrollo de las sociedades humanas desde la antigüedad hasta nuestros días ha producido expresiones arquitectónicas y urbanas como respuestas de habitabilidad a las circunstancias contextuales. En la búsqueda por garantizar la supervivencia, los individuos han cubierto su necesidad de protección de diversas maneras según los peligros expuestos. Además del interés por dominar la naturaleza y paralelamente aislarse de sus riesgos, la expansión entre los grupos humanos ha provocado luchas de dominación, reorganización y apropiación territorial, de donde se deriva la creación de obras defensivas como estrategias espaciales de seguridad.

Al igual que en otras manifestaciones arquitectónicas, la evolución de las sociedades ha detonado la gama de alternativas tecnológicas, organizativas y formales de las defensas. Por ende, el término *arquitectura militar* posee una significación configurada con el paso del tiempo, pues se integra y nutre con la complejidad de las soluciones generadas en las diversas culturas. Sin embargo, tres conceptos subyacen constantes en las obras: *fuerza*, *protección* y *defensa*, los cuales serían la esencia de la actividad proyectual y edificatoria en la pesquisa por una ubicación favorable, delimitación y establecimiento de zonas seguras, así como en la agrupación de individuos capacitados para la salvaguarda de los pueblos.

Para un acercamiento histórico a la conceptualización de la arquitectura militar, el punto de partida es la Edad Antigua; en siglo I a.C., Marco Vitruvio¹¹⁶ desarrolló en su obra *De architectura* los temas de murallas, torres y máquinas de defensa y ataque sin una categorización común, sin embargo, ubicó a las murallas dentro de las construcciones públicas y destacó su objetivo de protección, relacionándolo con la estructura de sus elementos¹¹⁷. Hasta el siglo IV d.C., Flavio Vegecio¹¹⁸ empleará el término de *fortificación* para distinguir en su tratado *Epitoma institutorum rei militaris*, aquellas obras constructivas temporales o fijas dedicadas a la protección de campamentos o ciudades.

En la Edad Media, la configuración espacial de la arquitectura militar se recreó con los castillos feudales además de las murallas. Los elementos de protección se “privatizaron” al fusionarse con la vivienda palaciega, de manera que, ante las condiciones inestables de los reinos europeos, las residencias de reyes y señores feudales se “hicieron fuertes” con la construcción de sus propias murallas y torres, produciéndose un ámbito residencial permanente o eventual para la clase aristocrática de la sociedad y por tanto, se priorizó la protección de los castillos feudales y en segundo lugar, las ciudades. No obstante, a la

¹¹⁶ Marco Vitruvio Polión fue soldado e ingeniero militar en el siglo I a.C., durante el imperio Romano de César y Augusto. Su legado a la arquitectura es el tratado *De architectura* (ca 27 a.C.), mejor conocido como *Los diez libros de la Arquitectura*; con el cual nace la teoría de la disciplina y se ha convertido en referencia clásica.

¹¹⁷ Vitruvio Polión, Marco. *Op. cit.*, p. 73

¹¹⁸ Flavio Vegecio Renato, (siglo IV d.C.) personaje inserto en el tema político y militar romano en la época de Teodosio; sus dos obras *Compendio de técnica militar* y *Recopilación sobre las instituciones militares*, son los documentos más antiguos encontrados hasta la fecha sobre el arte de guerra.

generación de nuevos programas arquitectónicos militares, el debate sobre la conceptualización de las obras no aparece, sino hasta el Renacimiento; periodo histórico en que el descubrimiento de los tratados antiguos y la generación de nuevos documentos, plantearon posturas sobre el tema militar.

En 1527, Alberto Durero publicó su *Varia lección sobre la fortificación de ciudades, fortalezas y burgos*, misma que se identifica como “la primera obra impresa dedicada a la arquitectura y el urbanismo militar y sobre la adaptación de perímetros defensivos a las necesidades de la guerra moderna”.¹¹⁹ El texto no incluye como tal una definición de fortificación o de arquitectura militar, sin embargo se resalta la necesidad de un documento “sobre cómo debe construirse una fortificación en la que puedan protegerse reyes, príncipes, señores y ciudades”¹²⁰. Y sobre todo, a partir del enfoque y contextualización del tratado de Durero, se integran nuevos aspectos a la construcción de significaciones.

Durero fue un artista renacentista, hombre cercano a la monarquía, que aprovechó su extraordinaria inteligencia para desarrollar un tema técnico con denso contenido versado en las ciencias exactas, de lo cual se destaca el manejo creativo de las matemáticas y la geometría en la generación de los trazos reguladores para la perfección de las formas arquitectónicas. Con todos esos recursos, Durero posicionó a las fortificaciones como un “arte de la guerra” e hizo evidente, la fusión entre el arte y la técnica.

Sin embargo, durante el Renacimiento, observaremos cierta divergencia en los documentos con visiones mayoritariamente técnicas que además de separar la arquitectura civil de la militar, algunas veces discriminan la importancia del sentido estético por profundizar en la especificidad de las ciencias de guerra y en las matemáticas, geografía, geometría, etc; sin darse cuenta que en la arquitectura militar como la música, la composición matemática conduce al arte. En el planteamiento de las definiciones emerge esa intrínseca perspectiva del arte de guerra, como podemos ver en la descripción de Zanchi (siglo XVI) quien conceptualiza a la fortificación como “una creación artificial que suple las deficiencias del medio natural y que busca defenderse de unos agresores”¹²¹. O bien en George Fournier (siglo XVII), quien señala en definitiva que, “la fortificación será una ciencia”.

Ya para el siglo XVIII, Sebastián Fernández de Medrano reconoce al definir el término *fortificación* que “es un arte que enseña a cerrar una plaza de tal suerte que un pequeño número de hombres pueda resistir y defenderse a cubierto contra uno más grande y que sus frentes se encuentren defendidos entre sí”¹²². Después de esa reafirmación, la significación estética será constante en posteriores documentos; por ejemplo, Noizet-Saint-Paul en su libro *Elementos de fortificación* de 1818, la definió así: “es en general el arte de

¹¹⁹ Dürer, Albrecht, *Tratado de Arquitectura y urbanismo militar/Alberto Durero*, Madrid, Akal, 2004, p.10

¹²⁰ Ibidem, pág. 117

¹²¹ Galindo Díaz, Jorge Alberto. *Op. cit*, pág.38

¹²² Citado por Sanz Molina, Sara. Tres fortificaciones en Nueva España: estudio arquitectónico constructivo (Tesis de doctorado), Universidad Politécnica de Catalunya, 2002, p. 6.

poner un terreno, ocupado por algunas tropas, en estado de resistir a fuerzas superiores que quisiesen apoderarse de él¹²³. Quizá la apreciación artística de la fortificación revela la ejecución de ciertas habilidades para desarrollar las obras. Cualidades no comunes por el indispensable manejo de la complejidad que involucra conocimientos con actividad defensiva.

Además, en la cronología de la disciplina, pareciera que se maneja primero el término *fortificación*, pues el uso de la categorización de *arquitectura militar* se utiliza posteriormente. Como un ejemplo de ello, tenemos en el siglo XVII, que Vicente Tosca en su tratado número XVI, *De la arquitectura militar, y fortificación moderna, ofensiva y defensiva*, definió a la arquitectura militar munitoria, como aquella que “enseña a fortalecer una plaza a fin de que pueda resistir a las máquinas de guerra”¹²⁴. Y aunque se distingue por emplear el término, prácticamente el hecho de *fortalecer* no dista mucho de las anteriores definiciones del concepto *fortificación*.

Ya para el siglo XIX, el academicismo clasificó al conjunto de obras de defensa con lo que se reitera el término de *arquitectura militar*, bajo la dinámica de sistematizar racionalmente los conocimientos sobre usos, funciones y tipologías de todas las edificaciones. Lo anterior condujo durante el siglo XX a distinguir las obras defensivas como un *género arquitectónico*; a lo que Icaza Lomelí define como “un hecho arquitectónico donde por su identidad con su uso específico se puede formar un grupo común, ordenado, distintivo y original”¹²⁵.

De esta forma, Rodríguez Viqueira cuando hace referencia al género de obras militares, las conceptualiza como el establecimiento “a lo largo de la historia, [de] sitios y construcciones destinados a la protección y defensa, territorial y física, de individuos, grupos y sociedades en su conjunto”¹²⁶.

Asimismo, Icaza Lomelí define a la arquitectura militar como el “hecho arquitectónico que tiene como fin la actividad militar de defensa y ofensa de un ámbito ocasionado por sistemas de ataque por distintos medios y armas, asimismo, el de otros usos complementarios del espacio como los de producir, asistir, vivir y educar en tanto a la aplicación para su logro de una ciencia y técnica”¹²⁷.

Por otra parte, en el caso de fortificación, la definición contemporánea sería la de Tamara Blanes: “obra o conjunto de obras utilizadas para fortificar una ciudad o sitio cualquiera. Puede ser de carácter permanente o provisional, de campaña o marítima”¹²⁸.

¹²³ Noizet Saint Paul, *Elementos de fortificación*, Madrid, Imprenta real, 1818.

¹²⁴ Galindo Díaz, *Op cit*, p. 96.

¹²⁵ Leonardo Icaza Lomelí, “El género de arquitectura militar novohispana” en *Diario de campo. Patrimonio cultural. Problemas actuales*, suplemento 27 (2003) México, INAH, p. 89.

¹²⁶ Manuel Rodríguez Viqueira, “Arquitectura militar, génesis y tipologías”, en *Estudios de tipología arquitectónica*, México, UAM-A, 1996, p. 109.

¹²⁷ Icaza Lomelí, *Op cit*, p. 90.

¹²⁸ Tamara Blanes Marín, *Fortificaciones del Caribe*, La Habana, Letras Cubanas, 2001, p. 222.

De acuerdo con estas definiciones contemporáneas sobre el género de obras militares y fortificaciones, se deduce que, en la construcción de significaciones, prevalece la visión funcional de las obras, y el cumplimiento de los tres conceptos básicos de temática militar: fuerza, protección y defensa. La conceptualización de los términos arquitectura militar y fortificación será integradora de todos los saberes y factores que incidieron en la construcción de las obras, pues a lo largo de la historia, la balanza ha preponderado hacia el arte o la ciencia, pero la realidad de las obras, corresponde al histórico diálogo de saberes, entre sus proyectantes: los ingenieros y arquitectos militares, y su mano de obra, que en contextos diversos generaron las defensas de los pueblos, cuyo testimonio evidente está en las edificaciones que se conservan y en sus técnicas constructivas.

2.6 Técnicas constructivas en la arquitectura militar

Con fundamento en el marco de teorías que se ha argumentado con los tres ámbitos de conocimiento del tema: técnica, construcción y arquitectura militar, se plantea ahora que el objeto de estudio de esta tesis son las técnicas constructivas, entendiéndose como el proceso de una acción intencional que lleva a la toma de decisiones sobre el conjunto de procedimientos y recursos ejecutados durante la edificación. Dicho proceso presenta tres fases fundamentales: conocer, diseñar y hacer.

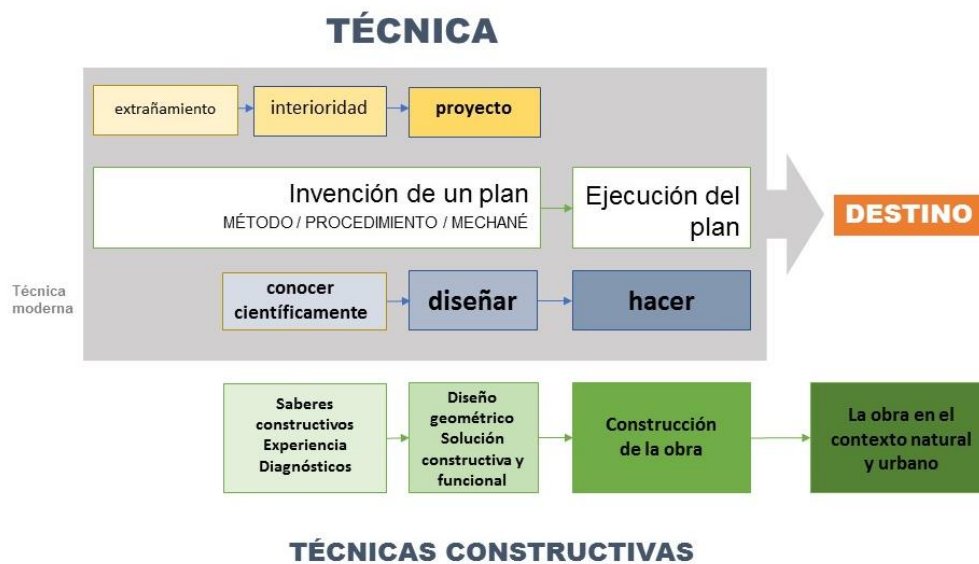


Figura 2. 3 Fases de la técnica y su identificación en las técnicas constructivas

Las técnicas constructivas se integran por la composición e interacción de un sistema técnico en donde se involucran agentes y medios en la búsqueda de alcanzar ciertos objetivos y fines. El desarrollo de este proceso sistematizado se realiza en un ambiente técnico que distingue a los principales elementos: los recursos materiales y humanos. Los

materiales de construcción, herramienta y equipo a disposición de arquitectos, ingenieros y mano de obra como albañiles, canteros, carpinteros y herreros. Las soluciones constructivas tienen características formales, dimensiones, proporción y cumplen las funciones básicas de durabilidad y estabilidad. Las técnicas constructivas se encuentran en los elementos de cualquier obra de arquitectura o ingeniería nueva o antigua.

Cuando las obras se realizan con el objetivo de defensa y protección que prevalece en la arquitectura militar, el ambiente técnico define claramente la intencionalidad de las operaciones técnicas y la toma de decisiones se basa en la realidad radical de los agentes involucrados y sus medios. De esta manera el sistema técnico que produce un elemento constructivo de un conjunto arquitectónico militar pertenece a su vez a un sistema técnico mayor que provee de las intencionalidades de control y dominio de un grupo social.

Las técnicas constructivas de la arquitectura militar en el siglo XVIII se gestaron en un ambiente técnico que planteaba nuevas formas de proceder basados en la filosofía de la técnica moderna, por lo que encontraremos en los conjuntos arquitectónicos y sus elementos las evidencias de la vinculación entre ciencia y técnica, lo cual a su vez nos conduce a insertarnos en el conocimiento como la fuente de saberes que impulsa las acciones.

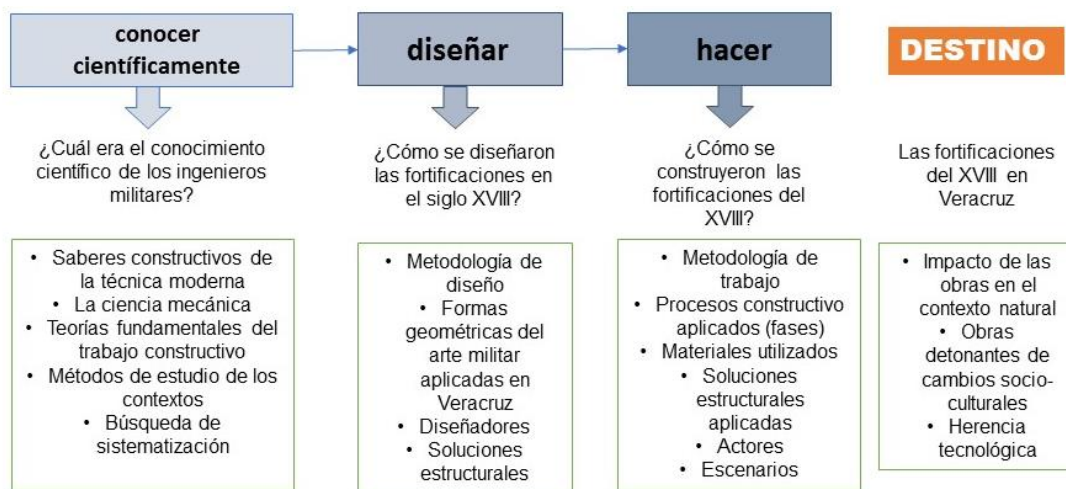


Figura 2. 4 Esquema para la identificación de las técnicas constructivas en la arquitectura militar del siglo XVIII.

Analizar las técnicas constructivas de la Edad Moderna implica acercarse al tema desde la visión de un sistema técnico mayor compuesto por el proyecto político de control y productividad de la Monarquía Hispánica, como agente intencional del sistema, y los avances científicos y técnicos como ese conjunto de saberes que propician los recursos y medios para el desarrollo de las estrategias de fortificación del grupo dominante. El sistema

CAPÍTULO 2
Ejes conceptuales

técnico menor dependiente del mayor tendrá los objetivos de edificar las obras de defensa utilizando los medios que le propician tanto el sistema técnico mayor, como el ambiente técnico de las diversas regiones donde se levantan las obras. Los agentes intencionales del sistema técnico menor son principalmente los ingenieros militares que con sus saberes y métodos de trabajo propios de la revolución científica, ejecutaron labores para alcanzar los fines propuestos con la mayor eficacia posible, haciendo uso de sus habilidades y conocimientos.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

**CAPÍTULO 3. AMBIENTE TÉCNICO DE
LA ARQUITECTURA MILITAR MODERNA**

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

3.1 Antecedentes constructivos

3.1.1 Murallas

La historia de las obras defensivas se ha vinculado estrechamente con el origen y desarrollo del ser humano, por lo que atendiendo a uno de sus primeros instintos y necesidades logró protegerse delimitando su espacio inmediato. Las primeras estructuras de delimitación fueron con barreras verticales indirectas que empezaron quizá con la diferencia del plano horizontal del suelo, posteriormente no sería suficiente y serían necesarios unos muros que más tarde se convertirían en gruesas murallas con talud para mantener su estabilidad.

La muralla, elemento característico de la arquitectura militar es la principal manifestación tipológica de las fortificaciones que se ha encontrado en los más antiguos asentamientos humanos y se relaciona con la revolución urbana. Es decir, la muralla es un elemento con la función de barrera vertical que surge a partir de la protección de una comunidad, un asentamiento organizado. Kostof¹²⁹ afirma que la ciudad ofrece una gama de ideas ambientales como son la calle, la plaza pública, la muralla defensiva y sus puertas. Entonces, la muralla inicia desde la antigüedad su desarrollo como la unidad básica de la tipología arquitectónica defensiva de una comunidad y que tendrá una evolución técnica relacionado con los recursos materiales e intelectuales con que la sociedad cuente, así como con los medios para ejecutarla.

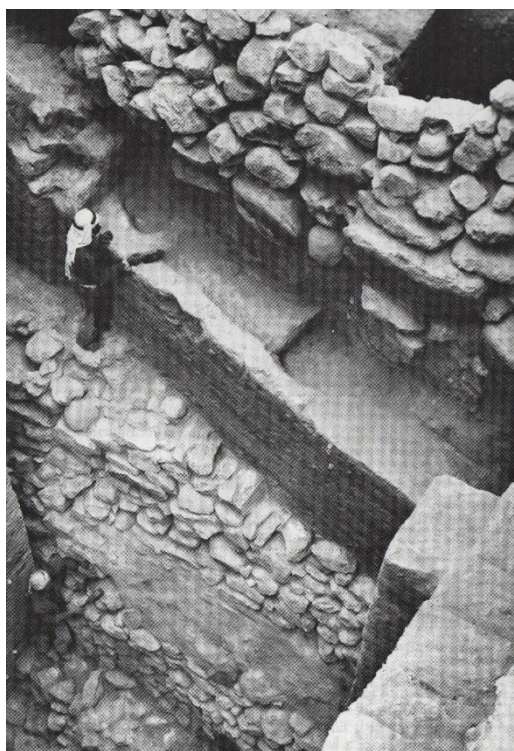
En consecuencia, la muralla será objeto de diferentes técnicas y procesos que han demostrado su eficacia para cerrar y proteger un espacio, pues pese a los distintos relatos míticos, la muralla es un recurso urbano y arquitectónico que sigue utilizándose hasta nuestros días, aunque quizá con diversos enfoques, contextos, sistemas constructivos y materiales.¹³⁰

El territorio geográfico y urbano fue el laboratorio donde se experimentó con las primeras técnicas para la conformación de las murallas; seguramente algunos casos no ofrecieron la durabilidad y resistencia buscada y los testimonios que actualmente encontramos en exploraciones arqueológicas corresponden a las que mejor respuesta tuvo, aunque se haya perdido la mayor parte de su extensión.

¹²⁹ Spiro Kostof, *Historia de la arquitectura*, Tomo I, Madrid, Alianza Forma, 1988, p. 82

¹³⁰ En ese sentido se considera que el muro que divide la frontera México – Estados Unidos de América, adquiere la significación de una muralla defensiva ante las migraciones, al sentirse la comunidad del norte, agredida social y económicamente por el paso de personas indocumentadas y establecer una barrera vertical que impida el acceso.

En cuanto a las soluciones constructivas se han encontrado desde palizadas, murallas de piedra, con núcleos rellenos, murallas de ladrillos secos, con revestimientos de cal o ladrillo cocido. Uno de los ejemplos más antiguos son las murallas de la antigua ciudad de Jericó, asentamiento datado entre el año 7000 y 7500 a.C. El testimonio de muralla encontrado se ha registrado como un elemento ciclópeo hecho a base de grandes bloques semiregulares de piedra en sus caras externas y un núcleo de mampostería ordinaria.¹³¹ La sección de la muralla posee dimensiones aproximadas a los 8 metros de ancho en su base y 12 metros de alto, con remate en forma de parapeto continuo. (Figura 3.1)



*Figura 3. 1 Estratos de la muralla de Jericó, ca. 7000 a.C.
Fuente: Kostof, Historia de la Arquitectura, Tomo I.,
Alianza Editorial, 1988, p. 80*

La significación de elemento defensivo conlleva a que la construcción de la muralla se realice con los materiales que garanticen la mejor resistencia posible, aún superior a los materiales de las viviendas, el espacio de cobijo de la familia. Esto es evidente en el caso de Jericó, las casas abovedadas de adobe eran protegidas por la muralla de piedra ciclópea reforzada con unos contrafuertes o torres semicirculares también de piedra. (Figura 3.2) La construcción de las casas con bloques de adobe corresponde a que la tierra era el material con el que más se contaba, pues la piedra era escasa y era utilizada solo para las defensas, para la cimentación de las viviendas o bien para otros fines extraordinarios.¹³²

¹³¹ Rodríguez Viqueira, "Arquitectura militar, génesis y tipologías" en Estudios de..., p. 116

¹³² Kostof, *op. cit.* p. 87



Figura 3. 2 Torre de la muralla de Jericó. Fuente: Kostof, Historia de la arquitectura, p. 86

En Mesopotamia, aproximadamente en el año 3000 a.C. se han localizado fragmentos de murallas construidas de ladrillos desecados y recubiertos de ladrillo cocido como el Palacio de Nippur¹³³, sistema similar al descrito en el libro de Génesis sobre la construcción de la Torre de Babel con ladrillos cocidos y betún. El uso del ladrillo desecado corresponde a la dificultad del suministro de piedra y su traslado, por lo que se trabajó con la elaboración de ladrillos desecados, pero para reforzar su consistencia se recubrieron del ladrillo cocido.

Entre los años 5000 y 3000 a.C. existen casos de revestimientos de caliza como en el poblado fortificado de Dimini¹³⁴, en Grecia, por lo que la técnica de revestir los muros o murallas empezó a ser común, basado en el objetivo de generar mayor durabilidad en los elementos evitando que el intemperismo afectara la consistencia del sistema constructivo, así como en busca de la propia resistencia del elemento ante probables ataques.

También en Mesopotamia se encuentra el complejo de Ishchali, datado c. 2000 a.C., en donde se encontraron testimonios de una muralla con refuerzos en el muro perimetral y torres flanqueando los accesos¹³⁵. Las murallas se construyeron con ladrillos cocidos y conforman ya figuras de planta regular.

¹³³ Vicente Flores Alés, "La arcilla como material de construcción en la Antigüedad" en *La técnica de la arquitectura en la Antigüedad*, Amparo Graciani Coord., Sevilla, Universidad de Sevilla, 2011, p. 71

¹³⁴ María Isabel Carretero León, "La piedra como material de construcción en la Antigüedad" en *La técnica de la arquitectura en la Antigüedad*, Amparo Graciani Coord., Sevilla, Universidad de Sevilla, 2011p. 61

¹³⁵ Rodríguez Viqueira, "Arquitectura militar génesis y tipologías" en *Estudios de...*, p. 118

Las fortificaciones egipcias de Nubia (1800 a.C.) corresponden a un sistema de defensa continuo en donde las fortificaciones están unidas por una red de caminos. Uno de los sitios fortificados es Buhen cuya fortaleza es un conjunto de planta rectangular con pequeños salientes en las esquinas, la muralla esta realizada con tierra compactada y adobe.



Figura 3. 3 Fortificación de Buhen. Fuente de imágenes:
<https://www.egypttoday.com/Article/4/51043/Buhen-Sunken-fortress-under-the-Nile>

La ciudad de Khorsabad (725 a.C.) en Mesopotamia desplantada con trazo regular con una muralla perimetral, fue delimitada con cambios de nivel de los planos horizontales y murallas adicionales. En este recinto fortificado son característicos el uso de almenados y el refuerzo de la muralla con ensanchamientos en forma de torres o torreones que sobresalen de ella. Así, los recintos fortificados compuestos por murallas se volvieron cada vez más complejos con varias líneas de estos elementos, refuerzos para asegurar la estabilidad y vigilancia, parapetos, almenas, revestimientos en sus paramentos, puertas para el acceso. Las estructuras masivas, majestuosas y monumentales fueron características de la delimitación de las ciudades antiguas.

Por otra parte, a pesar del uso de piedra, ladrillo o adobe, en otros lugares se utilizó la madera de los árboles, como en Europa central, donde ha sido común encontrar testimonios sobre el uso de palizadas; por ejemplo, en Biskupin (Polonia antigua) datada en 1660 a.C. Esta aldea ubicada a orillas del río Vístula es un asentamiento compuesto por espacios comunales y rodeado de palizadas de hasta cinco metros de alto, con elementos de acceso compuestos por una estructura de cajones de madera rellenos de piedra y tierra. En los paños exteriores se encontró un recubrimiento de arcilla, considerado por algunos investigadores como un material de protección contra el fuego.¹³⁶

La Edad de Bronce ofreció el mejoramiento de las herramientas para la labra de la piedra y en consecuencia tendremos ciudades levantadas en contextos rocosos que manifiestan la

¹³⁶ *Ibid.*, p. 119

manipulación estratégica del material. La región de la antigua Grecia es un ejemplo del uso de formas naturales con fines de defensa, es decir como emplazamientos ventajosos. “La imagen de la ciudad fortificada importaba tanto, [...] como la eficacia de su aparato defensivo. Las murallas no sólo debían ser seguras contra los ataques, sino que también debían tener un aspecto imponente...”¹³⁷.

Por ejemplo, en el asentamiento de Hattusa las murallas compuestas por una cortina principal y un primer muro pantalla menor, situado más abajo, se adaptaron a las curvas de nivel de la tierra y fueron construidas en un escarpado terraplén de tierra con un doble caparazón de mampostería ciclópea, tabicado con muros transversales y relleno con cascotes¹³⁸. En Huttusa se registra un sistema de suaves pendientes que conformarían lo que hoy se conoce como glacis que bordeaba la muralla principal. El complejo defensivo posee un túnel que llevaba a una puerta de acceso. La estructura del pasadizo se construyó con enormes piedras configurando una bóveda falsa. También en este complejo destaca el manejo de torres flanqueando el acceso compuesto por dos puertas hechas con dos monolitos curvados por su parte superior hasta conformar un arco.



Figura 3. 4 Interior del tunel de Huttusa. Fuente: <https://destinoinfinito.com/hattusa/>



Figura 3. 5 Vista del exterior del tunel de Huttusa. Fuente: <https://destinoinfinito.com/hattusa/>

La ciudad de Troya es otro ejemplo de recinto amurallado, pero en este caso encontramos en el primer asentamiento conocido como Troya I, que estaba delimitado por murallas de ladrillos secados al sol sobre una estructura maciza de cascote. Aunque se han registrado nueve ciudades superpuestas en este asentamiento y la lectura constructiva no es fácil, cabe destacar el uso de ladrillo secado al sol y los muros rastrillados que era una técnica egipcia basada en la intención de reforzar los grandes planos verticales de muros, son características de sus murallas. Por consiguiente, las murallas se construyeron con los recursos que se contaba en el contexto y que contribuyeran a su rápida ejecución y eficacia defensiva.

¹³⁷ Kostof, *op. cit.* p. 161

¹³⁸ *Idem.*

Asimismo, el avance tecnológico de las máquinas de guerra obligó también a que cada vez se incrementara el tamaño de las barreras, por lo que encontraremos en la antigüedad un aumento en espesor y la altura de las murallas, para lograrlo, Rodríguez Viqueira señala¹³⁹ que durante el periodo helenístico (338-146 a.C.) las murallas se estructuraron a base de cajones de mampostería rellenos de diferentes materiales y con un acabado externo de piedra colocada bajo la técnica de muro poligonal o ciclópeo; sin embargo, como hemos descrito ese sistema de muros de piedra en los paramentos exteriores y un núcleo relleno se ha encontrado desde las murallas de Jericó (7000 a.C.), y fue un principio constructivo que continuaría ejecutándose en periodos posteriores. En realidad, son los procesos, la técnica de corte, dimensiones, colocación y junteo de la piedra, así como la composición, compactación y refuerzos en el núcleo, lo que se considera puede establecer una variante con el paso del tiempo. El perfeccionamiento de las herramientas y la integración de argamasas, contribuyeron notablemente a establecer variantes.

Por otra parte, como se puede distinguir, las líneas de defensas se complementarán con más elementos como las torres, los pasos de ronda, parapetos, estribos y puertas como sistemas complejos de acceso y control. Todos los elementos se realizaron con una doble función: por un lado, optimizar la estructura física de la muralla y a la vez, mejorar el sistema defensivo. Así los sistemas de construcción de las torres al cerrar un espacio, incluir comunicaciones verticales, divisiones espaciales en niveles, requirieron del uso de otros elementos estructurales como cubiertas y entrepisos. Los accesos conformados por sistemas dobles de puertas demandaron también el uso de estructuras para la comunicación horizontal, la estructuración de vanos y los sistemas de control. En consecuencia, la muralla es un elemento que evoluciona de ser una unidad de barrera vertical componente de un sistema urbano a constituirse en sí mismo en un sistema defensivo continuo que presentará soluciones constructivas de apoyos corridos, cubiertas, entrepisos y otros elementos arquitectónicos.

Entonces, como parte de los complejos de murallas – torres – puertas, también se encuentran túneles que requirieron confinar las cámaras o pasillos de comunicación con la estructura de bóvedas falsas o uso de dinteles; las estructuras de entrepiso con un sistema horizontal de madera y rellenos, las estructuras de cubierta con madera o con bóvedas, los primeros puentes para el acceso, los dinteles y jambas estructurando la apertura de vanos y así hasta llegar al sistema abaluartado moderno, donde la estructura de las murallas reduce su altura y aumenta su espesor, y sus estribos de refuerzo se combinaron con las estructuras abovedadas de las casamatas permitiendo el incremento de su resistencia y estabilidad.

¹³⁹ Manuel Rodríguez Viqueira, *Arquitectura Militar, génesis y tipología*, México, Limusa, 2009, p. 36

3.1.2 Talayots

Calderón Quijano y Rodríguez Viqueira identifican el origen de los sistemas de fortificación en los “talayots” de piedra, testimonio de una incipiente forma defensiva prehistórica. Los talayots son construcciones de piedras de tamaño medio a grande, que forman estructuras con planta circular o cuadrada elevadas a manera de torre troco piramidales o cónicas, alcanzando una altura de hasta 9 metros aproximadamente. (imagen 2.3) Al parecer en inicio los talayots consistían en túmulos escalonados, pero a medida que avanza la Edad de bronce empiezan a construirse un gran número de torres troncocónicas realizadas todas ellas a base de enormes piedras ciclópeas, colocadas horizontalmente formando un talud. Incluso la cantidad de estas construcciones ha motivado la clasificación de las obras en base a las tipologías identificadas.

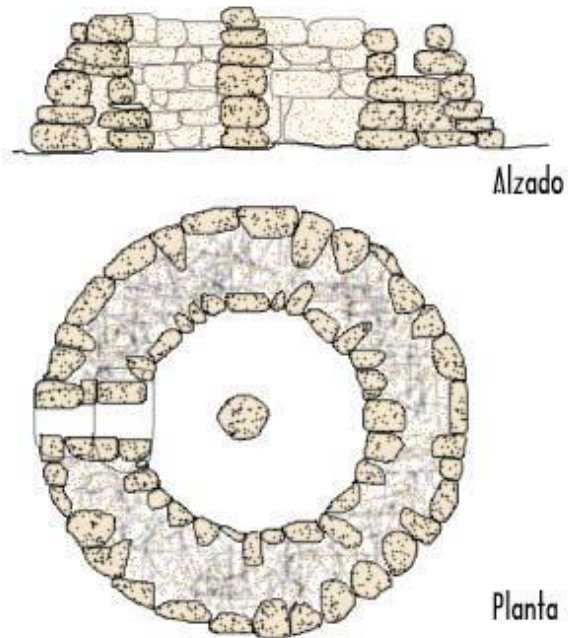


Figura 3. 6 Talayot. Fuente de imagen:
<http://www.spanisharts.com/arquitectura/imagenes/prehistoria/talayots.html>

Ubicados en la Isla de Menorca, en donde se localizan cerca de 250 ejemplos, según algunos arqueólogos, aunque otros afirman encontrar 500 piezas, las obras datan del año 2100 a.C. Las tipologías de talayots son variadas y, aunque los más abundantes son los de planta circular, también se han encontrado de formas rectangulares o cuadradas con columnas centrales para sostener los pisos superiores. Suelen tener una o varias cámaras en su interior, y en función de la distribución de éstas, los arqueólogos han establecido varias categorías. Aunque no se tiene la evidencia de su función, la interpretación más cercana los relaciona con construcciones defensivas ya que estaban levantados en posiciones estratégicas, siendo incluidos en ocasiones dentro de los lienzos de las murallas que protegían algunos poblados.

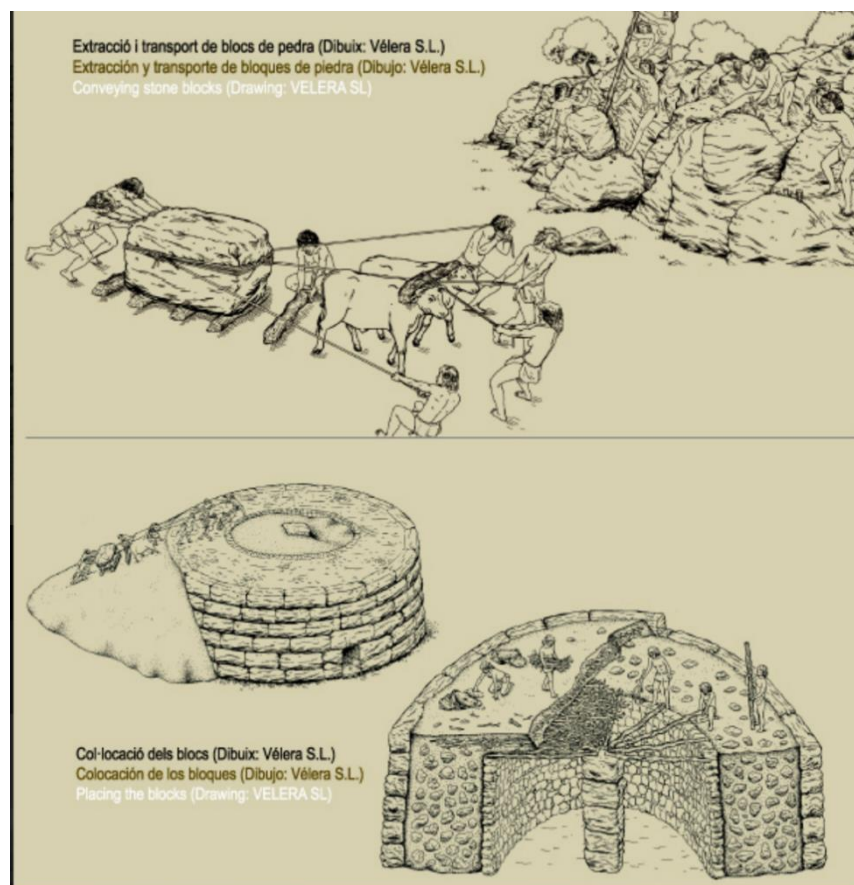


Figura 3. 7 Representación hipotética de la extracción, transportación de la piedra y conformación del muro circular y columna que estructuran los talayots. Fuente del gráfico: http://rutaarqueologica.sencelles.cat/es/son_fred.html

3.1.3 Castras

En Roma se han descubierto restos de lo que se llamó “castra”, el cual se considera una tipología defensiva compuesta por un conjunto de murallas y torres, hechas con sólidos sillares que corresponden al concepto de “asentamiento trazado con un diseño regular, de orden militar de acuerdo con los principios de la *centuriatio*”.¹⁴⁰ En algunos ejemplos de este tipo de construcciones se encontraron restos de lo que pudo haber sido una barrera hecha a base de palizada y un foso. “Los romanos utilizaron un sistema de fortificaciones llamado *castrum* o campamento, que en un principio se concibió como base de operaciones para las fuerzas que intentaban conquistar por asedio una ciudad”¹⁴¹.

Los castrum o castras eran de forma rectangular y estaban rodeados por un terraplén o muro, protegido a su vez por uno a varios fosos. El espacio estaba dividido por dos ejes

¹⁴⁰ Manuel Rodríguez Viqueira, *Arquitectura militar...*, 2009, p. 38

¹⁴¹ Mónica Cejudo Collera, *La influencia del tratado de Lupicini en la arquitectura militar en Nueva España*. México, Trillas, 2014, p. 104

principales y perpendiculares: el *decumanus maximus* y el *cardo maximus*¹⁴². Correspondiendo con los ejes se ubicaban en la muralla cuatro entradas, esta estructura tan sencilla fue adoptada gradualmente por los cuarteles¹⁴³, pues estos campamentos romanos inician con la función de ser un sitio para las tropas y aprovisionamiento de los ejércitos que dependían de la movilidad y punto estratégico en que se ubicaran. (Figura 3.8)

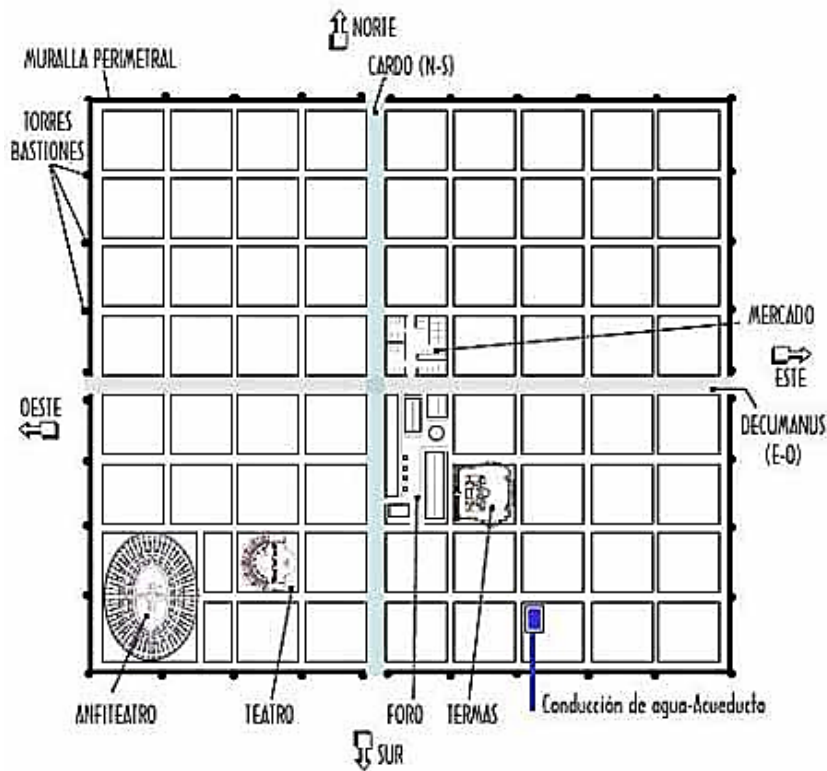


Figura 3. 8 Esquema tipológico de la castra o castrums romano

Las castras se convirtieron en ciudades cuando su emplazamiento fue favorable y perduraron los primeros siglos de la Alta Edad Media, lo que significa que no todos los castrum se conservaron, de hecho, la transformación de esta tipología defensiva requirió su ampliación y diversas modificaciones. En relación a las técnicas constructivas, las castras al estar compuestas por murallas, torres y puertas repetirán los sistemas constructivos descritos anteriormente, pues los romanos tomaron de los pueblos dominados, sus saberes constructivos y los replicaron en sus obras, básicamente lo que ellos hacían era coordinar la ejecución de los trabajos y los esclavos de los pueblos dominados fueron la mano de obra que con sus conocimientos empíricos repitieron los sistemas que ya conocían.

¹⁴² Rodríguez Viqueira, *Arquitectura...*2009, .p. 38

¹⁴³ Cejudo Collera, op. cit., p. 104

En busca de la optimización de los procesos constructivos, Castro Villalba señala que, como todo pueblo guerrero, los romanos en inicio construyeron sus muros a base de grandes piedras encajadas para resistir mejor los ataques. Los paramentos de estos muros fueron lisos y la talla de la piedra priorizó el encaje y cuatrapeo de las piezas que su horizontalidad. Sin embargo, a partir del mayor requerimiento de materiales para la construcción de los campamentos, se procedió a implantar un sistema de industrialización con menor costo. En consecuencia, una característica de los muros romanos serán las “fábricas construidas con criterios economicistas y con intención industrializadora”¹⁴⁴.

Con el objetivo de lograr la eficacia estructural de los muros en menor tiempo y esfuerzo, se desarrolló la técnica de diferenciar los elementos resistentes que transmiten cargas de los rellenos, así sólo eran necesarios los grandes sillares con un mejor trabajo de talla con el que levantaban los dos paramentos exteriores que se unían a través de un relleno y se ligan entre ambos muros exteriores por piezas voladas de la misma piedra o madera como lo señalaba Vitruvio. Un ejemplo de esta técnica se encuentra en las murallas de Toledo.

No obstante, en algunas zonas se construyeron los muros con adobes recubiertos por piedras diversas y revocos, como es el caso de Tarragona, en donde se han descubierto adobes muy bien fabricados en el interior de las murallas.

Lo cierto es que los romanos fueron excelentes constructores y desarrollaron diversos tipos de sistemas constructivos, teniendo entre otras aportaciones el uso de argamasas para el junteo de las piezas de piedra o ladrillo. Esto permitió a su vez una mayor resistencia en los muros y los componentes de cubiertas. Cabe recordar que la argamasa, es decir la mezcla de puzolana con mortero de cal, tiene propiedades hidráulicas y alcanza una notable resistencia a la tracción en comparación con el mortero de cal simple¹⁴⁵.

3.1.4 Castillos medievales

En la Edad Media se desarrolló la tipología defensiva del castillo. Las características constantes de esta arquitectura militar es un conjunto compuesto por murallas altas, torres y acceso, elementos que como hemos visto surgen en el proceso de desarrollo de la muralla, pero que en el caso de los castillos medievales conforman un recinto fortificado cerrado, emplazado en un terraplenado natural o artificial que contribuye a la defensa del complejo arquitectónico. La torre además pasa por un proceso de refuerzo estructural de las murallas antiguas a convertirse en una torre vivienda aislada, siendo la parte central y prioritaria de la defensa del conjunto, por lo tanto, los castillos del medievo se relacionan con la búsqueda de refugio y protección emergente.

El castillo también es parte de un sistema defensivo de aldeas o burgos en donde se complementan las defensas y el repertorio formal expresa el poder y resguardo a través de

¹⁴⁴ Castro Villalba, *Historia de la construcción arquitectónica...*, p. 50

¹⁴⁵ *Idem*, p. 47

la solidez de sus elementos. Bernard Rudofsky¹⁴⁶ exalta los lazos entre arquitectura y el ambiente natural en los castillos, como punto focal del paisaje en donde son acentos topográficos, sobre todo en aquellos castillos con roca aparente, suspendidos acrobáticamente en la cima de un monte. Rudofsky señala, el toque feudal, lo da un acantilado, meseta o bosque en donde se impone con el poderío que representa como un rascacielos orgánico.

Aunque cabe destacar que los castillos no son la única tipología militar medieval, pues en un análisis morfológico de las construcciones de este periodo Gil Crespo clasifica los siguientes grupos: atalayas y torreones, castillos y fortalezas, villas y recintos amurallados, casas-fuerte, iglesias fortificadas.¹⁴⁷ Asimismo, Rodríguez Viqueira¹⁴⁸ clasifica la tipología de castillos en torre normanda o *donjon* que integra dos elementos fundamentales en la torre: el palacio y el refugio; el *bergfried* o torre de última defensa, en donde el último refugio se resuelve con una torre de imponentes dimensiones y la vivienda se ubica en un palacio sin elementos defensivos; y por último, distingue el *shell keep*, una solución que se limita a la muralla con sus torreones y la protección de acceso.

En cuanto a las técnicas constructivas, Viollet Le Duc señala que, en los primeros tiempos de la Edad Media, la ejecución de las construcciones militares, así como el empleo de sus materiales eran “más imperfectos que en las romanas, pero los procedimientos son los mismos: torres y cortinas se componen únicamente de macizos de relleno revestidos de mampostería menuda o sillarejo.”¹⁴⁹ Con ello estamos ante la continuidad de un principio constructivo: el aumento de las dimensiones de las murallas con núcleos rellenos de materiales accesibles en el contexto geográfico.

Sin embargo, las fortificaciones se construirán no sólo de piedra, sino también basados en el sistema de tapia de tierra y en tapia de cal y canto o mampostería encofrada¹⁵⁰ como se ha encontrado en España y otras regiones de Europa. La técnica de la tapia de tierra es muy antigua, pues cuando los romanos llegaron al territorio español encontraron este sistema y lo conservaron. Cabe recordar que los romanos adoptaron los sistemas de los territorios conquistados por lo que continuaron construyendo su arquitectura con tierra. El uso de la tapia de tierra implicó una gran ventaja en la arquitectura militar, pues se lograba construir fortalezas en poco tiempo y con pocos recursos. Tras la caída del imperio romano, la técnica permaneció y se retomó durante la invasión musulmana. “La tapia de hormigón, de cal y canto o mampostería encofrada fue una de las técnicas constructivas habituales en la España Medieval [...] durante los siglos XII y XIII.”¹⁵¹

Gil Crespo en su investigación doctoral ha propuesto tres grupos crono-tipológicos de acuerdo con los momentos de construcción encofrada en la arquitectura militar medieval

¹⁴⁶ Bernard Rudofsky, *Constructores prodigiosos*. México, Editorial PAX MEXICO, 2007, p.205

¹⁴⁷ Gil Crespo, *Fundamentos...*, pp. 209-210.

¹⁴⁸ Rodríguez Viqueira, *Arquitectura militar...*2009, pp. 47-52

¹⁴⁹ Viollet Le Duc, *La construcción medieval...*, p. 247

¹⁵⁰ Gil Crespo, *Fundamentos...*p. 465

¹⁵¹ Gil Crespo, *Fundamentos...* p. 470

ibérica: la fortificación hispanomusulmana, la fortificación castellana de los siglos XII-XIII en tapia de cal y canto, y la fortificación cristiana bajomedieval en tapia de tierra.



Figura 3. 9 muros de tapia de tierra en las ruinas del castillo de Serón en Soria, España. Fuente: https://listarojapatrimonio.org/ficha/castillo_de_seron_de_nagima

En algunas regiones de Inglaterra, durante el siglo XII, se llevaron a cabo procedimientos constructivos particulares en las obras defensivas. Por ejemplo, Viollet Le Duc destaca la sustitución de la masa de relleno de cascote y mortero por los apoyos unidos mediante arcos de descarga en cortinas y torres obteniendo conjuntos con unas partes más resistentes que otras, e independientes “para evitar que un ataque a la base dé lugar a la caída de grandes trozos de muro”.¹⁵²

La arquitectura medieval fue un depositario de la herencia constructiva y cultural de la antigüedad y de las realizaciones técnicas orientales importadas por los cruzados. Las variantes a los sistemas antiguos corresponden a las diferentes influencias de los grupos sociales que se organizaron y ejecutaron las técnicas. El medieval, representa además de la técnica constructiva la organización de los gremios y de la mano de obra, aunque en la arquitectura militar no se demuestra como en las catedrales y grandes monasterios, ciertos detalles nos indican la reutilización de soluciones técnicas y el trabajo de los artesanos, el mejoramiento de las técnicas de labrado de la piedra, talla y ensamble de la madera y la complejidad de los recursos.

En cuanto a la organización de la mano de obra, ocurre un fenómeno diferente en relación con las obras religiosas del medieval, en donde la fe y la voluntad motivaban la participación. Por el contrario, en la arquitectura militar, continúa siendo el trabajo forzado o cuando menos condicionado el principal empuje de la mano de obra. A finales del siglo XI los normandos establecidos en occidente emplearon en la construcción de sus fortalezas la

¹⁵² Viollet-Le-Duc, *op. cit.*, p. 247

movilización de grupos de personas que habían sometido, y así, Guillermo el Conquistador cubrió Inglaterra y parte de Normandía de fortalezas de fábrica.

Otro aspecto a considerar es que en los complejos fortificados, la búsqueda del confort fue también una necesidad ante las largas temporadas de estancia de las familias de nobles, por mencionar algún ejemplo, el Castillo de “Guadamur, cerca de Toledo, está equipado con el sistema de calefacción desarrollado por los romanos clásicos, y otro castillo español, el de Peñafiel, en la provincia de León, tenía conductos de ventilación que llegaban a los almacenes subterráneos.”¹⁵³ Estas soluciones aunque aisladas son la evidencia del uso de tecnología antigua en la arquitectura medieval.

3.2 Fortificación abaluartada

En la Edad Moderna, evolucionaron progresivamente los sistemas defensivos. “La llamada fortificación de los tiempos modernos comenzó en el siglo XV con la revolución técnico-constructiva ocasionada por la aplicación de la pólvora, y nace el “arte” del sistema abaluartado que perduró hasta finales del siglo XVIII”¹⁵⁴. Si bien es cierto que la revolución precientífica impulsó un interés general por las ciencias y artes, no sólo en el conocimiento, sino también en la aplicación de los saberes, en el ámbito militar el uso de la pólvora obligó a dar el giro apresurado a la forma de adaptarse, diseñar y construir las obras. Generalmente, los avances científicos no se ven reflejados en cambios inmediatos en la construcción, sin embargo, para la arquitectura militar significó una necesidad estar preparado ante la presencia del cañón en el campo de batalla.

Las obras defensivas medievales se enfrentaron a los nuevos cañones que con suma rapidez y efectividad podían abrir brecha y derribarlas. La altura de las murallas y torres era una desventaja pues las hacía fácilmente atacables por las balas de cañón y la destrucción de los elementos propiciaba que los escombros funcionaran como rampas de acceso al enemigo. En consecuencia, la ingeniería militar se enfocó en buscar soluciones a las nuevas formas de ataque, por lo que las primeras acciones fueron¹⁵⁵ disminuir la altura de la muralla y ensanchar la base para formar un terraplén que permitiera utilizar en su adarve la artillería de cañón para la defensa. Con estos cambios los matacanes medievales se transforman en parapetos compuestos por merlones y troneras. Tanto para resistir la artillería como los empujes de los rellenos del terraplén, fue necesario construir las murallas en talud.

Además, la defensa se reforzó sustituyendo las antiguas torres por los baluartes, elementos que se convirtieron en el principal recurso defensivo del sistema moderno, añadiéndose exteriormente a plazas y castillos ya construidos, sea con materiales rápidos o

¹⁵³ Rodofsky, op. cit. p. 223

¹⁵⁴ Cejudo Collera, op. cit., p. 110

¹⁵⁵ Sanz, op. cit., p. 55

permanentes, en los puntos más débiles¹⁵⁶. El baluarte sale de la muralla para el flanqueo de esta, y su forma pentagonal se define en base a la traza del conjunto.

Así es como a partir de la necesidad de transformar las fortificaciones, aparecen también los teóricos de la arquitectura militar, quienes proponen nuevos diseños y construcción de las obras defensivas para perfeccionarlas. Un nuevo conjunto de saberes especializados comenzó a estructurarse, con las principales aportaciones tomadas de los tratados que reflejaron tanto una experiencia acumulada por siglos, como los fundamentos de los nuevos conocimientos basados en las ciencias matemáticas y física.

El proceso de desarrollo de la arquitectura militar en tiempos modernos se ha analizado a partir de la influencia de tres diferentes escuelas del arte de la fortificación: la Escuela Italiana durante el siglo XVI; la Escuela flamenca, en el siglo XVII; y, la Escuela Francesa en los siglos XVII y XVIII. En estos periodos se desarrollará un perfeccionamiento de los diseños poliorcéticos, en donde los ingenieros militares fueron los protagonistas de los saberes teóricos y prácticos.

La idea inicial para la traza de las fortificaciones se ha atribuido a Pietro di Giacomo Cataneo en el siglo XVI, cuya propuesta refiere la composición basada en un polígono que radialmente puede multiplicar las formas de su perímetro en donde se combinan baluartes y cortinas. Como puede destacarse ese planteamiento se basa en un diseño geométrico lo que posiciona a esa disciplina en el punto de partida de la composición arquitectónica militar.

El proyecto respondió a través de un perfeccionamiento en el dominio de las formas geométricas básicas, sus axialidades como pautas para el diseño, el manejo de varios planos horizontales, la evolución del baluarte y la integración de obras exteriores, todo en conjunto fue la coyuntura para que los elementos arquitectónicos fueran perfectamente analizados y proporcionados con el objetivo de resistir a los asedios. El proyecto es el resultado en sí del racionalismo compositivo.

La transformación poliorcética repercutió mucho más en la morfología de la arquitectura militar y su disposición en el terreno, que a lo referente a sus sistemas constructivos. La separación del técnico del obrero, característica de la Edad Moderna también influyó en que la labor del ingeniero proyectista fuera intelectual y sus resultados se reflejaron principalmente en las composiciones de la arquitectura militar con un análisis profundo de las líneas de defensa y ataque.

Por el contrario, en la práctica constructiva el primer impulso del renacimiento fue el rescate de los modos romanos de construir, devolviéndole al oficio todas las técnicas de la albañilería.¹⁵⁷ Sin considerarse como un retroceso, sino bajo la visión de valoración técnica de los procedimientos antiguos, el criterio general de las técnicas constructivas se basó en

¹⁵⁶ Juan Carrillo de Albornoz y Galbeño, "La fortificación abaluartada. Siglos XVI al XVIII" en *Poliorcética Fortificación y Patrimonio (Asalto y defensa de plazas fuertes)*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 2005, p.39

¹⁵⁷ Castro Villalba, *op. cit.*, p. 265

la repetición de los procedimientos antiguos siguiendo las recomendaciones que los tratadistas recuperaron de las obras clásicas principalmente. Tanto esa situación como el hecho de que aún no se inventaran nuevos productos industrializados para construir, generó que los materiales utilizados en las obras de arquitectura militar durante la Edad Moderna fueran los usados con anterioridad: piedra, ladrillo, madera, yeso y cal.

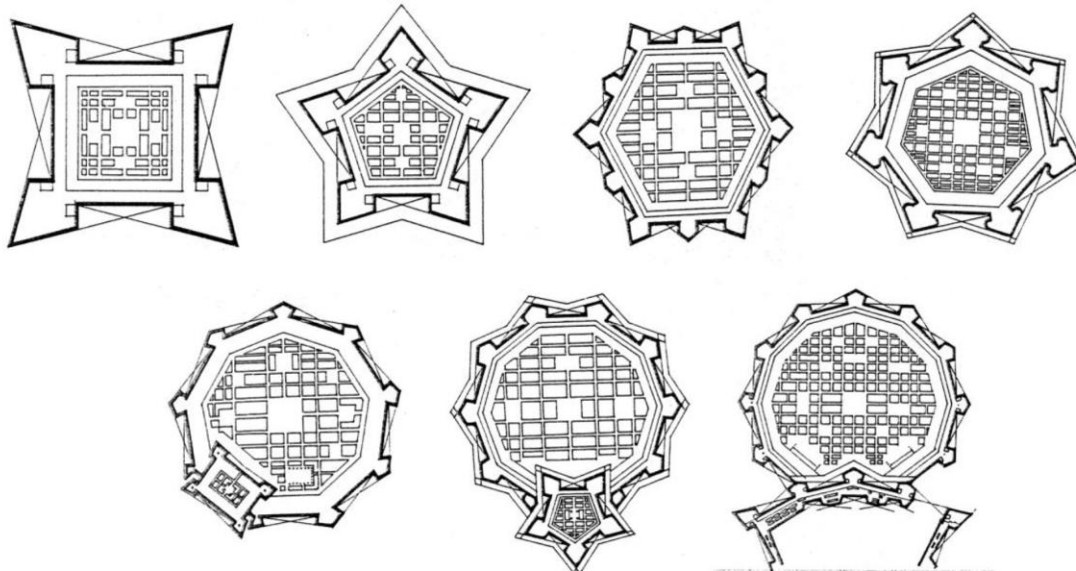


Figura 3. 10 Pietro Cataneo, Prototipos de la ciudad fortificada.

En el siglo XV, lapso de transición de la fortificación, se distinguen tres soluciones técnicas según los materiales de construcción¹⁵⁸:

Cortinas y bastiones de tierra y madera: primera respuesta en el siglo XV a la evolución de las técnicas de ataque surgió una solución temporal necesaria para ubicar los cañones durante un asedio sobre terrazas niveladas elaboradas con estructura de troncos rellenas con piedras y tierra apisonada.

Cortinas y bastiones de técnica mixta: el siguiente paso evolutivo se caracteriza por una estructura de madera rellena de tierra y piedra no labrada. Las partes exteriores de la muralla se levantaron con piedra. El sistema integra una línea de defensa de menor altura para el uso de artillería en su corona. Además, se construyó una plataforma a base de compactación de tierra y piedra no labrada, que a su vez sirve de cimiento de otra construcción hecha de mampostería.

Cortinas y bastiones de mampostería: las construcciones tienen carácter permanente; los bastiones y torreones presentan un basamento escarpado y coronado por un cordón

¹⁵⁸ Rodríguez Viqueira, *Arquitectura Militar...*2009, pp. 77-80

continuo de piedra, sobre el cual continúan los parapetos almenados. Tanto la estructura como los muros están hechos de mampostería.

A partir del siglo XVI se va racionalizando el uso de los materiales en relación con la función defensiva de los elementos. La muralla formada por un terraplén de tierra apisonada, revestida de un muro que le daba mayor consistencia, además de dimensionarse para resistir los empujes, condicionaba su resistencia al uso de los materiales con los que se construyeron tales revestimientos, es decir, cuando era de piedra su espesor podía ser menor que cuando se empleaba ladrillo¹⁵⁹. Y esos criterios se auxilian de los tratadistas que ofrecieron tablas indicadoras de los espesores a considerar tanto si era de piedra como si eran de ladrillo, así como su inclinación.

La experiencia militar también retroalimentaba los saberes, en principio los tratadistas consideraron que el ladrillo era más resistente, pues el muro de piedra tenía el inconveniente que el impacto afectara a los sillares inmediatos, sin embargo la construcción con piedra, era más rápida y económica, por lo que posteriormente se recomendaron sillares grandes para la parte inferior de las murallas, argumentando que no podían ser removidos con palancas, mientras que la parte superior se recomendó el uso de sillarejos o ladrillo para evitar que el impacto de las balas de cañón desmonte grandes áreas del muro. Para los terraplenes se usaba la tierra del sitio, fundamentalmente la extraída en la excavación del foso, por lo que los ingenieros tenían que calcular los volúmenes de excavación, rellenos, cuantificación de materiales como piedra y ladrillo en sus diferentes dimensiones.

La argamasa o mortero se hacía mezclando cal, arena y agua de acuerdo con la calidad de los materiales. La mezcla¹⁶⁰ más común era de tres partes de arena por dos de cal, aunque si la arena era muy grasa, la proporción tendría que ser con dos partes de arena y una de cal, o si la cal era de baja calidad se igualaban las proporciones.

En la fabricación de ladrillos se recomendaba el empleo de los recursos locales considerando que la calidad del material podría mejorarse con medidas como las recomendadas por los ingenieros, entre las que destaca aguardar dos años después de la fabricación del ladrillo para su utilización. Entonces se distingue el tiempo como un factor importante en la conformación de una fábrica de buena calidad.

Con lo anterior, se demuestra que, si bien los materiales base son los mismos que los usados anteriormente las técnicas se van perfeccionando de acuerdo con cada elemento, tanto por su geometría como a su función.

En ese sentido, la forma de construir en la arquitectura militar también buscará sistematizarse para lograr la ejecución organizada, ágil y efectiva de las obras, pues las continuas amenazas de piratas o guerras entre las monarquías obligaron a generar respuestas rápidas. Al igual que los romanos, los nuevos constructores conciben el

¹⁵⁹ Carrillo, *op. cit.* p. 52

¹⁶⁰ *Ibid.*, p. 53

suministro del material como un factor importante para el avance de las obras, de manera que una de las soluciones apropiadas fue incrementar el uso del ladrillo, material que, si los recursos inmediatos le permitían, se podía producir a gran escala y permitiría la configuración de las nuevas composiciones geométricas.

En España desde finales del siglo XVI y a lo largo del siglo XVII se impuso la albañilería en forma definitiva y la cantería sólo se mantuvo a través de las obras públicas, pues el uso cada vez mayor del ladrillo, que ofreció la ventaja de sustituir los plementos de piedra por cascotes cerámicos, tabicados o a sardinel se convierte en la fórmula habitual extendida en todo el ámbito geográfico peninsular. Por ejemplo, se facilitó el uso de las bóvedas de crucería, ya que tenían la ventaja de calcularse el contrarresto necesario con seguridad y exactitud, así que el uso del ladrillo además de agilizar la construcción de bóvedas de cañón a prueba de bomba a través de roscas también fue óptimo para la ejecución de las bóvedas de arista, estructura que ofreció el ajuste y conexión espacial y constructivo necesarios en los nuevos diseños arquitectónicos.

Así se va estableciendo una coyuntura en la construcción militar, pues por un lado el conocimiento científico fortaleció el desarrollo de la geometría y los procesos de composición arquitectónica, y por otro el regreso a las soluciones romanas recordó el legado de los elementos arqueados de la arquitectura clásica. La principal aportación de los romanos, el arco y sus derivados, bóveda y cúpula, serán los elementos que con una geometrización proyectada por los ingenieros militares conlleven a las nuevas técnicas constructivas puestas en práctica con materiales como el ladrillo, de fácil ejecución.

Por otra parte, la separación renacentista del constructor obrero y el técnico generó otra dinámica en la ejecución de las obras. Como se ha mencionado, la cantería pierde campo de desarrollo a nivel general, y aún en la arquitectura militar a pesar de requerirse el oficio, no es necesario un alto nivel artístico y ni la participación intensa de los gremios al estilo medieval, pues las tallas ornamentales se reducen a las portadas y pequeños detalles, y en todo caso, se enfatizan las dovelas y plementos si se ha de continuar con el uso de cantera. En consecuencia, en la arquitectura militar se fortaleció la figura del maestro de obras, conocedor de los saberes de la albañilería que en muchos casos incluye la carpintería y la cantería, pero eso sí, nunca en una jerarquía que sobrepase al ingeniero militar, el protagonista de la construcción y los saberes.

La expansión de los territorios ofreció una gama de materiales y el enriquecimiento de las técnicas y organización del trabajo. Los nuevos dominios obligaron al reconocimiento de las técnicas tradicionales y de los materiales de los nuevos contextos. Así se fomentó el diálogo con las tradiciones locales, desde la selección de materiales de construcción hasta técnicas concretas, los constructores se enfrentaron a explorar las canteras, los bancos de arena, conocer las cualidades de las maderas endémicas y aprender de las mezclas de cal de uso local.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz



Figura 3. 11 Castillo de los tres reyes del Morro, La Habana, Cuba.

Durante el siglo XVIII las tipologías de la arquitectura militar son claras, el sistema abaluartado se consolidó y la enseñanza del arte de fortificación se sistematizó a través de las academias. A su vez, la práctica constructiva había dotado de un nuevo lenguaje a la arquitectura militar. Las obras más destacadas combinaron magistralmente la composición geométrica y la manera de utilizar los materiales. Los cortes en la talla de las piedras, los aparejos de los elementos de ladrillo, los pavimentos, los puentes, y todas las estructuras demostrarán el dominio y perfección de técnicas. El conocimiento de los ingenieros militares impulsó su participación a todo tipo de obras civiles, por lo que la trascendencia de saberes permeó diversos ámbitos constructivos. Las nuevas formas trazadas pasan del papel a la realidad, y se convierte en la principal aportación de la arquitectura de la ilustración.



*Figura 3. 12 Vista aérea de San Fernando de Figueras, obra representativa del máximo desarrollo de la arquitectura militar del siglo XVIII. Fuente de la imagen:
<https://bellumartishistoriamilitar.blogspot.com/2013/11/castillo-de-san-fernando-en-figueras.html>*

3.3 Arquitectura militar moderna

3.3.1 Escalas de la arquitectura militar moderna

La arquitectura militar moderna correspondió a sus principales objetivos de defensa y ataque con conjuntos de diversas escalas territoriales. El contexto político y geográfico de la zona a fortificar delimitó las soluciones arquitectónicas en obras preexistentes o en los nuevos planteamientos. Las obras se proyectaron como parte de una estrategia militar. Durante el siglo XVIII en la dinámica de clasificación y sistematización del conocimiento que caracterizó al periodo histórico ilustrado, Pedro Lucuze¹⁶¹, director de la Academia de Matemáticas de Barcelona, dividió a las obras de arquitectura militar en función al control que ejercen dentro de un territorio: Plazas, Ciudadelas, Castillos, Fuertes.

La plaza: es toda aquella obra defensiva que contiene tanto a la población o villa y a las tropas empleadas para su defensa.

Las ciudadelas: son dentro de la tipología de las obras defensivas las no deseadas ya que su función principal es controlar los desórdenes internos de una villa. Estas obras pueden realizarse de forma aislada o adosadas a las plazas.

Los castillos: son todas aquellas obras que, como se ha mencionado, corresponden a las defensas antiguas con una tipología de foso, torres y murallas altas.

Los fuertes: son obras pequeñas formadas algunas veces por cuatro baluartes que se utilizan para la protección de caminos, lugares estratégicos o cerca de la costa.

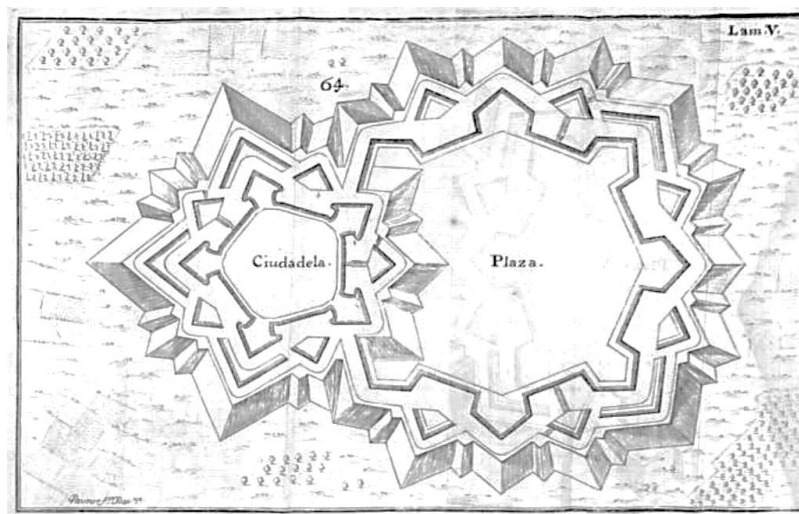


Figura 3. 13 Lámina V del Tratado Principios de fortificación... de Pedro Lucuze, 1772.

¹⁶¹ Pedro Lucuze, *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortaleza*, (Tratado militar), Barcelona, 1772, p. 30

En la milicia, la constante movilidad estratégica de los ejércitos generó que las obras se visualizaran desde una perspectiva de permanencia temporal o definitiva, por lo que el criterio de temporalidad se definía por los términos de obras de **campana** o **permanentes**.

El establecimiento de los sistemas de fortificación permanente se fundamentaba en principios rectores como la necesidad de defensa de un sitio, pues eran obras de gran magnitud cuya construcción debía estar completamente justificada; la inexpugnabilidad, era otra característica que se requería y por lo que se realizaban simulaciones de estrategias militares para así comprobar el tiempo de resistencia del ejército en combate con el enemigo; otro principio era la solidez de su estructura y junto con el orden geométrico, se combinaban para denotar la riqueza técnica de las obras permanentes.

Cabe destacar que Lucuze, refiere como castillo a la construcción medieval, sin embargo, el uso del término se ha extendido constantemente incluyendo obras de fortificación moderna, por lo que se encuentran nombrados como castillos a las fortificaciones permanentes abaluartadas. Este uso genérico de la expresión quizá se ha basado en las remodelaciones de castillos a fortificaciones modernas, o bien en la importancia de la obra militar dentro del contexto geográfico, pues si en el medievo, el castillo fue la obra central de las sociedades feudales, en la edad moderna, encontraremos que la fortaleza también lo era para las monarquías. Aunque la jerarquía política de ambos espacios incluía a un gobernador o castellano, la diferencia entre la fortaleza moderna y el castillo medieval radica en su tipología arquitectónica y su función militar.

No obstante, es conveniente señalar que en el manejo común de esos términos se encuentra una gran ambigüedad, que confunde la escala de la obra arquitectónica. Así encontramos que el término “fortaleza” se utiliza para señalar a un recinto amurallado abaluartado, como las plazas, los fuertes e incluso las ciudadelas. Esta expresión hace alusión a su principal característica de espacio defensivo, que de manera general distingue las obras de la fortificación abaluartada permanente de un castillo medieval. Alfaro Guixot puntualiza que “fortaleza” es una fortificación moderna que corresponde “tecnológicamente a las necesidades propias de la evolución de la artillería y han estado al servicio exclusivo de los intereses políticos y estratégicos de los estados modernos”¹⁶².

Así tenemos que, por las características de la tipología, las zonas y obras que se incluyen en los conjuntos arquitectónicos, las fortalezas son construcciones de gran complejidad y composición espacial y estructural. Son obras con un carácter imponente, por su dominio y control del contexto que denota a través de sus formas las soluciones de ingeniería aplicadas.

¹⁶² Juan Manuel Alfaro Guixot, *Dos horas en... El Castillo de San Fernando de Figueres*, Barcelona, Les Fortaleses Catalanes, 2010, p. 16

3.3.2 Géneros

Asimismo, Lucuze estableció que “las obras de una Fortaleza se consideran de cuatro géneros ó clases, según su importancia, respecto que pueden ser *esenciales, convenientes, accidentales, y accesorias*”¹⁶³

Tabla 3.1. Obras de una fortaleza militar según Pedro Lucuze	
Género de obras militares	Componentes
Obras esenciales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muro ▪ Foso ▪ Camino cubierto ▪ Glacis o explanada
Obras convenientes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flancos retirados ▪ Orejones o espaldas ▪ Tenazones ▪ Revellines ▪ Contraguardias ▪ Plazas de armas atrincheradas o lunetos ▪ Flechas ▪ Lenguas de sierpe ▪ Contraminas
Obras accidentales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caballeros ▪ Plazas altas y bajas ▪ Falsabraga ▪ Coronas ▪ Hornabeques ▪ Tenazas ▪ Bonetes ▪ Baluartes destacados ▪ Reductos ▪ Guardarrenes ▪ Espaldones
Obras accesorias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garitas ▪ Cuerpos de guardia ▪ Puertas ▪ Puentes ▪ Rastrillos ▪ Caponeras o comunicaciones ▪ Cuarteles ▪ Almacenes ▪ Cisternas ▪ Hospitales ▪ Arsenal ▪ Iglesia

3.3.3 Elementos arquitectónicos constantes

Las escalas y los géneros de la arquitectura militar moderna expresan un lenguaje arquitectónico característico de las obras de la época, el cual presenta de manera constante ciertos elementos como son: **baluartes, cortinas, plaza de armas, foso, camino cubierto, glacis, revellín y garitas**. Una revisión a cualquier tipo de obra, sin considerar a qué género

¹⁶³ Lucuze, *op. cit.*, p. 24

o escala pertenece, por el hecho de mostrar un baluarte o una garita, una cortina en talud o un revellín, se relaciona con el tipo de fortificación moderna.

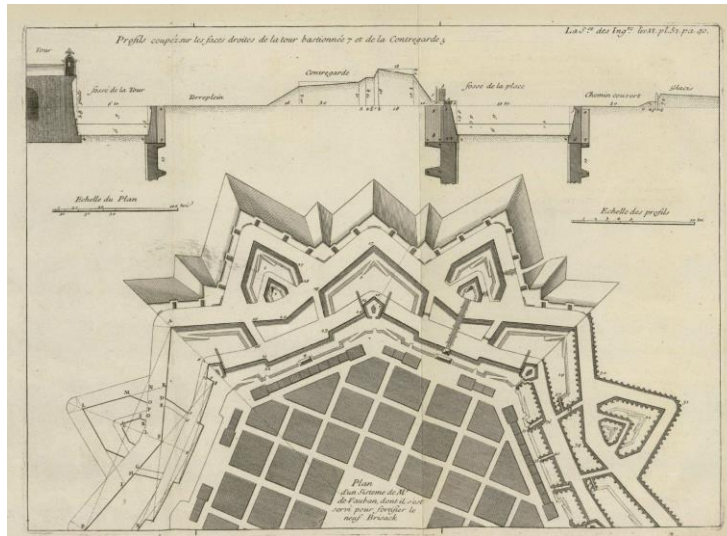


Figura 3. 14 Plano 52 del Tratado La ciencia de los ingenieros de Bédidor, 1729

A su vez, los elementos arquitectónicos establecen un subsistema de componentes que se ha diseñado conforme a las necesidades de defensa y ataque. La forma, composición y solución constructiva corresponde a su función militar y los componentes se articulan en una sola dinámica dentro de todo el conjunto defensivo.

Los baluartes y las cortinas son los elementos principales de la fortificación moderna que establecen un frente abaluartado con cañoneras, merlones, banquetas de tiro, antepecho, rodillas, cordón magistral, aspilleras, camino de ronda o adarve, barbetas y poternas. Además, la mayoría de los baluartes de la arquitectura militar moderna presenta garitas en sus ángulos capitales que le dan el ejemplar énfasis estético a las obras.

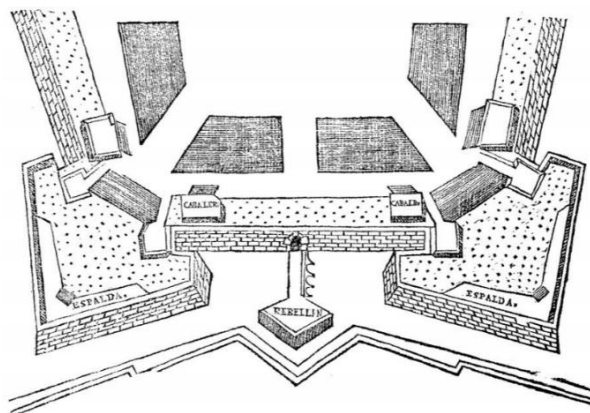


Figura 3. 15 Frente abaluartado, Tratado Teórica y práctica de fortificación de Cristóbal de Rojas, 1598, p. 72v

Los al recinto

elementos periféricos cerrados por la muralla

son el foso delimitado por la escarpa y contraescarpa, camino cubierto, banqueta, parapeto, glacis o explanadas. Estos elementos que rodean a la muralla son generalmente limitados por la perspectiva de dominio del ataque y defensa y poseen formas angulares que a la vez se combinan con otras obras complementarias y defensivas exteriores como son el revellín, orejones, tenazas, baterías, reductos, fortines, caballeros, puentes, minas y contraminas.

De todos los elementos arquitectónicos que forman parte de los conjuntos defensivos, sin lugar a duda el baluarte fue el principal recurso en la composición que incluso se conoce como sistema abaluartado, y que sustituyó a las torres medievales. El baluarte fue definido por el diseño de un elemento pentagonal, conformado por dos caras, dos flancos y una línea de gola por la cual se entra al bastión. El baluarte sale de la muralla para el flanqueo de esta y sus ángulos se definen en relación con la dirección de los tiros del cañón para no dejar ningún punto ciego.

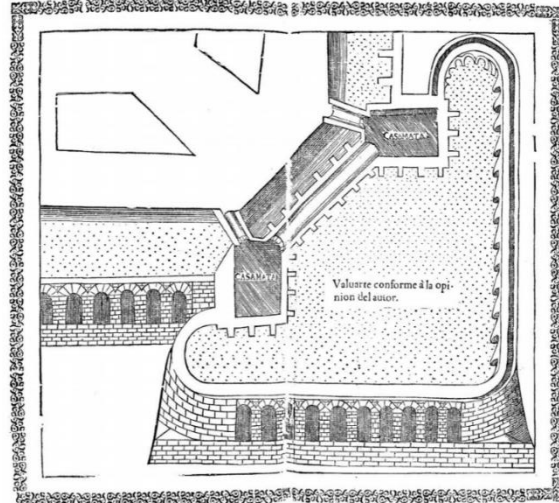


Figura 3. 16 Baluarte conforme a la opinión del autor, *Tratado Teórica y práctica de fortificación de Cristóbal de Rojas, 1598, p. 75v*

Juan Carrillo de Albornoz¹⁶⁴ contrasta el significado de la palabra baluarte, y señala que existen referencias del alemán “bollwerk”, construcción de tierra y madera, de rápida ejecución que tienen la función de defender puertas; sin embargo, en Francia se conoce “boulevard” a todo el recinto defensivo; en España se ha distinguido su origen en las torres pentagonales con un ángulo saliente.

La cortina o muro recto y escarpado que une a dos baluartes se compone por: escarpa de la cortina o frente externo, parapeto que se prolonga y servía para proteger la artillería y el terraplen construido de tierra apisonada y recubierto por el piso del adarve, en el que se colocaba la artillería y facilitaba el movimiento de las tropas. Como se ha descrito anteriormente, la cortina en la fortificación moderna es una evolución de la muralla antigua.

Las garitas, aunque son elementos de menor dimensión son muy características de la arquitectura militar moderna por su posición estratégica de vigilancia, generalmente en los ángulos capitales de los baluartes. Lucuze las describe como linternas a nivel del cordón que se ubican en ángulos salientes del recinto fortificado, con figura arbitraria, ya sea redonda o poligonal, con ventanillas en todas las caras para que un centinela descubra y observe el foso.¹⁶⁵

¹⁶⁴ Carrillo de Albornoz, *op. cit.* p. 39

¹⁶⁵ Lucuze, *op. cit.*, p. 73

3.3.4 Configuración estructural

Los elementos arquitectónicos de un conjunto militar poseen una configuración estructural con cualidades de estabilidad y resistencia al ataque artillado. Entonces, la función de los elementos se relaciona con la forma de construirlos y de organizar la estructura, por lo que acercarnos a las funciones estructurales nos permitirá apreciar y entender el porqué de las técnicas constructivas aplicadas.

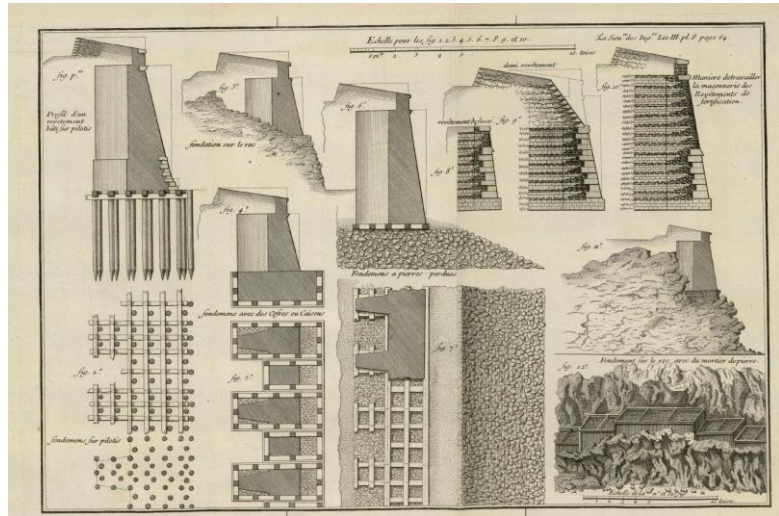


Figura 3. 17 Plano 8 , libro III, del Tratado la ciencia de los ingenieros de Bédidor, 1729

A partir de la distinción de los principales elementos encontramos ciertas coincidencias en los criterios estructurales, por ejemplo, baluartes, cortinas, revellines y cortaduras poseen criterios afines en cuanto a la cimentación; apoyos compuestos por gruesos muros verticales o en talud, estribos, pies derechos; y, cubiertas a base de bóvedas o rellenos y terreplenos. Aunque los elementos son diferentes y corresponden a una función militar y forma geométrica distinta, las soluciones constructivas se basan en los mismos criterios que se van adecuando a las formas geométricas y que a la vez ofrecieron oportunidades de adecuación y perfeccionamiento de las técnicas constructivas.

En el caso de los edificios militares dentro de una fortificación, o los cuerpos de guardia como parte de las obras exteriores, si bien tuvieron un menor requerimiento de resistencia ante los ataques, en la mayoría de las ocasiones fueron resueltos con el mismo tipo de cimentaciones, muros, entresijos y cubiertas con bóvedas o estructuras de madera y terrados.

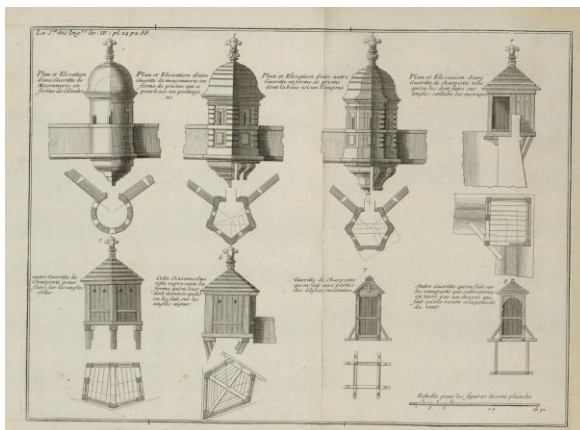


Figura 3. 18 Tipología de garitas, plano 24, libro IV del Tratado La ciencia de los ingenieros de Bédidor, 1729

En cambio, en las garitas, se presenta una estructura portante a base de una ménsula o voladizo circular o poligonal; apoyo corrido que forma un cuerpo cilíndrico y una cubierta a base de una cúpula con remate que cierra el volumen. Este caso que se describe son garitas elevadas, aunque también se construyeron garitas a nivel de piso flanqueando accesos importantes como puertas del recinto amurallado, puentes, polvorines y caminos.

3.4 El conocimiento constructivo

Las construcciones militares se desarrollaron en un ambiente técnico compuesto por dos contextos culturales, por un lado, los intereses políticos, económicos y militares de la monarquía que dirige las estrategias de defensa y ataque, y por otro el contexto socio cultural y económico de las plazas donde se ubican los sistemas de fortificación. En consecuencia, en análisis del contexto físico y cultural no debe ser considerado a la ligera, pues sus características sí intervinieron de manera determinante en la toma de decisiones durante la aplicación de los procedimientos constructivos.

Por ejemplo, en el caso de las características físicas del contexto donde se desplantaron las fortificaciones, la ubicación de los bancos de materiales y el tipo de éstos, se relacionó con los costos de las obras, así como con el transporte y tiempo de ejecución. Cuando existían varias opciones sobre los recursos materiales, preponderó el juicio de que “una técnica es más eficiente que otra si consigue el mismo resultado con menor coste”.

Por otra parte, las cuestiones políticas fueron determinantes en la ejecución de las obras. La visión sobre el grado de riesgos de ataque de ciertos lugares más que otros, determinó la elaboración de las construcciones, o bien su interrupción, dejando incluso algunas obras inconclusas.

De alguna manera, se puede identificar al contexto físico cultural más como un factor de control, donde los limitantes, también pueden ser potencialidades para la adecuación de los procedimientos constructivos en nuevas técnicas regionales. Una evidencia clara en nuestras costas veracruzanas es el uso de fósiles coralinos como sustitutos de piedra para las fábricas antiguas.

3.4.1 Los tratados

3.4.1.1 Trascendencia constructiva

Incursionar en la fuente de saberes constructivos que fundamentan la arquitectura militar moderna conduce a la tratadística, pues son los documentos históricos una referencia constante en las técnicas prácticas y científicas, de ahí que Jorge Galindo Díaz¹⁶⁶ defina un tratado como aquel instrumento en la construcción de una disciplina del conocimiento con la función de contenedores y transmisores de las argumentaciones, razonamientos y justificaciones que aparecen y se transforman a lo largo de un extenso periodo de años.

La arquitectura militar y la construcción han enriquecido sus campos disciplinares con numerosos tratados desde la antigüedad hasta el siglo XIX. Los enfoques de cada documento histórico tienen relación con la evolución del conocimiento, el énfasis de cada autor y la relación con otros ámbitos de sistematización y transmisión de saberes. En la tabla 1.1¹⁶⁷ de tema anterior se ha mostrado un panorama sobre los diversos documentos

¹⁶⁶ Galindo Díaz, *Op. cit.* p. 6

¹⁶⁷ Ver capítulo 1 Estado de la cuestión, en el apartado 1.4 Temas vinculados, 1.4.1 Estudios constructivos anteriores al siglo XX, Tabla 1.1 Tratados con contenido técnico-constructivo sobre elementos de la arquitectura militar o constructivo general como fuente complementaria a las construcciones militares.

que en primera instancia se consideran básicos para la interpretación y argumentación de las técnicas constructivas en las fortificaciones.

Generalmente cuando se desarrollan investigaciones sobre construcción las referencias inmediatas son los tratados antiguos de Marco Vitruvio Polión, Plinio, Herodoto, o bien Vegecio si se enfoca a la arquitectura militar. Durante el Renacimiento el autor que encabeza la actividad teórica escrita fue León Battista Alberti quien además es referencia casi obligada en temas de construcción y arquitectura militar por constituir una fuente básica de su época. Asimismo, algunas interpretaciones de las obras militares han demostrado la influencia que el tratado de Sebastiano Serlio tuvo a través del lenguaje formal y proporción de elementos de sus portadas.

Otra manera de argumentar el desarrollo de la arquitectura militar se presenta a través de la relación entre los tratados y las corrientes teóricas o “escuelas” que motivaron las transformaciones de las obras modernas¹⁶⁸. Así algunos autores consideran que el punto de partida lo constituyen los tratadistas italianos como Francesco de Giorgio Martini, “por ser uno de los técnicos expertos en fortificación más famosos de su tiempo”¹⁶⁹. Tanto italianos como españoles en el siglo XVI sentaron las bases de la nueva disciplina del arte militar, con un afán por el orden geométrico se produjo una multiplicidad de posibilidades tipológicas de la fortificación en los escritos de Giovanni Zanchi, Giacomo Lanteri, Girolamo Cataneo, De Gabriello Busca, Cristóbal de Rojas, González de Medina Barba y por supuesto Martini.

En el siglo XVII se distinguen los tratados a cargo de teóricos franceses en búsqueda de una sistematización del conocimiento en vinculación con las ciencias auxiliares. Entre los principales autores se encuentran: Errard-Le-Duc, Antoine de Ville, Alain Manesson Mallet y Fritach. Además, se editaron documentos de artilleros como Lechuga y Santana; de ingenieros prácticos como Mut, Cepeda, Larrando; de sacerdotes teóricos como Fournet, Siscara, Zaragoza, Tosca, Cassani, Benavente, Milliet Deidier; o bien de geómetras como García de Céspedes, Fludd, Ozanam y Bion. Todos esos documentos van conformando el corpus de argumentaciones de la arquitectura militar moderna.

En el siglo XVIII, existen diversos tratados sobre arquitectura militar, entre los más destacados serán los del español Sebastián Fernández de Medrano; los tratados franceses de Sebastián Le Preste Vauban y de Bélidor, así como las aportaciones de Ignacio de Sala, Gautier, Muller, Taramas y Lucuze; los tratados de los ingenieros disidentes como Félix Prosperi y Montalembert.

Sin embargo, la influencia de los tratados en las técnicas constructivas aplicadas en las obras se presenta también a través de diversas fuentes de saberes que estaban relacionados con las herramientas y máquinas de construcción, con la estereotomía, la carpintería, el trazo y la construcción de arcos y bóvedas. Aunque algunos de estos temas

¹⁶⁸ Galido Díaz, *Op. cit.*

¹⁶⁹ Alicia Cámara Muñoz, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Editorial Nerea, Madrid, 1998, p. 22

se incluyen a veces como apartados en los tratados militares, se desarrollan de manera más extensa en los compendios específicos de albañilería, de cantería, de carpintería o de construcción en general. Existen incluso evidencias de la existencia de algunos de estos libros en las bibliotecas de las escuelas de fortificación, pues los ingenieros militares debían estar preparados en todos los saberes técnicos.

Todo el cuerpo de saberes de los documentos históricos influyó en las técnicas constructivas de forma determinante, ya que existe un paralelismo entre los contenidos de los tratados y la evolución de las técnicas además de retroalimentarse mutuamente. El impacto de la tratadística en las técnicas constructivas se puede interpretar desde los siguientes enfoques:

- a) El tratado como un sistema de reglas empíricas: conjunto de verdades acumuladas con el tiempo para ser utilizadas y retroalimentadas en el ejercicio de la técnica constructiva.
- b) El tratado como medio para la estructuración del conocimiento en los centros de enseñanza: el saber ser o saber formarse como un técnico
- c) El tratado como medio de transmisión del conocimiento científico
- d) La difusión de saberes técnicos a través de las ilustraciones de los tratados
- e) Cuerpo de lineamientos científicos para la construcción de elementos arqueados

3.4.1.2 El tratado como un sistema reglas empíricas

Aristóteles decía que la técnica es una serie de verdades acumuladas en la práctica, abstractas y capaces de ser enseñadas y constituir un conocimiento estable y determinado para producir algo. Cuando se revisan los tratados antiguos, aquellas referencias básicas sobre la construcción y arquitectura militar como Vitruvio, Plinio o Vegecio, encontramos un registro de reglas empíricas que se organizaron para ofrecer un conjunto de saberes prácticos. Los autores tuvieron el interés de recopilar información con la proyección de ser utilizado, hecho que se ha logrado hasta nuestros días al emplearse como fundamentos teóricos. Los conocimientos de los tratados antiguos son esos recursos que ofrecen su disposición permanente al intelecto y a la vez propician una retroalimentación.

La retroalimentación se presentó en posteriores épocas, sobre todo durante el Renacimiento en que se recupera esa posesión de conocimientos y se reinterpreta con el fin de llevar a cabo la actividad técnica de manera eficiente. Por consiguiente, ese conjunto de saberes se considera el acervo de verdades acumuladas sobre la construcción que nos llevan directamente a la eficacia de las operaciones técnicas, por ello, no se dudó en ningún momento de buscar entre los textos aquellos que fungieran como guía o cuerpo de reglas y procedimientos para el desarrollo de las actividades técnicas constructivas.

Si bien todos los tratados representan el conjunto sistematizado de reglas, la concepción aristotélica de la técnica como fin, como una posesión cognoscitiva y como práctica, se nutrió del acervo de estos documentos que muestran la base productiva y activa del

individuo. Ese conjunto de saberes proyecta un gran respeto pues demostró su eficiencia en la práctica constructiva, por lo que posteriormente los tratadistas sólo se permitieron el derecho de retroalimentar y perfeccionar el conocimiento, pero nunca contradecir las teorías antiguas.

Particularmente los ingenieros militares retomaron las recomendaciones para el empleo de los materiales, la composición de las mezclas o la disposición de los aparejos y rellenos. Cuando los ingenieros defendieron su modo de construir un elemento arquitectónico o estructural, en las relatorías, cartas o recomendaciones se encuentran frases como: “dicen los antiguos que...” con lo que la validez se demuestra por la experiencia en el uso de determinados procesos constructivos.

Entonces, podemos decir que el principal aporte de los tratados antiguos a las técnicas constructivas es que permite contar con un conocimiento estable y permanente de un saber garantizado del *cómo hacer* los elementos constructivos, un fundamento que sería ocupado en diversas épocas, y que, durante la arquitectura militar moderna, en su primera etapa renacentista, fue un recurso ampliamente consultado y básico para proyectar la retroalimentación en los posteriores tratados.

3.4.1.3 El tratado como medio para la estructuración del conocimiento en los centros de enseñanza técnica

Durante la Edad Moderna, un papel fundamental lo ejercen los centros de enseñanza y formación de ingenieros militares. Estos espacios en donde se fue constituyendo la formación científica y técnica de los ingenieros requirió de un conjunto de conocimientos estructurados, actualizados y útiles para aplicarlos en las diferentes plazas de fortificación. A través de los tratados van evolucionando las tipologías defensivas como se ha señalado con las diversas corrientes teóricas llamadas “escuelas”, pero también se van normando las intervenciones, y se expone el saber científico en relación directa con el *saber hacer* del técnico, es decir, fortalece la parte formativa del técnico basado en las ciencias.

La mayoría de los tratados citados en la tabla 2.1 fueron la fuente principal del conocimiento en las academias de fortificación, sin embargo, existen algunos documentos que expresamente se elaboraron para fungir como la estructura que debían seguir los principios en la formación de los ingenieros militares y un medio de apoyo para sistematizar el conocimiento.

Estos tratados surgieron ante la necesidad de organizar el cuerpo de saberes y se utilizaron como un recurso inmediato de formación, consulta y difusión de las actividades constructivas relacionadas con la milicia, tanto las ejecutadas por los antiguos como por sus coetáneos. Como ejemplos de estos tratados tenemos “Teoría y práctica de fortificación” de Cristóbal de Rojas que fundamentó un curso con el mismo nombre en la estructura curricular de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Madrid durante el

siglo XVII y cuyo contenido trasciende notablemente tanto en la morfología de las fortificaciones como en los principios constructivos.



Figura 3. 19 Portadas de tratados que correspondían a cursos en los centros de enseñanza de ingenieros militares Portadas de tratados que correspondían a cursos en los centros de enseñanza de ingenieros militares

Otro caso es “Escuela de Palas o curso mathematico”, un tratado enciclopédico¹⁷⁰ del siglo XVII cuya autoría es desconocida o carece de certidumbre, sin embargo, el compendio de diez libros es un material de contenido detallado sobre las diferentes ramas de las matemáticas que sirven de apoyo para las obras de fortificación. El tratado se relaciona con la cátedra de fortificación que Julio César Firrufino¹⁷¹ daba en el Palacio del Marqués de Leganés, a quien, de hecho, se le ha atribuido por algunos investigadores, la autoría de Escuela de Palas.

De Sebastián Fernández de Medrano podemos mencionar “Rudimentos geométricos y militares” y “El arquitecto perfecto en el arte militar” documentos en donde el director de la Academia Militar de Bruselas estructura los conocimientos necesarios para el saber ser un ingeniero militar. Estos conocimientos incluyen aritmética, geometría, trigonometría y uso de instrumentos geométricos. Otro tratado es el “Cours de Construction” escrito por Demanet que fue un recurso de mucha utilidad en la Academia de Bruselas y que por la vigencia de su contenido se reeditó a mediados del siglo XIX en Francia.

Jonh Müller elaboró el tratado “Elementos de matemáticas” como un texto básico para la formación de los alumnos de la Real Academia de Artillería de Woolwich, Inglaterra. La importancia de este documento generó que se le encargara a Miguel Sánchez Taramas su traducción y que además sería un material importante en la formación de los ingenieros en

¹⁷⁰ Fernando Cobos, “Escuela de Palas (Milán 1693): debate, eclecticismo y heterodoxia en la tratadística española de la fortificación”, en *La palabra y la imagen. Tratados de ingeniería entre los siglos XVI y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, coordinadores, Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2017, pp. 97-121

¹⁷¹ Carrillo de Albornoz y Galbeño, *op. cit.*, p. 46

la Real Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona. Asimismo, en este centro de enseñanza, un tratado importante será “Principios de Fortificación” de Pedro Lucuze, en donde estructura los conocimientos y caracterización de la tipología arquitectónica abaluartada.

Estos tratados adquieren mucha importancia porque serán los documentos fundamentales que los ingenieros militares llevaron a sus plazas asignadas, generando con ello la transferencia de saberes que se evidencia a través de las obras de arquitectura militar moderna.

3.4.1.4 El tratado como medio de transmisión del conocimiento científico.

El fin práctico del arte militar dirige a considerar someramente que los tratados sólo incluyen la recopilación de reglas empíricas o que bien son manuales para ejecutar determinadas acciones técnicas. Sin embargo, durante la Edad Moderna, el principal medio de transmisión de conocimientos fueron los tratados por lo que la ciencia se valió de ellos para fundamentar sus disciplinas. Si bien no se distinguirá una estructura que refleja un método científico como lo conocemos hoy en día, los contenidos se expresan en tablas, fórmulas y trazos que revelan un análisis previo, de casos ya comprobados o supuestos validados.

En la arquitectura militar moderna se distingue un proceso paulatino de profundización del contenido científico de los tratados. Una disciplina básica en poliorcética es la matemática y de ella se desprenden la aritmética, trigonometría y geometría. La geometría va definiendo los procesos de trazo y la aritmética apoya en los cálculos. Los tratados de Durero, Zanchi, Lanteri, Cataneo, Rojas, Cepeda y Tosca son claros ejemplos que muestran los procesos para el trazo de las fortificaciones. Y en los tratados de artillería se puede interpretar un mayor énfasis en los ejemplos de cálculo.

Sin embargo, el tratado de Bernard Forest de Bélidor, constituye el hito de referencia sobre la producción científica en los tratados. El texto muestra una sistematización de los métodos algebraicos para el cálculo de las dimensiones de muros, arcos y bóvedas, con un claro enfoque científico, pues incluye el análisis de cargas y empujes desde una apreciación de los números y no sólo como una transmisión de reglas empíricas. Los saberes puestos en práctica incluían el desarrollo de procedimientos sujetos a las metodologías de cálculo y dimensionamiento. Y los ingenieros militares aprendieron esas metodologías que replicaron en sus plazas asignadas, por lo que esos saberes que se iban registrando en los tratados les permitieron participar en cálculos de puentes, acueductos, presas, caminos, en donde diversas ocasiones quedó registrado en los propios planos el uso de fórmulas científicas para la determinación de los resultados.

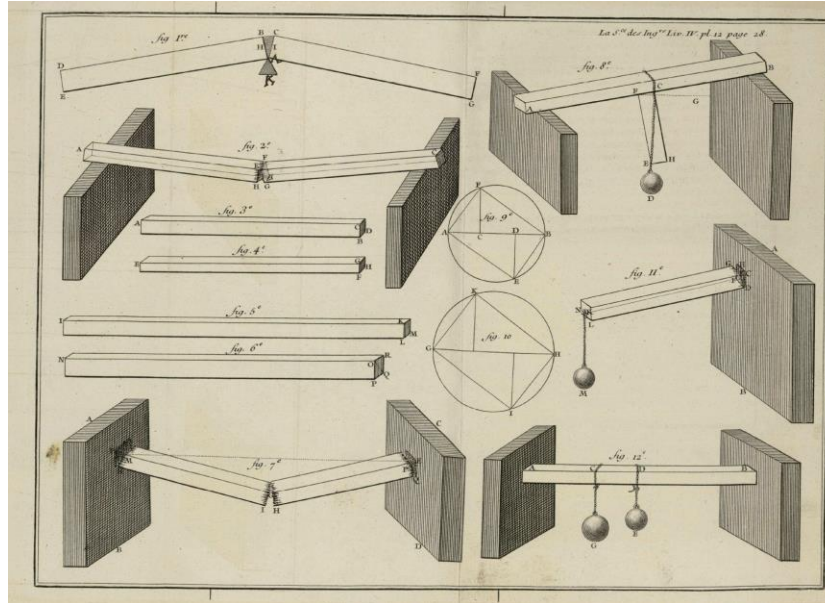


Figura 3. 20 Plano 12 del Tratado La ciencia de los ingenieros de Bélidor, 1769, libro IV, p.28

Ese conjunto de conocimientos ya para el siglo XVIII les permitió participar en todos los ámbitos de la ingeniería civil, y posicionó el papel del ingeniero moderno. En consecuencia, las técnicas constructivas se enriquecieron y perfeccionaron. El ingeniero era un conocedor en distintos campos científicos, pues no sólo las matemáticas, sino también los saberes de la física, la mecánica y la geografía fueron las ciencias fundamentales para su ejercicio técnico. La práctica en diversas regiones de ultramar que los enfrentó a contextos completamente desconocidos y no trabajados les hizo recurrir a metodologías para el registro cartográfico, elaboración de diagnósticos, cálculo de costos y volumetrías, además del cálculo para el trazo y dimensionamiento de los conjuntos militares.

3.4.1.5 La difusión de saberes técnicos a través de las ilustraciones de los tratados

La técnica como proceso de producción se apoya de diversas herramientas para el registro de las fases que componen la operación técnica. Las imágenes a través de grabados, dibujos y planos son un medio de difusión de los procedimientos constructivos, y sus creadores buscan representar de manera clara la intención de la actividad, métodos de trazo, tipologías, la forma de construir elementos, componentes de las obras, los escenarios posibles, la división del trabajo, el uso de máquinas o herramientas, y toda aquella información que se pretende ampliar o detallar a través de las ilustraciones.

Entonces, las imágenes forman parte del fenómeno técnico de la época moderna, en donde interviene la razón para encontrar los medios de comunicación del conocimiento sobre el cual se sustenta una técnica constructiva. El fenómeno técnico promueve la creatividad a través la ilustración, para imaginar y representar el sistema técnico a través de las imágenes, por ello la función de éstas es muy importante en la transmisión de saberes,

pues sistematiza los procedimientos, los resultados y sustenta la base científica y teórica del conocimiento.

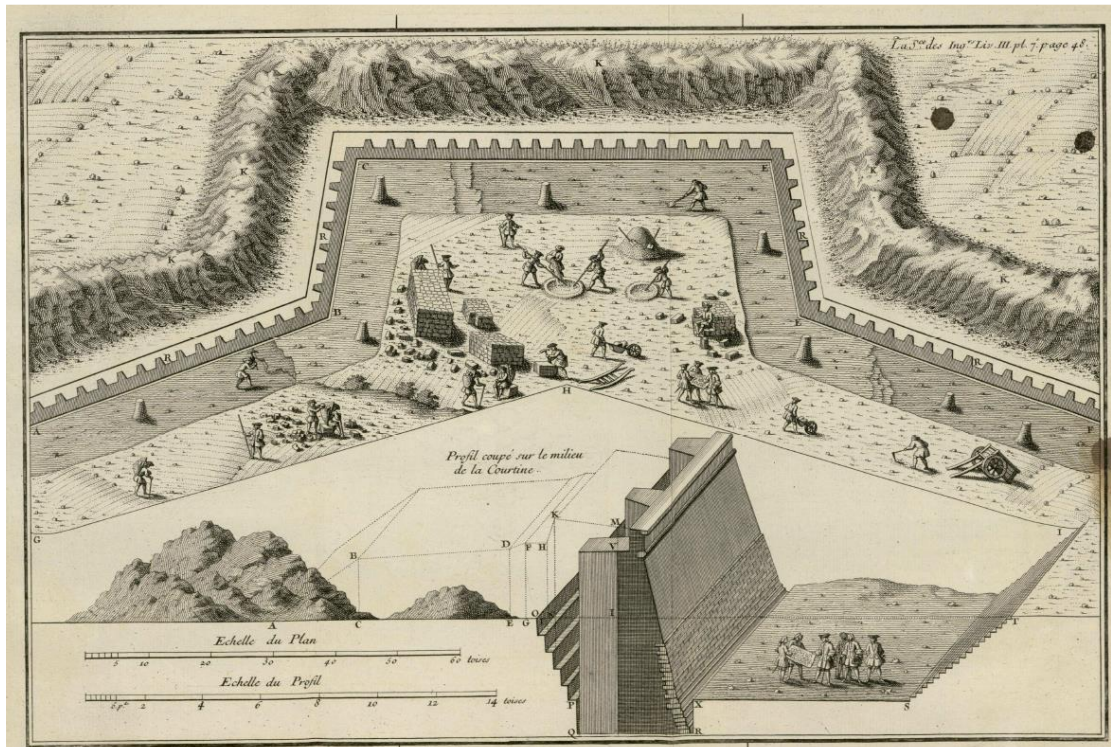


Figura 3. 21 Plano 7 del Tratado La ciencia de los ingenieros de Bédidor, 1729, libro III, p. 48

En virtud de que las ilustraciones son un medio muy importante para la difusión de los saberes constructivos, se distingue que algunos ejemplos son claros y otros algo más abstractos, pero el uso de planos y láminas en los tratados corresponden a dos enfoques de estos recursos:

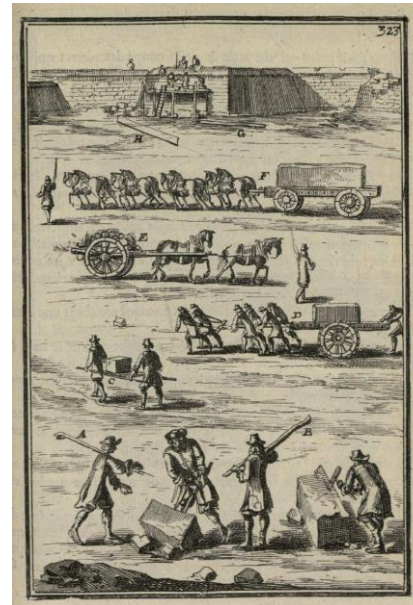
- a) Como una herramienta para la transmisión de los saberes constructivos y sus métodos¹⁷².
- b) Como un medio para normar la representación de los proyectos y obras que definen los métodos de construcción.

La mayoría de los tratados de fortificación se han auxiliado de láminas y planos que representan gráficamente detalles puntuales de los temas abordados; algunos con mayor énfasis en el trazo, la tipología arquitectónica o los elementos y otros, con una recreación

¹⁷² Sara E. Sanz Molina "La enseñanza del arte de la fortificación a través de imágenes: los tratados de arquitectura militar" en *Arquitectura y urbanismo militar en Iberoamérica*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, s/f, pp 253-257

de los diversos momentos constructivos. Entre los documentos que nos ofrecen la recreación del proceso constructivo, destaca el tratado de Fortificación de Allain Manesson Mallet (1630-1706) con una serie de “ilustraciones se muestran las consideraciones que deben tomarse para el sitio, las cimentaciones, el trazado, y la técnica constructiva”¹⁷³. Es decir, en un imaginario gráfico se muestran las soluciones a un problema determinado, por lo tanto, las ilustraciones son un recurso para comprender mejor el texto que explica el proceso de construcción.¹⁷⁴

Figura 3. 22 Lámina CIII de “Les travaux de Mars, ou l’art de la guerre” de Allain Manesson Mallet, 1685, p. 323



Por otra parte, los tratados también regularon la representación gráfica del proyecto en donde se tenían que sistematizar las soluciones constructivas. En el siglo XVII se aprecia “una progresiva adecuación a las reglas de la geometría y la extensión de la utilización de la escala, así como la orientación de los planos y la separación de las vistas en planos diferentes.”¹⁷⁵

En el siglo XVIII los planos que representan la actividad de los ingenieros militares se representan de manera más técnica la presentación de los proyectos, la forma de representación de los tratados se replica en los planos constructivos de los ingenieros militares.

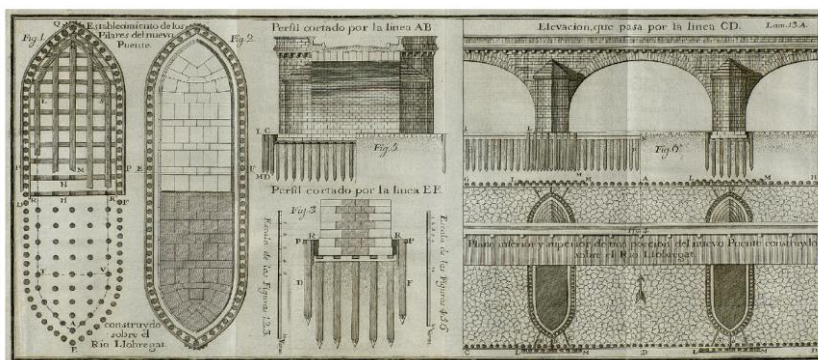


Figura 3. 23 Detalles constructivos del puente Molino del Rey en Tratado de Fortificación... de Sánchez Taramas, 1769

¹⁷³ Ibid, p. 257

¹⁷⁴ Ibidem

¹⁷⁵ Alfonso Muñoz Cosme, “El proyecto y su representación en la arquitectura y en la ingeniería militar entre los siglos XVI y XVIII”, en *Ingeniería de la Ilustración*. Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, coordinadores. pags 71- 92, ETSAM Fundación Juanelo Turriano, UNED Segovia, 2015, p. 85

3.4.1.6 Consolidación de la geometría y construcción de elementos curvos

A lo largo de la Edad Moderna se observa el uso cada vez más constante de arcos y bóvedas en las obras de la arquitectura militar. La situación de retomar un elemento estructural de la antigüedad representa en la arquitectura de la ilustración un referente de la evolución constructiva que diversos elementos tuvieron. Arcos, bóvedas y cúpulas constituyeron la solución estructural de diversas fortificaciones en donde sus espacios se resolvieron con cortinas y casamatas cubiertas de bóvedas a prueba de cañón, cortaduras y revellines con soluciones de bóvedas que no sólo cumplieron los requisitos de resistencia ante un ataque, sino que además se resolvieron con una base geométrica.

Puentes, escaleras, edificios militares, todos se resolvieron con arcos y bóvedas. Aljibes, almacenes de pólvora, hornos, también. Las garitas, los elementos más representativos también cubrieron sus espacios con cúpulas. Entonces los elementos arqueados fueron el campo para poner en práctica la serie de saberes sobre trazo, geometría y cálculo que se contenía en los tratados.

Aunque los tratados de arquitectura militar abordan las estructuras abovedadas, es importante considerar que para estas obras juegan un papel muy importante otros tratados de construcción, entre los cuales podemos mencionar “Breve tratado de todo género de bóvedas, así regulares como irregulares” de Juan Torija; el libro segundo de Fray Lorenzo de San Nicolás, en donde describe la forma del trazo de las bóvedas; el tratado de Ginés Martínez de Aranda, “Cerramientos y trazas de montea” en donde trata temas de cantería y estereotomía”; y el libro de Gaspar Monge “Geometría descriptiva” en donde se explica el método general para aplicarse en casos análogos sobre el trazo de bóvedas.

La evolución de los métodos y técnicas para la construcción de bóvedas se alimentó de los saberes de tratados de construcción, albañilería, cantería y estereotomía, así como de la arquitectura militar y tratados fundamentales como el de Bélidor serán indispensables para conocer el alcance de los elementos arqueados y su consolidación en el siglo XVIII. Como se ha mencionado en diversas ocasiones, la geometría es un campo disciplinar que se manifiesta a través de la construcción en la arquitectura militar, por consiguiente, el principal recurso de este género de obras, los arcos y las bóvedas, representan el conjunto de saberes que traspasaron las clasificaciones entre tratados de arte militar y tratados de construcción general.

3.4.2 Los centros de enseñanza

3.4.2.1 Las academias en los siglos XVI y XVII

Las transformaciones en las fortificaciones junto con la evolución de la artillería por el uso de la pólvora, enfrentó a la necesidad de sistematizar el conocimiento a través de las academias, instituciones en donde se impartieran los saberes actualizados, estructurados y pertinentes para la formación de futuros militares preparados en el arte de construir la

arquitectura militar. Aunque desde la antigüedad Vegecio recomendaba el conocimiento de las matemáticas, lo cierto es que para responder a un ataque de cañón era indispensable conocer la trayectoria parabólica de la bala metálica y analizar las líneas de ataque y defensa obligaban a incursionar en conocimientos matemáticos más avanzados. Por otra parte, las continuas campañas y movimientos del ejército obligaron a que los militares tuvieran conocimientos de topografía, trazo y construcción de caminos en tierra firme o en caso de navegación, que supieran orientarse e identificar el rumbo que buscaban, saberes que con el desarrollo de las ciencias y las mecánicas se habían actualizado.

En consecuencia, la nueva directriz de la poliorcética requirió de personas preparadas por lo que fue necesaria la creación de instituciones de formación militar y profesional. El 25 de diciembre de 1582 el rey de España Felipe II fundó oficialmente la Academia Real de Mathematica que inició sus labores en 1583¹⁷⁶ bajo la dirección de Juan de Herrera con el objetivo de fomentar la enseñanza de las matemáticas con vistas a sus aplicaciones de carácter pragmático¹⁷⁷. Este centro también es conocido como la Academia de Matemáticas y Arquitectura, Civil y Militar de Madrid y se logró su creación gracias al impulso de sus fundadores Juan de Herrera y Tiburcio Spanochi¹⁷⁸. En un sentido estricto la academia como tal funcionó en el antiguo Alcázar de los Austrias hasta el año 1625; aunque algunos autores mencionan su cierre definitivo hasta el año 1697¹⁷⁹, pues tras dejar el Alcázar, se buscó dar continuidad a las cátedras de matemáticas y fortificación en el Colegio de San Isidro, sin embargo, la mejor época y su proyección se realizó hasta 1625.

Los estudios se estructuraron en dos secciones¹⁸⁰: conocimientos generales donde se enseñaban matemáticas y física; y conocimientos aplicados referentes a la milicia. Esa estructura plantea que la Academia combinó los saberes teóricos y prácticos, pues en realidad los fundamentos teóricos justificados por disciplinas científicas serían utilitarios para la práctica. El plan de estudios se apoyó en una sólida plantilla de profesores reconocidos por su trayectoria en el ámbito militar y matemático. En la tabla 3.1 se muestra una aproximación de la estructura curricular de las materias y sus docentes.

Además de la plantilla de profesores descrita en la tabla 3.1, se tienen algunas referencias de la participación del geógrafo Don Bautista Labaña y Ginés de Rocamora; del escritor militar don Bernardino de Mendoza, autor de “Teoría de la Guerra”; del notable matemático Don Pedro Ambrosio de Onderiz, quien tradujo al castellano “La perspectiva especulativa de Euclides”.

¹⁷⁶ Carlos Díaz, “La formación científica de los ingenieros militares españoles del XVII”, en *La Ilustración en Cataluña: la obra de los ingenieros militares*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2010, p. 51

¹⁷⁷ http://www.rac.es/1/1_1.php

¹⁷⁸ Carrillo de Albornoz y Galbeño, *op. cit.*, p. 41

¹⁷⁹ Juan López Muiños, *Algunos aspectos de la ingeniería militar española y el Cuerpo Técnico: en el 50 aniversario de la creación del Cuerpo Técnico (1940-1990)*, Tomo I, Madrid, Ministerio de Defensa, 1993, p. 33

¹⁸⁰ *Ibid.*, p. 35

Sección	Clase	Profesor	Experiencia profesional
Saberes teóricos	Geometría de Euclides	Julián Firrufino	Director de la Escuela de Artillería de Sevilla
	Tratado de la Esfera	Ginés de Roca y Torras	Caballero de la Orden de Santiago, autor del Tratado de la Esfera
	Senos (Trigonometría)	Juan de Cedillo Díaz	Clérigo presbítero, Cosmógrafo Mayor de las Indias, profesor de matemáticas en Salamanca y Toledo. Autor de “Los dos libros del arte de Navegar”; traducción del latín de seis primeros libros de la Geometría de Euclides; “Carta náutica y geográfica descrita en el plano para el uso de la navegación cosmográfica y astronomía; y el “Tratado de la carta de marear Geométricamente demostrada” (1616); entre otros escritos.
	Tratado de la Carta de Marear		
	Tratados Selectos de Arquímedes	Juan Manuel	Algunas referencias los identifican con Juan Carlos de la Faille, religioso de la Compañía de Jesús, profesor de matemáticas y Centros de Gravedad.
Saberes práctico-militares	Teórica y práctica de la Fortificación	Cristóbal de Rojas	Capitán de Artillería, autor del tratado “Teórica y práctica de la Fortificación” (1598); “Sumario de la milicia antigua y moderna con la orden de hacer un exercito de naciones y marchar con él y alojarlo y sitiar una plaza fuerte”; Tratado de Artillería”; “Nuevo modo de fortificar torres dentro de la mar a menos coste y la obra más firme”.
	El arte de escuadronar	Pedro Rodríguez	Alférez
	Principios de Aritmética		
	Artillería	Julio César Firrufino	Matemático. Escribió “Práctica manual y breve compendio de Artillería” (1626); “El perfecto artillero teórico y práctico” (1648); “Fragmentos de matemáticas” (1648)

Entre los directores de la Academia de Matemáticas se registran los nombres de Juan de Herrera, Francisco de Mora y Juan Gómez de Mora. Aunque el centro de enseñanza alcanzó un gran desarrollo y reconocimiento, la falta de financiamiento ocasionó su decadencia, por lo que en 1625 se incorporó al programa de Estudios Generales de San Isidro de Madrid, en donde se estructuró como una cátedra independiente de las que se ofrecían en el Colegio Imperial de los Jesuitas y que “constituían la base de los estudios superiores de arquitectura e ingeniería en la España del siglo XVII”¹⁸². Durante esta época, la dirección de los estudios estuvo a cargo de Julián Firrufino, siempre preocupado por mantener el nivel académico precedente, sin embargo, a su muerte, su hijo Julio César Firrufino, ante la falta de financiamiento realizó gestiones para trasladar la cátedra al Palacio Real en donde se logró la participación del matemático y militar Luis Carduchi, quien

¹⁸¹ Tabla basada en la información de López Muiños, op. cit., p. 35

¹⁸² López Muiños, op. cit., p. 36

enseñaba Geometría, fortificaciones y artillería y se quedaría con la dirección de la cátedra hasta su muerte en 1657. Posteriormente el fraile dominico napolitano Jerónimo María Afflitto se quedó con la dirección; en 1665 se menciona como director a Jerónimo Soto; en 1666, a Juan de la Rocha; 1667, Jorge del Pozo; 1678, Juan Asensio; 1684 Julio Bamfi hasta que el 16 de julio de 1697 la cátedra se clausuró definitivamente.

Sin lugar a dudas, la aportación de la Academia de Matemáticas de Madrid¹⁸³ fue notable, sobre todo porque fue la pauta de posteriores centros de enseñanza no sólo en el ámbito de la poliorcética, sino en otras disciplinas científica, ya que sus aulas fueron testimonio de los cursos de notables profesores que también se convertirían en tratadistas; de hecho, como se muestra en la tabla 3.1, gran parte del conocimiento impartido se fundamentó o bien, fue la gestación de tratados tanto militares como en ciencias exactas.

Y una de las principales aportaciones ha sido el papel fundamental de Cristóbal de Rojas, ya sea a través de su labor en la Academia de Matemáticas de Madrid, en donde tuvo gran aportación con su tratado Teoría y Práctica de la Fortificación ha trascendido en la práctica de diversos ingenieros militares que trasladaron sus conocimientos a las plazas asignadas, tanto en Europa como en América.

Por otra parte, otro espacio para el cultivo de los saberes en las ciencias y poliorcética se ubicó en el Palacio del Marqués de Leganés, donde se organizaba la “Escuela de Palas”, con la clase de fortificación a cargo de Julio César Firrufino, quien como ya se ha señalado fue hijo de uno de los fundadores de la Academia de Matemáticas y tuvo una gran producción de textos referentes a la Artillería.

Durante el siglo XVII, se abrieron las academias en Cádiz, Nápoles y Milán. Esta última tuvo mucho reconocimiento pues permaneció vigente todo el siglo. Una de sus principales cualidades era la enseñanza que impartían los tratadistas italianos como Tartaglia, San Micheli, o el arquitecto Alejandro Capra.¹⁸⁴

Sin embargo, el centro de enseñanza “más importante de todos fue la Academia Real y Militar del Ejército de los Países Bajos, que se fundó en Bruselas en 1675”¹⁸⁵ por el Excmo. Sr. D. Carlos Gurrea Aragón y Borja, Duque de Villahermosa y Conde de Luna. En esta institución destacó como su director el ingeniero militar Sebastián Fernández de Medrano, Capitán General de Flandes, precisamente la estructura de la Academia recayó tanto en Fernández que, tras su muerte en 1705, la institución cerró un año después, ante los cambios administrativos de la ciudad a cargo de la Gran Alianza, que no hubo quien defendiera el espacio de educación militar.

El programa académico se organizó en dos años, durante el primero se tomaban el curso general y en el segundo, un curso de perfeccionamiento. Una de las características del

¹⁸³ Incluso se presenta como el antecedente de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en http://www.rac.es/1/1_1.php

¹⁸⁴ Carrillo, *op. cit.*, p. 46

¹⁸⁵ Díaz, *op. cit.*, p. 52

centro de Bruselas es que los egresados del primer año regresaban a sus regimientos correspondientes, ya sea de artillería, infantería o dragones y se encargaban de enseñar matemáticas a los demás oficiales, mientras que los mejores estudiantes de la academia continuaban sus estudios para convertirse en ingenieros.

Tabla 3.3 Estructura general de la Academia Real y Militar del Ejército de los Países Bajos, Bruselas.¹⁸⁶	
Cursos	Clases
General	Geometría
	Fortificación y Artillería
	Geografía e inteligencia de los mapas
	Arte de Escuadronar (Táctica)
Perfeccionamiento	Fortificación y Dibujo
	Geometría especulativa
	Tratado de la Esfera y Navegación

Con el financiamiento de los Gobernadores de Flandes y miembros de la aristocracia entre los que se encontraba el Marqués de Gastañaga, el Elector de Baviera y el Duque de Medinaceli, la Academia tuvo un sólido desarrollo que gozó de suficientes recursos para el pago de profesores, actividades de alumnos y materiales educativos. Esta condición propició que tuviera siempre un gran número de aspirantes, sin embargo, bajo la dirección de Fernández de Medrano, en la búsqueda por la calidad educativa condicionó la matrícula a 30 alumnos por año.

Sebastián Fernández Medrano manejó cuidadosamente la Academia militar de Bruselas, por ejemplo, se ha señalado que elaboró casi todos los textos que guiaban la formación académica y que se reflejan en la edición de sus tratados. Además, estimulaba a los alumnos con medallas de oro como premios anuales al desempeño. La importancia que se concedía a la preparación de los ingenieros militares proyectaba a la institución por lo que incluso miembros de la realeza tomaban clases eventualmente, pues representaba un sinónimo de prestigio.

Sebastián Fernández de Medrano estudió en la Universidad de Salamanca y destacó por obras como “Breve Tratado de Geografía” (1700); “Rudimentos geométricos y militares” (1677); “El práctico artillero” (1691); “El ingeniero práctico” (1696) “El arquitecto práctico en el arte militar” (1708); entre otros textos que fueron fundamentales en la formación de ingenieros militares.

Uno de los alumnos más reconocidos de Fernández de Medrano fue el ingeniero militar Próspero de Verboom, quien replicó el sistema de la Bruselas a la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona.

¹⁸⁶ Tabla basada en la información de López Muiños, *op. cit.*, p. 51

3.4.2.2 La Real Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona

En el siglo XVIII se fundó la “Academia Real de Matemáticas y Fortificación de Barcelona”, la cual sería un centro importante en la formación de ingenieros militares con fundamento en la ciencia y el arte militar. En 1720, inició sus labores bajo la dirección de Mateo Calabro, sin embargo “pronto se suscitan conflictos de competencia con Verboom y se encomienda a Pedro Lucuze la preparación de reorganización de la Academia”¹⁸⁷

Próspero de Verboom “había estudiado en la Academia de Bruselas, como discípulo favorito de su director, el ingeniero militar Sebastián Fernández de Medrano, por lo que era natural que tomara como modelo para el nuevo centro de enseñanza aquel en el que había realizado sus estudios”¹⁸⁸. La estructura del plan de estudios se basa en las materias matemáticas como la aritmética y la geometría, además de la mecánica y la nivelación, así como las que corresponden a la fortificación y defensa. La formación completa del hombre técnico militar lo llevaría a desarrollar diversas competencias que más tarde aplicaría en los territorios donde fuera designado, por lo que la Academia de Matemáticas tiene una gran importancia como otro engrane de la gran máquina de guerra de la Monarquía Hispánica.

El plan de estudios comprendía el dominio de las matemáticas puras y mixtas: aritmética, geometría, álgebra, trigonometría, física y mecánica, además de arquitectura civil y militar, artillería, óptica, astronomía, geografía, náutica, etc.

Para comprender la base técnica (los tecnicismos) del sistema de fortificación es muy importante adentrarse a los saberes que fomentaron las capacidades técnicas de los ingenieros. Como se ha mencionado, desde el proyecto de Mateo Calabro como director de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona, se destacó la enseñanza de “las Matemáticas y sus partes más fundamentales, la Aritmética y la Geometría especulativa, como asimismo las ciencias que dimanar de las anteriores, [] la Geometría práctica, la Estática, la Óptica y la Cosmografía. Su conocimiento sería absolutamente necesario para alcanzar la inteligencia de las Artes Mecánicas que conducen a formar un inteligente Ingeniero Militar, un práctico Artillero, o un Científico Náutico.”¹⁸⁹

A lo anterior, cabe mencionar que “para los Ingenieros Militares se prepararon también dos obras que editaron los profesores de la Academia. Pedro de Lucuze que fue Director desde su fundación hasta su fallecimiento cuarenta años más tarde en 1779, editó en 1772 sus “Principios de Fortificación” que pronto se convirtió en una obra clásica. En 1781 se publicaría el tratado de José Ignacio de March, “Nociones militares o suplemento a Principios de Fortificación del Excmo. Sr. Don Pedro de Lucuze escrito para la instrucción

¹⁸⁷ Ramón Gutierrez y Cristina Esteras, *Arquitectura y fortificación de la ilustración a la independencia americana*, Madrid, Editorial Tuero, 1993

¹⁸⁸ Juan Carrillo de Albornoz y Galbeño, “Los planes de estudio de la Academia de Matemáticas y su funcionamiento interno” en *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2004, p.103

¹⁸⁹ Idem

de los caballeros Cadetes del Regimiento de Dragones de Sagunto” que incluía tres secciones: 1) Aritmética, Geometría y Geometría Práctica; 2) Modo de fortificarse en campaña, y 3) Obligaciones de los Oficiales.”¹⁹⁰

La formación científica, técnica y con bases militares se estructuró en cuatro cursos de la Academia de Matemáticas de Barcelona y que se compartió con los otros centros de enseñanza científico y militar en Orán y Ceuta, de lo que podemos distinguir la proyección que generaba la dinámica técnica de la estructura militar. El contexto y requerimientos de los ingenieros militares les llevó a encabezar la vanguardia científica, desde la aplicación de las investigaciones recientes de físicos y matemáticos, hasta la innovación de formas geométricas y alcances constructivos no desarrollados anteriormente. De este modo se demuestra la creatividad, la invención y el manejo de la ciencia en la figura del ingeniero militar, el principal representante de la práctica de la técnica moderna.

Tabla 3.4. Enseñanzas impartidas en las Academias de Barcelona, Orán y Ceuta, según las Ordenanzas de 1739 y 1751 sobre las academias militares.¹⁹¹

Cursos	Clases
1	Aritmética, geometría práctica, trigonometría, topografía Lección extraordinaria: explicación de la esfera celeste
2	Artillería, fortificación, ataque y defensa de las plazas, táctica, movimientos de los ejércitos. Lección extraordinaria: geografía
3	Mecánica y maquinaria, hidráulica, construcción, arquitectura civil. Lección extraordinaria: perspectiva, gnomónica, elaboración y utilización de cartas geográficas e hidrográficas, resolución de problemas náuticos
4	Práctica de dibujo, elaboración de proyectos de edificios civiles y militares, cartografía y manera de establecer una carta. Lección extraordinaria: reglamentación de los trabajos reales, aprendizaje de la confección de un proyecto, presupuesto, coste horario, precauciones de realización.

La extensa y completa currícula de las academias, no sólo les dotó de saberes en los ámbitos científicos, sino de un nuevo modo de proceder que se generó impulsado por la necesidad política de la monarquía, sus modificaciones en la configuración territorial del Imperio, los avances de la técnica y las transformaciones en el arte militar¹⁹². Como todo sistema, trabajó articulado, se retroalimentó de sí mismo, y desencadenó a su vez otras

¹⁹⁰ Gutiérrez, *op. cit.*, p. 73

¹⁹¹ Tabla basada en Martine Gallard Seguela, “Los ingenieros militares españoles en el siglo XVIII” en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz, Coord., Madrid, Ministerio de Defensa, 2005

¹⁹² Horacio Capel, “Los ingenieros militares y el sistema de fortificación en el siglo XVIII, en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz, Coord., Madrid, Ministerio de Defensa, 2005, p.231

líneas de investigación y desarrollo. En el ámbito de la arquitectura militar, la situación del siglo XVIII, sobretodo de la segunda mitad, transformó los procesos y resultados del trabajo de los ingenieros militares. Si bien con anterioridad, Cristóbal de Rojas mencionaba que todo ingeniero militar debía realizar tres acciones para el diseño de una fortificación, es decir, conocer el sitio, proyectar cerrar y fortificar la plaza; en el siglo posterior, se observa que ese planteamiento se amplía y se supera, generando proyectos globales y de mayor detalle. Durante el siglo XVIII, “las fortificaciones existentes, casi todas edificadas en el siglo XVI y XVII, serán objeto de modificaciones realizándose adecuaciones y nuevos recintos fortificados”¹⁹³

3.5 Formación técnica del ingeniero militar moderno

3.5.1 El perfil del ingeniero militar en la maquinaria del poder de la monarquía

En el tercer estadio de la técnica, denominado por Ortega y Gasset como la *técnica del técnico*, se distingue la separación entre el obrero y el técnico. Al quedar aislados, el ingeniero se convierte en la expresión pura, viviente, de la técnica¹⁹⁴. Esta denominación se debe al uso del *ingenium* para resolver situaciones a través del diseño de máquinas o procesos mecánicos. Durante la Edad Moderna se consolida como una profesión y se relaciona con los saberes científicos, pues las circunstancias en las que se generarán sus inventos y creaciones estarían dadas en el contexto de los avances de las ciencias, como lo identifica Castro Villalba: “un hombre versado en todos los saberes de la época, y con la unidad de los conocimientos se favorece la interacción de las ciencias”¹⁹⁵.

Las operaciones técnicas de los ingenieros de la época moderna generaron los nuevos *tecnicismos*. Éstos constituyen el método intelectual que opera en la creación técnica. El ingeniero se basa en un proceder metódico, analiza y descomponen en partes, sistematiza, busca un resultado final y los medios para obtenerlo. Aunque sin los métodos no hay técnica, es importante distinguir que tampoco podemos atribuirle al tecnicismo la totalidad de ésta, pues los métodos surgen por la relación estrecha entre diversos factores que se articulan y establecen un sistema. El nuevo mundo es como una gigantesca máquina, y “toda técnica tiene esta maravillosa y dramática tendencia y cualidad”¹⁹⁶.

En ese contexto, las cualidades de científico y técnico que distinguen al ingeniero moderno fueron muy oportunas para el arte militar y la clase política. Jünger Habermas afirma que la técnica es dominio, y un ejemplo de ello es la adopción de la figura del ingeniero por parte de la Monarquía Española, cuya estrategia de control de los territorios, exigía del empleo

¹⁹³ Sanz Molina et al, *Proyecto ejecutivo para la rehabilitación de la Fortaleza de San Carlos, Investigación histórica y documental*, Xalapa, DGOP, 2009

¹⁹⁴ José Ortega y Gasset, *op. cit.*, p. 87

¹⁹⁵ Antonio Castro Villalba, *op. cit.*

¹⁹⁶ Ortega, *op. cit.*, p. 109

de estos técnicos como los instrumentos esenciales para la estrategia militar que le permitiera dominar y proteger su territorio.¹⁹⁷

La figura del ingeniero militar se consolida como un hombre que era un militar con experiencia y conocimientos en la guerra, pero a la vez, “un científico polivalente, formado en un nuevo tipo de militar: el técnico.”¹⁹⁸ La integración de los ingenieros militares al servicio de la Monarquía Hispánica del siglo XVIII, se realiza mediante una sistematización de los procesos en los que desarrollarían su labor. Quizá por ello, Horacio Capel interpreta como “la máquina del Estado y la máquina de guerra, guiadas por la razón, por la ciencia y por la experiencia acumulada durante generaciones de gobierno...”¹⁹⁹

En el perfil del ingeniero militar del siglo XVIII forma parte fundamental el proceso de formación y pertenencia al Cuerpo de Ingenieros militares. El aspirante por ingresar a la Academia de Matemáticas y al Cuerpo de Ingenieros Militares era por lo general de la nobleza de condición modesta. El ingreso a la milicia le garantizaba conservar su estatus y la posibilidad de destacar en concordancia con el esfuerzo que realizara en su trayectoria. Como se ha señalado anteriormente, para convertirse en ingeniero militar era necesario poseer un cierto saber científico y esos saberes son potencializados en sus obras de defensa y fortificación. Por lo tanto, los saberes científicos forman un capital que el joven ingeniero debe explotar en su actividad.

El aspirante a ingeniero adquiere el conjunto de saberes en la Academia de Matemáticas, posteriormente es reclutado en el Colegio Real de Ingenieros militares y por último es trasladado a alguna plaza del territorio de la Monarquía Hispánica. De su desempeño en cada sitio dependerá su reubicación a otra plaza, sus cargos y sus puestos. Incluso la plantilla de maestros de las academias de matemáticas podía retroalimentarse con la experiencia de sus ingenieros que después de cierta trayectoria aspiraran a desempeñarse en los centros de enseñanza. El resultado de todos estos procesos es una articulación de escenarios y actores que conforman el progreso técnico de la milicia, evidenciado en los sistemas de fortificación.

“La presencia de estos técnicos militares se hace patente tanto en la Península, como en América, no sólo en edificios de carácter exclusivamente militar, sino en los proyectos y dirección de edificios civiles, religiosos, fábricas, etc.”²⁰⁰

¹⁹⁷ Martine Gallard Seguela, “Los ingenieros militares españoles en el siglo XVIII” en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz, Coord., Madrid, Ministerio de Defensa, 2005, p. 205

¹⁹⁸ *Idem*

¹⁹⁹ Capel, “Los ingenieros militares...”, op. cit., p. 243

²⁰⁰ Calderón Quijano, *Visión general de las fortificaciones indianas en los distintos frentes continentales*, II Congreso de Historia Militar, Zaragoza, 1988, p. 149

3.5.2 El papel del Cuerpo Real de Ingenieros Militares en la práctica constructiva de fortificar plazas

Los inicios del siglo XVIII fueron de cierta inestabilidad y dificultad para la Monarquía Hispánica. La dirección del reino a cargo de la dinastía de los Borbones enfrentó una situación de vulnerabilidad de sus estructuras político-militares ante los sucesos bélicos que traspasaban fronteras como la Guerra de Sucesión (1700 – 1704), por tanto, reconoció la necesidad de crear una estructura jerarquizada y profesionalmente preparada para la defensa de los territorios.

A inicios del siglo XVIII, la profesionalización del ingeniero militar se había consolidado a través de las academias, y el centro de Bruselas considerado como la más importante institución durante el siglo XVII, en 1706 cerró sus puertas dejando un gran vacío en el ámbito de formación de la milicia española, pues cabe recordar que a pesar de que la Academia se encontraba en los Países Bajos, había sido un centro de preparación técnica para ingenieros militares de la Monarquía Hispánica y otros reinos. Sin embargo, las necesidades eran urgentes y sobre todo en el campo de batalla, por lo que considerando que se contaba con los suficientes recursos humanos ya preparados profesionalmente, el Rey Felipe V, emulando a su abuelo Luis XIV y su *Corps du Génie*, decidió crear un cuerpo de ingenieros como un medio para generar un escalafón específico estructurado mediante un sistema de mando que permitiera una amortización más efectiva de las capacidades de sus miembros a la hora de realizar las labores militares planeadas.²⁰¹

Para lograr la creación de esa organización jerárquica, se recurrió a la aplicación de reformas en la estructura militar española, tomando como base el modelo de milicia francés. El nuevo Cuerpo de ingenieros se planeó como una institución de reclutamiento de técnicos especializados en el arte de guerra y su creación sería uno de los nuevos engranes en la máquina de guerra española.

Durante²⁰² las campañas en el frente de la Corona de Aragón, el rey Felipe V, a través del Marqués de Bedmar llamó al ingeniero flamenco Jorge Próspero Verboom, alumno destacado de Academia de Matemáticas y Fortificación de Bruselas y discípulo de Sebastián Fernández de Medrano y lo designó para planificar la organización del Cuerpo de Ingenieros. Para lograrlo, el rey promulgó en 1710 una Orden Real y a la vez le asignó a Verboom el título de “Ingeniero General de los Ejércitos, Plazas y Fortificaciones de todos los Reinos, Provincias y Estados”²⁰³.

El ingeniero Verboom, era un hombre de gran experiencia que supo estructurar la nueva institución. Entre su labor destaca el establecer los diferentes tipos de intervención de los ingenieros en tiempo de paz y de guerra; describir los diferentes empleos que deberían crearse; proponer una doble graduación, la militar y en el Cuerpo de ingenieros; regular el

²⁰¹ Juan Miguel Muñoz Corbalán, “La profesión del ingeniero en la Ilustración”, en *Ingeniería de la Ilustración*, Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, Coordinadores, Fundación Juanelo Turriano, UNED Segovia, 2015, p. 20

²⁰² *Ibid*, p. 21

²⁰³ Calderón Quijano, *op. cit.*, p. 148

ascenso de los ingenieros por méritos según las capacidades demostradas en el ejercicio de sus funciones; y, sobre todo, fue el impulsor de la creación de academias militares que permitían desarrollar una verdadera formación militar. Esto último, correspondía a dos estrategias: la de formar a los mandos militares del ejército y la de formar a la elite técnica.²⁰⁴ Además, “una de cuyas características fundamentales radicaba en la desvinculación de este [Cuerpo] respecto de la Artillería, bajo cuyo mando fáctico habían estado sometidos los ingenieros con anterioridad.”²⁰⁵

El Real Cuerpo de Ingenieros Militares de España se constituyó el 17 de abril de 1711 con el objetivo de llevar un papel fundamental en la organización y control del destino y trabajo de sus integrantes, quienes “llevaron a integrar al sistema defensivo áreas hasta entonces marginales.”²⁰⁶ El colectivo se desarrolló bajo los lineamientos estipulados en la Ordenanza de 1718, en donde se indicaban las funciones, la estructura jerarquizada de los mandos, la forma de realizar los proyectos y la dirección de las obras.

A largo del siglo XVIII, El Cuerpo de Ingenieros Militares fue la principal institución organizativa militar del reino, no obstante, pasó por ciertos cambios como lo señala Muñoz Corbalán:

“Los principales hitos que afectaron a la integridad del Cuerpo fueron: a mediados del siglo XVIII, la escisión respecto de la Artillería hasta una nueva fusión bajo el mandato del Conde de Aranda en 1756; la definitiva separación de ambos Cuerpos en 1761; la división en los ramos de Plazas y Fortificaciones, Academias de Matemáticas y Arquitectura Civil, Caminos, Canales y Puentes bajo el mando de Silvestre Abarca en 1774; la ulterior fusión de los ramos de Fortificaciones y Academias en 1784; y la reunificación de las tres secciones del Cuerpo en 1791 durante la comandancia general de José Urrutia.”²⁰⁷

3.5.3 La estructura jerárquica del ingeniero

Como se ha mencionado, tras los inicios del Cuerpo de Ingenieros Militares, su organización se basó en la asignación de ingenieros por regiones. Las Ordenanzas de 1718 estipulaban las funciones de sus miembros, principalmente el Cuerpo trataba de organizar una estructura jerarquizada que se basaba en la figura del comandante o ingeniero general que además debía ejercer el cargo de director general de fortificaciones. Este rol, le otorgaba el mando de un territorio dividido en provincias y cada una de éstas dependía de él.

La importancia de estas ordenanzas se encuentra en el contenido de su reglamento para determinar las atribuciones y deberes de los integrantes del Cuerpo Real de Ingenieros Militares, además de regular la redacción, tramitación y aprobación de proyectos, ejecución de obras y habilitación de recursos²⁰⁸. En ese sentido el Cuerpo juega un papel fundamental

²⁰⁴ Gallard Seguela, *op. cit.*, p. 206

²⁰⁵ Muñoz Corbalán, *op. cit.* p. 21

²⁰⁶ Ramón Gutiérrez, “La organización de los cuerpos de ingenieros de la Corona y su acción en las obras públicas americanas” en *Puertos y Fortificaciones en América y Filipinas, Actas del Seminario*, Madrid, CEHOPU, 1984, p. 63

²⁰⁷ Muñoz Corbalán, *op. cit.* p. 22

²⁰⁸ López Muiños, *op. cit.* p. 255

en la ejecución de los actos técnicos de los Ingenieros Militares ya que la estructura jerárquica y la reglamentación de los procesos, incide en la toma de decisiones, por lo que retomando la conceptualización de la técnica por parte de Jaime Fisher, quien la ha definido como la toma de decisiones de los agentes intencionales, se estaría considerando que la estructura del Cuerpo de Ingenieros Militares influyó en la acciones llevadas o no a la realidad.

Los miembros del Cuerpo Real de Ingenieros Militares tenían grados de acuerdo con su trayectoria en el ejército. Estos grados eran concedidos por el Rey con el aval y recomendaciones de sus superiores. A su vez, el desarrollo de sus actividades como ingenieros se realizaba debido a las funciones de sus puestos que a la vez repercutía en su ingreso económico y estatus social. En diversas ocasiones, sobre todo en los ingenieros que trabajaron ultramar, se han registrado peticiones para ascender de grado, que no siempre son tomadas en cuenta o asignadas, incluso en los archivos históricos se encuentran referencias de familiares que una vez fallecido el ingeniero reclama la asignación de recursos de acuerdo con el grado militar.

En los puestos desempeñados por los ingenieros militares presentados en la tabla 3.5 no se incluye la figura del ingeniero voluntario, un puesto que no dependía de la asignación de la estructura militar y no generaba un subsidio económico, pues la persona que ingresaba a ese cargo por voluntad propia tenía el interés de desempeñarse como aprendiz y sujetarse a las órdenes de los ingenieros en puestos superiores a quienes ayudaba en sus labores, a cambio de ir desarrollando sus habilidades en el arte de fortificar.

Tabla 3.5 Grados militares ordenados del menor al mayor rango²⁰⁹
Grados
Subteniente
Teniente
Capitán
Teniente coronel
Coronel
Brigadier
Mariscal de campo
Teniente general

²⁰⁹ Tabla basada en Martine Gallard Seguela, op. cit. 2005

Tabla 3.6 Puestos desempeñados por los ingenieros militares de menor a mayor cargo de atribuciones²¹⁰
Puestos
Ayudante de ingeniero/ Delineador
Ingeniero extraordinario
Ingeniero ordinario
Ingeniero segundo
Ingeniero en jefe
Ingeniero director

3.5.4 El saber científico de los ingenieros militares

La formación científica de los ingenieros militares pasó también por diversos procesos. En el siglo XVI, “la manera más común de formarse como ingeniero era siendo ayudante durante años de un ingeniero experimentado”²¹¹ e incluso podía formarse con un familiar o alguien ajeno, a la manera de los antiguos métodos de aprendizaje con la relación maestro-discípulo. Como ejemplo se tienen referencias de Jerónimo de Soto trabajando como discípulo de Spannochi.

Sin embargo, poco a poco, como se ha mostrado en los anteriores temas, tanto los tratados como las academias e incluso el cuerpo de ingenieros contribuyeron en la construcción de la profesionalización del ingeniero militar. Y durante el siglo XVIII, los únicos que entraban como aprendices a la estructura jerárquica de los ingenieros militares eran los ingenieros voluntarios.

Los hombres de guerra debían demostrar su nivel social y técnico en las plazas asignadas, aunque la estructura del ejército es de un autoritarismo jerárquico, la actividad de cada ingeniero era importante y su forma de ganar respeto implicaba la eficacia operativa de sus acciones, las cuales debían demostrar su fundamento científico.

La aritmética, la geometría y en sí las matemáticas fueron las bases del saber científico de los ingenieros; quienes tenían que ser prácticamente perfectos en el arte de fortificar. La guerra como escenario de sus intervenciones, generó diversas experiencias que complementaban su formación. La ciencia de la construcción siempre fue imprescindible²¹² y los ingenieros demostraron su capacidad para dominar los contextos naturales donde tenían que levantar las fortificaciones. Sus habilidades y conocimiento llevaron a que los virreyes y gobernadores se sirvieran siempre de ingenieros y “por esa razón desde la corte se recurría constantemente a ellos para que informaran sobre estos profesionales, sus

²¹⁰ Tabla basada en Martine Gallard, *Idem*.

²¹¹ Cámara Muñoz, 1998 op. cit., p. 94

²¹² *Ibidem* p. 93

calidades y su disponibilidad para trasladarlos a trabajar a los reinos peninsulares donde tanta falta hacían.”²¹³

La base de conocimientos marcó la diferencia con un maestro de obras, pues los ingenieros eran militares que, partiendo de consideraciones matemáticas, se centraban en la estática, la mecánica y la resistencia de los materiales de sus futuras obras; por ello se explica que sus fuentes de saberes “eran las principales *mechanicas* promovidas por Tartaglia (1546), Guidobaldo dal Monte (1577), Simon Stevin (1586) o Galileo (1600)”.²¹⁴ Las cuales, aunadas al acervo de la tratadística militar generaban un campo inagotable y potencial de conocimientos.

La técnica moderna además exigía que los ingenieros militares estudiaran obras como La Estática de Edme Marriotte en el “*Traité du mouvement des eaux*”, publicada por Philippe de La Hire; “*Traité de mécanique*” (1695) y “*Sur la construction des voûtes dans les édifices*” (1712), ambas obras de Philippe de La Hire; “*Nouveau cours de Mathématique* (1725) y “*La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et architecture civile*” (1729) de Bernard Forest de Belidor; así como “*Traité des Ponts*” (1716) de Huber Gautier.

Con esas obras que fueron difundidas principalmente por la ingeniería militar, los hombres de guerra podían analizar científicamente los diversos aspectos constructivos como la distribución tensional de la flexión de una viga que no es uniforme, disponiendo de una distribución triangular (Mariotte, 1686), una teoría concretada por Parent (1713) y difundida por Belidor (1729); también tenían el fundamento para analizar el equilibrio de arcos y bóvedas bajo la teoría de la cuña, estableciendo cuál sería el peso de las dovelas para que sea posible la estabilidad, mediante el método del polígono funicular. La Hire (1695); estudios sobre los estribos para una bóveda, analizando que si éstos son insuficientes se rompen en un ángulo de 45° y la parte superior actúa como cuña, creando una fuerza que volcará el estribo. La Hire (1712); Belidor simplifica el método de La Hire reduciendo a unas tablas el estribo necesario para la construcción de bóvedas. (1725) Además era básico estudiar la condición de estabilidad de estructuras de fábrica, en cuanto a los empujes de arcos de medio punto y arcos apuntado. Gautier (1716) y aprender a determinar el Empuje máximo y mínimo de un arco, basado en las teorías de Coulomb (1773)²¹⁵. Todos estos avances científicos y sobre todo su aplicación directa en las fortificaciones contribuyeron en el avance de la técnica moderna.

²¹³ Ibidem, p. 45

²¹⁴ Josep Lluís i Ginovart, *El contexto del saber constructivo del ingeniero militar en Arte abaluartado en el territorio y plaza de Tortosa (1580-1852)*, p. 5, Consultado en <https://patriarq.wordpress.com/2015/10/19/el-contexto-del-saber-constructivo-del-ingeniero-militar-en-el-arte-abaluartado-en-el-territorio-y-plaza-de-tortosa-1580-1852/>

²¹⁵ *Ibid*, pp 13-14

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

**CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN
CONSTRUCTIVA DE LA ARQUITECTURA
MILITAR MODERNA**

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

4.1 Caracterización

En la labor de generar un mayor conocimiento sobre técnicas constructivas se ha fundamentado el concepto y los ejes que delimitan su enfoque teórico, se ha reconocido cómo históricamente se transformaron las obras militares en una estrecha vinculación con los cambios evolutivos de la técnica, y ahora, para tener las bases que permitan identificar las técnicas presentes en el objeto arquitectónico militar es importante caracterizarlas. Este capítulo expone los rasgos particulares de las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna desde la visión general de ésta como un sistema hasta la distinción de las cualidades que se manifiestan en los elementos físicos de las obras.

Por tanto, la caracterización de las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna parte de los siguientes aspectos:

- a) Las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna pertenecen a un sistema técnico.
- b) Son generadas por condicionantes y factores determinantes que las definen.
- c) Son inmanentes en los elementos arquitectónicos, el uso de los materiales constructivos y la ejecución de un método.

La caracterización de las técnicas constructivas como parte del sistema técnico de la arquitectura militar moderna, contribuye al reconocimiento de los diferentes ámbitos que articulan la generación, elecciones y producción de las técnicas, por lo que toma importancia entender el rol de cada uno en el contexto histórico, social y cultural como un pieza clave para la interpretación de los actos técnicos y las diferencias que se establecen de acuerdo con las variantes de las partes que articulan el sistema.

La variedad de técnicas refleja la influencia de ciertos detonantes en la producción de un elemento, por lo que se distinguen los condicionantes y determinantes de una técnica. El condicionante como un limitante de la creación o elección de una técnica, aquello que define o moldea el camino a seguir en la acción técnica, y los determinantes como las causas o factores causales del modo en que se desarrolla la técnica. La comprensión de estos factores lleva a entender el papel de la técnica en la productibilidad, ya sea durante el proceso previo, constructivo o como el artefacto final, así como la manifestación a través de sus diversas cualidades que nos permiten establecer los diferentes tipos o constantes en las técnicas constructivas.

Los elementos arquitectónicos de la arquitectura militar moderna son los testimonios del uso de las técnicas, por lo que su registro y análisis permite identificar las acciones

aplicadas. Sin embargo, cada elemento posee una forma diseñada y cumple con una función específica en la obra que a la vez es considerada en su ejecución, por lo que la elección de las técnicas se vincula tanto con la morfología como con la función del elemento. De esta manera, el estudio de los rasgos técnicos que permite identificar las técnicas se realiza a partir de considerar la posibilidad que cada tipo de elemento ofrece en la configuración estructural y defensiva de la obra. Los elementos arquitectónicos que sean susceptibles de ser considerados como indicadores de las técnicas coadyuvan por sí mismos las técnicas ejecutadas. Caracterizar la técnica, implica considerar la influencia de la propia forma y función del elemento en la interpretación de las cualidades registradas.

Para estudiar la relación entre la técnica aplicada y el resultado evidente en el elemento arquitectónico resulta interesante que la conservación de los elementos completos en la arquitectura militar moderna permite apreciar la influencia de la forma de tal elemento en la creación o elección de técnicas, a diferencia de otros ejemplos como la arquitectura militar medieval que limita el análisis a sus muros, por ser los elementos que comúnmente se conservan; en cambio, en los conjuntos fortificados modernos se encuentran aspectos como la configuración geométrica que se convierten en puntos importantes para el análisis.

El estudio de los materiales ha sido un aspecto central en las investigaciones previas sobre arquitectura militar antigua y medieval, pues a través de las variantes encontradas en los elementos arquitectónicos, se revelan las técnicas aplicadas. Independientemente de la ubicación geográfica, la caracterización de las técnicas a partir del registro y análisis de los materiales permite distinguir sus peculiaridades según la fuente del material, la extracción, la manipulación y la composición en el elemento. Y de esta manera, también se aprecia como las técnicas constructivas no sólo se refieren al tipo de material, sino a parte del proceso que, a su vez, se ha distinguido, se relaciona con el contexto, con los condicionantes y de hecho, como parte de todo el fenómeno visto como sistema.

Caracterizar la técnica constructiva en la arquitectura militar moderna, implica distinguir sus rasgos particulares a partir de cada uno de estos aspectos, identificar la interacción de cada uno de ellos, desde lo general a lo particular. Durante su apreciación se distinguirán también ejemplos de técnicas en otras regiones, que permitirán ser consideradas como referentes, comparaciones o analogías con los actos técnicos generados en la región veracruzana del siglo XVIII.

4.2 Sistema técnico de la arquitectura militar moderna

En el segundo capítulo de esta tesis se hizo referencia sobre la importancia de abordar la técnica como un sistema, pues ello facilita la comprensión del fenómeno complejo en el que actúan diversos componentes y factores que inciden en la toma de decisiones y elecciones. Un sistema técnico es una red de relaciones dinámicas entre objetivos, medios y fines para producir con eficacia operativa mediante la racionalización de los métodos aplicados. A su vez, el sistema se ubica como parte de una trama de relaciones mayores que corresponden con el proyecto social de intereses dominantes en determinada temporalidad. La

articulación de todos los componentes los hace pertenecientes, consecuentes o causantes de los resultados.

La técnica como una acción intencionada para construir un elemento arquitectónico ha sido analizada en forma fragmentada y pocas veces como un sistema, pues cualquier parte es susceptible de estudiar. Es común que la técnica sea considerada como un procedimiento, aquel momento intangible de creación o construcción, o bien como el resultado presente en el artefacto material, factible de ser registrado y evaluado; sin embargo, un panorama general de los vínculos y contextos, fundamentarían la correspondencia entre la técnica moderna y la técnica constructiva en el marco de posibilidades de elecciones que se presenta en el sistema técnico de la arquitectura militar moderna y eso a la vez resulta interesante para identificar las diferencias de la técnica constructiva moderna.

Considerar a la técnica como un dominio en el proceso de ejecución le lleva a ser identificada como el medio para un fin, entonces los estudios adquieren relevancia en el planteamiento de hipótesis ya sea del suministro, explotación, extracción, corte, traslado o composición de los materiales, de los trabajos preliminares, complementarios o de los procedimientos ejecutados por los operarios. Por el contrario, en el caso de que la técnica se estudie a través de los resultados concretos, el hecho de aproximarse a los objetos estáticos, físicos y tangibles permite abundar en el registro y análisis según ciertas metodologías y estructuras de categorización y asociación, como se ha visto en los estudios paramentales de la técnica constructiva medieval.

En consecuencia, aproximarse a la técnica como un sistema posibilita unir el proceso con el fin y estar abiertos a una visión más amplia, que involucra tanto al ambiente técnico como a los agentes intencionales que precisamente toman las decisiones conducentes de la técnica constructiva, así a pesar de que durante el estudio se particularicen ciertos aspectos para facilitar el análisis, se espera tener presente la relación y correspondencia con el todo.

En el sistema técnico de la arquitectura militar moderna se manifiestan **acciones técnicas** que transforman el contexto en pro de la seguridad de un grupo social, a la manera de una imposición sobre la naturaleza de la que nos hablaba Ortega y Gasset, pero en este caso, la necesidad a cubrir es la protección, y para ello se realizan diversas acciones intencionadas que a su vez generan cambios técnicos importantes. Baste recordar que la milicia siempre ha estado a la vanguardia tecnológica como una garantía de la seguridad que debe ofrecer. En el caso de la arquitectura moderna, las acciones técnicas se apoyan en los saberes y avances científicos para crear los objetivos concretos con los recursos o medios disponibles.

Como se ha presentado en el primer capítulo de esta tesis, el estudio de la arquitectura militar moderna, en muchas ocasiones se ha realizado en base a la morfología de la obra y no se ha apreciado desde la manifestación del fenómeno técnico-constructivo. Las acciones técnicas de la arquitectura militar moderna son transformaciones del entorno proyectadas en base a un análisis de los sitios, una tendencia a la geometrización racional que transita del conocimiento tradicional al científico en la búsqueda por establecer conjuntos o edificaciones de protección y defensa. Esa transformación racionalizada no sólo aporta un

nuevo lenguaje formal y geométrico, sino también una serie de alternativas técnicas para edificar los componentes de la fortificación abaluartada. Por consiguiente, en este rubro se pueden considerar tanto la composición arquitectónica como la solución estructural de los proyectos y obras de arquitectura militar. Las acciones técnicas se desarrollan en el ambiente técnico moderno, en el que se construyen los objetivos concretos mediante el uso de métodos que involucran el conocimiento constructivo de sus agentes intencionales.

En el caso de la arquitectura militar, los **objetivos concretos** corresponden al ¿qué hacer? y en la respuesta se encuentra en los elementos constructivos y militares que componen los sistemas defensivos. El objetivo concreto es el artefacto resultante de la técnica, en el que se manifiesta el proceso y el fin último. Las estructuras defensivas adoptan diversas formas según la tipología arquitectónica, pero a la vez se componen de elementos generales como cimentaciones, apoyos, entrepisos y cubiertas, elementos de acceso y comunicación horizontal o vertical, acabados y otros. Si se consideran las diversas escalas en que se desarrollaron los conjuntos defensivos, sus clasificaciones y componentes arquitectónicos que se han identificado como parte de una tipología de la fortificación moderna se puede tener un enorme abanico de elementos defensivos que fueron proyectados con el objetivo de protección, defensa y ataque.

A su vez, las construcciones militares se desarrollaron en un **ambiente técnico** compuesto tanto por el nivel de conocimiento técnico como por la realidad contextual. Esta última se identifica en dos escalas: por un lado, los intereses políticos, económicos y militares de la monarquía que dirige las estrategias de defensa y ataque, y por otro el contexto socio cultural y económico de las plazas donde se ubican los sistemas de fortificación. En consecuencia, en análisis del contexto físico y cultural no debe ser considerado a la ligera, pues sus características sí intervinieron de manera determinante en la toma de decisiones durante la aplicación de los procedimientos constructivos.

El *cómo hacer* las operaciones técnicas se basa en el panorama de posibilidades de elecciones que ofrecen los medios y el ambiente técnico, por lo que en este apartado se asume que en primer lugar los **saberes constructivos** constituyen la primera fase del proceso técnico: el conocer científico y empírico que permite crear los actos técnicos. El conocimiento constructivo, es una temática muy extensa, pues incluye los saberes teóricos fundamentados en la tratadística militar, la formación académica, los avances científicos y tecnológicos y los conocimientos ancestrales o basados en la tradición constructiva, principalmente de quienes ejercían la mano de obra. "El saber constructivo es el que aporta métodos al arquitecto para que sea capaz de optimizar los resultados de las formas construidas frente al complejo conjunto de exigencias esencialmente contradictorias entre sí."²¹⁶

Los **agentes intencionales** son todas las personas involucradas en la elaboración del proyecto, coordinación, supervisión y ejecución de la obra, y que, por tanto, son quienes toman las decisiones. Los agentes se dividen en dos grandes grupos: en uno, se integran

²¹⁶ José Luis González Moreno-Navarro, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza Forma, 1993, p. 17

arquitectos, ingenieros y personas involucradas con la milicia quienes establecen las directrices de las obras y por tanto la intencionalidad técnica o la principal toma de decisiones surge de ellos, sin embargo, el segundo grupo compuesto por la mano de obra: albañiles, artesanos, canteros, herreros, carpinteros, también influyen de cierto modo indirecto en las elecciones que repercuten en la definición de los procesos técnicos, por lo cual se considera importante incluirlos en el sistema técnico como agentes intencionales.

En cuanto a los recursos materiales como **medios** para la ejecución de técnicas, se incluyen tanto los materiales constructivos, como las herramientas, máquinas de construcción y todo el tipo de obras temporales que apoyaron la construcción definitiva de las obras defensivas. La idea arquitectónica se transforma en construcción mediante el montaje conjuntado de numerosos tipos de materiales que se someten a diversas manipulaciones para que un edificio posea la calidad funcional y formal exigida. Todos los materiales sufren algún tipo de manipulación más o menos compleja antes de llegar a la obra y llegan como productos semi-elaborados. Generalmente estos procesos se denominan extracción o producción.

Por otra parte, en lo que respecta a las herramientas manuales algunas seguirán siendo utilizadas y otras durante el siglo XVIII, se reemplazarán por artefactos mecánicos que “hacen más eficiente la inversión de la energía: ellas acortan la duración de los tiempos de duración de los trabajos y disminuyen el número de hombres empleados; pero también requieren del intelecto humano para su creación”²¹⁷.

La técnica estuvo al servicio de la monarquía, entonces el para qué fue llevada a cabo, nos define **los fines** que tuvo: demostrar el control y dominio. En el siglo XVIII el escenario bélico se transformó en todos los sentidos, por un lado, ciertos sectores de la sociedad española trataron de renovarse en base a la ideología de la Ilustración y por otro, el ámbito de guerras internacionales, mantuvieron en alerta constante a la corona. La situación en general trajo consigo la emisión de reformas que normatizaran las directrices de la monarquía, sistematización de la formación científica de los ingenieros y proyectos a macro, media y micro escala, en donde la prioridad era establecer el equipamiento militar indispensable implicó modernizar y complementar las estructuras militares así como el mejoramiento de la infraestructura de los caminos de cada región para alcanzar la eficacia en las comunicaciones y movimientos de defensa.

Como se ha señalado, el sistema técnico se manifiesta a través de las obras militares modernas como acciones técnicas que son decididas por los ingenieros militares principalmente y que contribuyen a la transformación de los contextos naturales, artificiales y culturales con la erección de elementos constructivos diseñados para la defensa y ataque de un grupo social. Los conocimientos constructivos son un importante factor en las elecciones y toma de decisiones, pues al igual que los materiales se vuelven los principales medios para solucionar la creación de los elementos constructivos en los que queda plasmada el resultado técnico. Así, la técnica como una acción intencional y sistematizada está presente en todo.

²¹⁷ Galindo Díaz, *op. cit.*

4.3 Condicionantes y determinantes de productibilidad

La técnica posibilita que un elemento arquitectónico sea construido, sin embargo, existen diversos caminos para ejecutarlo, precisamente por eso se ha definido como una acción intencional de elecciones lo que a su vez diversifica los resultados. Por ejemplo, podemos ver múltiples casos de murallas de tapia de tierra levantadas para la defensa, en las que se emplea un encofrado y un vaciado de tierra; pero también encontraremos diferencias en cuanto a la conformación del material, dimensión de los módulos de la tapia o del propio elemento, elaboración y colocación de encofrado, por mencionar algunas variantes. De hecho, la técnica tiende al cambio, en diversas ocasiones generada por la búsqueda de la reducción del esfuerzo por llevar a cabo la acción, lo que conlleva al llamado progreso técnico.

Ante la variedad de posibilidades para la producción de un elemento arquitectónico ha surgido en primera instancia el cuestionamiento sobre qué condicionó de manera definitiva la elección de la forma, los materiales y los procedimientos constructivos para hacer realidad la arquitectura militar veracruzana en el siglo XVIII. ¿Por qué se observan diferentes técnicas en una obra del mismo siglo? ¿qué influye en la toma de decisión de determinados materiales o formas de composición para un elemento arquitectónico? ¿acaso es sólo para reducir el esfuerzo? ¿Qué hace posible tal elemento?

Fisher dice que, en el sistema técnico, el agente intencional es el condicionante de una técnica; en este caso sería el ingeniero militar encargado de las obras quien eligió cómo construir los elementos para lograr la efectividad de la función que debieron desempeñar, además de la reducción del trabajo y costo. Cabe recordar que las principales características de la labor del ingeniero militar moderno fueron la prontitud, solidez y economía. Y aunque tampoco se puede dejar de lado la intervención de la mano de obra ejecutante, se partirá del hecho que el ingeniero militar por su jerarquía y conocimiento llevó la dirección de las obras, lo que implicó la elección, validación y seguimiento de los actos.

De esta manera, la técnica como un sistema complejo de relaciones que llevan a una acción intencional en el mundo implica en primera instancia un saber hacer concreto²¹⁸ por parte de los ingenieros militares, es decir, el elemento arquitectónico militar surgió del saber hacer condicionado por el ingeniero moderno que buscó la eficacia operativa y reducir los esfuerzos para construir con mayor rapidez y economía las obras en un sitio determinado. Así el militar en las diversas plazas tuvo que valerse tanto de sus saberes académicos como de su experiencia para la toma de decisiones en cuanto al uso de los recursos del medio y el manejo de la mano de obra para configurar una técnica y alcanzar la construcción de las obras defensivas.

Entonces en la ejecución de los actos técnicos, los elementos se condicionaron indirectamente por el conocimiento y la habilidad de los ingenieros militares para crear el diseño y solucionar su ejecución. Las elecciones con respecto al diseño del elemento, los materiales utilizados, su composición o conformación, los procesos de puesta en obra fueron elegidos entre los recursos disponibles en el contexto de las obras y el ambiente

²¹⁸ Fisher, *op cit.*, p. 45

técnico en el que se constituyó el perfil del ingeniero, por eso las técnicas varían o se matizan en relación con sus realizadores y las regiones geográficas, en este último caso, por el uso de diferentes materiales lo que a su vez influye en la propia adecuación de éstos para su uso. En los elementos constructivos podemos identificar como la técnica emerge de la transacción del hombre y su medio ambiente, que es básicamente lo que evaluamos al analizar la técnica como un producto final.

Como se puede observar, el condicionante de productibilidad va precisando el acto técnico correspondiendo con la secuencia de la técnica constructiva. Por esta razón se justifica el tener referencias sobre los saberes constructivos de los ingenieros militares, la experiencia acumulada en sus diferentes plazas, los métodos de análisis de los contextos, así como de su diseño, las formas geométricas recurrentes en el arte militar, las soluciones estructurales, las fases para la construcción, desde la búsqueda de materiales, experimentación, fabricación, extracción, corte, traslado. Todo en conjunto permea en el objeto final construido, la técnica está supeditada al ingeniero militar quien aplica lo aprendido con anterioridad, ya sea por la academia o por su propia puesta en práctica y la moldea, matiza o restringe bajo las circunstancias en que se encuentra, por lo que entender las condiciones en que el ingeniero construyó ayudará a entender los escenarios en que se generaron las distintas técnicas y las características que presenta.

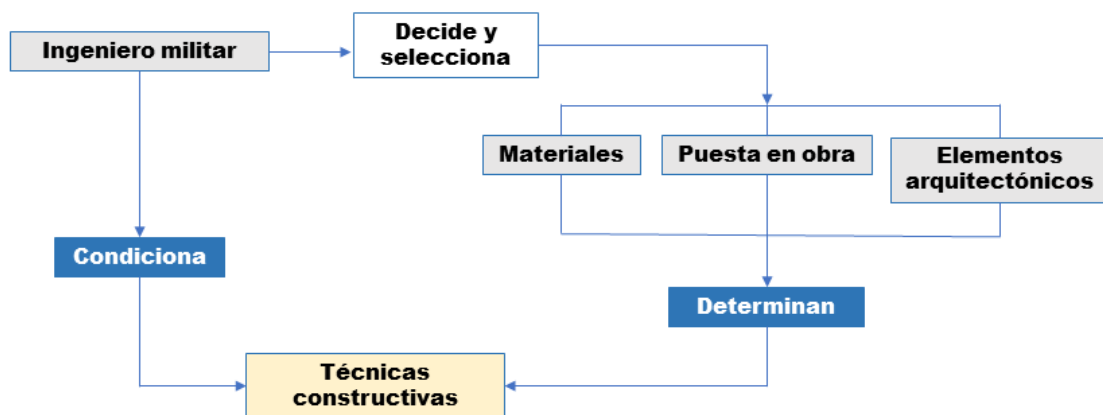


Figura 4. 1 Condicionantes y determinantes de las técnicas constructivas de la arquitectura militar moderna.

A su vez, aquello que el ingeniero militar condiciona, es un determinante para la técnica constructiva. Paricio²¹⁹ señala que los aspectos determinantes de una técnica corresponden con las características del material, el proceso de puesta en obra y el elemento constructivo. Estos factores son causales de las técnicas constructivas porque ofrecen las múltiples posibilidades de ella. Por consiguiente, la variedad de las técnicas que encontraremos en la arquitectura militar se determina por la forma y composición de los materiales, la puesta

²¹⁹ Paricio, *op. cit.* p. 52

en obra reconocida como el proceso de construcción de los elementos de un sistema que interactúan en partes y como un todo estable, así como por la forma y solución estructural del propio elemento constructivo en donde se identifica y expresa la técnica.

En conclusión, para caracterizar una técnica constructiva es posible considerarla a partir del agente intencional que la condiciona y en base a los factores causales que determinan las diversas variantes de las técnicas constructivas.

4.4 Elementos arquitectónicos

Los elementos arquitectónicos de una obra militar presentan a través de la conformación de sus materiales y sistemas constructivos la manifestación de los procesos técnicos, por lo que mediante ellos podemos reconocer ciertas características de las técnicas aplicadas. Precisamente esa situación ha llevado a estudiar las técnicas constructivas de la arquitectura militar medieval a través de metodologías de análisis paramentales, pues por las condiciones ruinosas de los conjuntos defensivos, los muros son los principales exponentes de los resultados técnicos.

Las técnicas constructivas se expresan a través de los elementos arquitectónicos como producto final. Éstos, al ser elementos tangibles se pueden registrar mediante diferentes metodologías y técnicas, tanto con instrumentos científicos como organolépticos. Los registros pueden ser analizados y de acuerdo con los datos obtenidos se pueden establecer las lecturas técnicas, interpretaciones, tipologías y asociaciones con otros elementos.

Ahora bien, si estudiamos la técnica a partir de la composición de sus materiales, como su tipo, dimensión o aparejo, existen variantes, por ejemplo, entre las aplicadas, en los muros y cubiertas, sobre todo por el sistema constructivo empleado. Esta circunstancia motiva a detenerse en la caracterización a partir del tipo de elemento en que se encuentren expresados los actos técnicos. Existirán elementos que compartan las mismas técnicas, pero otros en que definitivamente ofrezcan peculiaridades por su función o morfología específica. Esta situación quizá no ha sido abiertamente considerada, pues es común analizar las técnicas en un solo tipo de elementos, predominando los estudios en muros. No obstante, con la intención de caracterizar las técnicas presentadas en cualquier indicador se plantea una organización de éstos.



Figura 4. 2 Vista de la plaza de armas del Castillo de Montjuïc en Barcelona, España.

Tabla 4.1 Agrupación de los elementos arquitectónicos de acuerdo a su función en las obras militares modernas.				
Tipo	Grupo	Elementos arquitectónicos militares	Ubicación en la tipología militar moderna	
Por su función estructural	cimentaciones			
	apoyos	muros	Edificios militares, cuerpos de guardia, almacenes, iglesias, cuarteles, aljibes, torres	
		murallas	Cortinas	
		Caras y flancos	Baluartes y revellines	
		Pies derechos	Casamatas	
		Columnas	Cuerpos de guardia, edificios militares	
		Entrepisos y cubiertas	Planos con vigas de madera	Casamatas, edificios militares, torres
	Armaduras de madera		Almacenes de pertrechos,	
	Bóvedas		Casamatas, edificios militares, revellines, obras exteriores, baluartes, aljibes, almacenes	
	cúpulas		Garitas, vestíbulos, escaleras	
	Voladizo		Garitas	
	Por su función de comunicaciones	horizontales	puentes	Obras exteriores
			Caminos	Paso de ronda, paso cubierto, adarves
			Puertas	Portadas de puertas de acceso y enmarcamientos
		verticales	Escaleras	Edificios militares, torres
Rampas			Cortinas, revellines, baluartes, media luna, poternas	
Por su función defensiva	Integradas a muros o murallas	Merlones	Parapetos	
		Cordón magistral	Cortinas, baluartes y revellines	
		dados	Almacenes de pólvora	
		aspilleras		
	Pisos o rellenos	glacis	Obras exteriores	
		adarves	cortinas	
		foso	foso	
		través	Obras exteriores	
	banquetas	Adarves y obras exteriores		

Los elementos arquitectónicos de las obras en general se han agrupado constructivamente por su función estructural en: cimentaciones, apoyos, entrepisos y cubiertas. Otros elementos también estudiados son aquellos que vinculan los espacios identificados como comunicaciones verticales y horizontales. Estos dos grupos: estructurales y de

comunicaciones son aprovechables para incluir la mayoría de los elementos que encontraremos en la arquitectura militar moderna; sin embargo, también existen algunas formas constructivas como una respuesta directamente defensiva por la función que cumplen, y que permitirían reconocer el aporte de la tipología, por lo que se agrupan independientes. Entre estos elementos defensivos que corresponden con la tipología militar moderna se encuentran: merlones o almenas, aspilleras, cordón magistral, banquetas, colisas, glacis, adarves, dado, foso, través. Por consiguiente, los elementos de la arquitectura militar moderna son susceptibles de ser agrupados para la lectura y registro de sus técnicas en base a la función que cumplen, como se muestra en la tabla 4.1.

La anterior agrupación de elementos será una base para caracterizar las técnicas constructivas al considerar la vinculación entre la forma y la función estructural en el acto técnico. Al trabajar la identificación y registro de los rasgos particulares en un mismo tipo de elemento se contribuirá a la certidumbre en la asociación o agrupación de las técnicas. La influencia que ejerce el elemento en la técnica se basa en la función que cumpla el elemento, la forma que presente. Así a diferente función estructural o defensiva, le corresponderá una técnica diferente en cuanto al proceso de moldeado, vaciado o forjado de sus componentes.

4.5 Materiales constructivos

El empleo de los materiales es un aspecto fundamental de las técnicas constructivas, pues el acto de construir conlleva el hecho de la manipulación de un material, generándose una codependencia entre el elemento y su composición, ya sea desde la configuración proyectual, en la definición del sistema estructural, durante la planeación de la construcción, o bien en la ejecución del proceso edificatorio. Esta vinculación permea en toda la obra hasta el grado de propiciar en diversos casos un reconocimiento del inmueble en relación con un tipo de material o una técnica de aplicación específica, valoración que se mantiene muchas veces presente en la memoria colectiva e histórica. García del Valle y Villagrán señalaba que los materiales eran a la obra arquitectónica lo que los cromosomas son al organismo vivo²²⁰.

Por consiguiente, el uso de los materiales es un indicador importante de las técnicas constructivas, y al caracterizarlas es indispensable citar rasgos como el tipo, la forma o la composición en los elementos arquitectónicos. Incluso, se ha encontrado que diversas investigaciones sobre técnicas constructivas se basan únicamente en el análisis del empleo del material en las obras, sin profundizar en su relación con otros aspectos como los sociales o el ambiente técnico cultural.

Es evidente que, al ser el ingrediente principal tangible en el elemento arquitectónico, el material ejerce el protagonismo de la técnica constructiva, por lo que una caracterización basada en ello consideraría algunos de los siguientes rasgos:

- a) Tipo de material

²²⁰ Gabriel García del Valle y Villagrán, *Introducción al estudio de la edificación*, México, UNAM, 1993, p. 24

- b) Forma y tamaño
- c) Composición material en el elemento arquitectónico
- d) Variantes en la combinación de materiales
- e) Evolución en el uso del material
- f) Otros: calidad, resistencia, vulnerabilidades, etc.

Al describir una técnica constructiva se mencionan los materiales encontrados por su nombre común o coloquial en el contexto geográfico donde se localiza la edificación. Esto implica un reconocimiento del **tipo de material** mediante una inspección visual en sitio que facilita distinguir si se trata de arcillas, pétreos, metálicos, maderas, concretos, cerámicas u otros. Cuando se requiere una mayor especificidad sobre el tipo, composición y datación de los materiales, éstos se identifican por su origen orgánico o inorgánico, sus fuentes de extracción o clasificaciones de acuerdo con sus componentes. Algunas investigaciones se auxilian con ensayos físicos, ensayos químicos, exámenes microscópicos de barrido, fluorescencia y polarización, y otras incluso presentan resultados de análisis de difracción (DRX) y fluorescencia (FRX) de rayos X, microsonda electrónica (ME) y microanálisis por energía dispersa de rayos X (EDX). Los estudios enfocados a la datación de los materiales son los de radiocarbono, la termoluminiscencia o dendrocronología.

Ciertamente pocos estudios sobre técnicas constructivas incluyen análisis tan profundos y específicos, en la mayoría se presenta una identificación general del material o bien aluden a resultados de ensayos físicos y químicos. Los primeros arrojan datos sobre sus características de dureza, cohesión, densidad, porosidad, permeabilidad y efecto del calor. Los ensayos químicos determinan la solubilidad en agua, solubilidad en ácidos en frío o en caliente, así como la cantidad de iones en la solución. Los datos de estos estudios permiten caracterizar las técnicas con una interpretación más profunda de la combinación de materiales, justificación sobre sus variantes o validez de los tiempos de ejecución o conformación del elemento.

Por otra parte, en la caracterización de las técnicas es de suma importancia describir la **forma** de los materiales, pues ésta propicia la manera de integrarlos y participar en los elementos arquitectónicos. Incluso Paricio²²¹ sostiene que la esencia de la técnica constructiva es la manipulación física de los materiales encaminada a adoptar una forma concreta y conformar una parte específica del edificio en un sistema. Para lograr su integración a un sistema que cumpla con ciertas funciones, cualquier procedimiento considera inicialmente el aspecto externo que presentan los materiales en la obra, para posteriormente modificarlos y corresponder con el elemento planeado.

Atendiendo a la forma del material, se clasifican²²² en amorfos y conformados, éstos últimos a su vez se dividen en pequeños y grandes o semiproductos. Los materiales amorfos son aquellos que llegan a la obra sin una forma definida, es decir pulverizados, granulados, líquidos o como pastas. Los materiales conformados son aquellos que al llegar a la obra presentan un aspecto externo volumétrico irregular o regular, producto de un proceso de

²²¹ Paricio, Ignacio, *op. cit.*, p 43

²²² *Ibidem*, pp 43-51

extracción, o de producción, como la piedra, los sillares de cantería, el ladrillo, la madera, entre otros. Todos estos materiales fueron muy utilizados en la arquitectura militar moderna.

El **tamaño** de los materiales influye en el procedimiento de ejecución del elemento, pues define la maniobra de su uso. De esta manera, se requieren diferentes tamaños en los polvos o gravas, según la mezcla o pasta a utilizar, o bien, en los materiales conformados, el tamaño es importante para la manipulación del material. Paricio señala que los materiales tradicionales fueron diseñados para ser manipulados manualmente por el hombre²²³, por lo que las piezas idóneamente pueden manejarse con una sola mano como el mampuesto, la teja, el bloque, la bovedilla, el ladrillo, el adobe entre otros. Por otra parte, llama materiales grandes o semiproductos a aquellos que, en una escala de paramento, son producidos por un proceso de industrialización o corte con maquinaria especializada, los cuales por sus dimensiones permiten cubrir alturas de piso a techo rápidamente con una maniobra un tanto más complejo. Sin embargo, las grandes dimensiones en las piezas no resultan exclusivas de una fabricación industrializada, pues desde la construcción antigua se han utilizado piezas monolíticas a gran escala que implicaron técnicas diferentes de extracción, traslado, colocación y fijación.

Es importante también considerar que algunos materiales, aunque lleguen a la obra con una figura determinada, ya sea regular o irregular, aún pasan por un proceso de corte, talla, forjado u otro, que les permite integrarse adecuadamente al sistema constructivo. La modificación en la forma y tamaño del material muchas veces es considerada para caracterizar las técnicas, pues refiere ya un proceso técnico basado en un diseño geométrico elemental o complejo, planeación, uso de utensilios específicos y mano de obra.

La **composición material** es una particularidad de las técnicas que refiere al proceso de transformación del material base para ser incorporado en combinación con otros en el elemento arquitectónico. Esta incorporación se vincula directamente con la función que desempeñen los materiales en el sistema constructivo. Así tenemos que tanto materiales amorfos como no amorfos, pasan por un proceso que permite un trabajo “colectivo” y dependiente entre varios materiales para lograr una unidad. La nueva forma que adquirirá la combinación de los materiales en un elemento arquitectónico es un rasgo frecuentemente analizado en las investigaciones sobre técnicas constructivas. En éstas se pueden distinguir desde los materiales utilizados, el proceso de incorporación para conformar el elemento, hasta los materiales aplicados como acabados²²⁴. En términos generales, la composición se refiere a la manera en que se integran los materiales durante su puesta en obra. Para ello se considera como se ha mencionado anteriormente la forma del material listo para su utilización.

Es decir, si el material es amorfo, se transformará para su uso mediante elementos auxiliares que le den un soporte provisional o definitivo para que adquiriera una figura determinada o contribuya a generarla y pueda ser parte integrante de la obra arquitectónica. La combinación de materiales amorfos produce mezclas de gran plasticidad que son aplicadas sobre otros materiales a través de un tendido cuando la pasta será utilizada como

²²³ *Ibidem*, p. 45

²²⁴ Véase por ejemplo los estudios de Amparo Graciani García y de Jacinto Canivell, citados en el capítulo 1 de esta tesis.

aglomerante, acabado o entortado, o bien, la mezcla es vertida o confinada en un molde o encofrado para obtener una forma tridimensional. En ambos casos, la puesta en obra cuidará del fraguado y la permanencia de la cohesión material, y evidentemente el proceso seguirá diferentes técnicas según la composición de la pasta, su manejo, aplicación o vertido, fraguado y desmoldado en su caso.

En los materiales que poseen una forma definida, la integración se genera a través de la adición de sus piezas hasta completar el elemento o una parte específica, o bien con la fijación a través del uso de pequeñas piezas diseñadas para garantizar la efectividad de la unión. Los materiales conformados adheridos utilizan generalmente mezclas de materiales amorfos, como los aglomerantes hidráulicos o aéreos, y se reconocen como parte de un trabajo de la albañilería, su estudio se relaciona con el análisis de las técnicas por fábricas aparejadas, ya sean de ladrillo, piedra o mixtas. La gran variedad de procesos para elaborar elementos por la composición material de piezas conformadas ha producido incluso casos en que no es necesario el uso de morteros, sino que la unión se ha resuelto a través de ensamblajes o por el trabajo a compresión de sus materiales.

Tabla 4.2 Técnicas de puesta en obra en relación con la forma de los materiales²²⁵.				
Forma del material	Trasformación	volumétricas		superficiales
Amorfo	Conformación	Moldeado		Tendido
Conformados	Adición	Con aglomerantes hidráulicos o aéreos	Albañilería (fábricas aparejadas) Grandes paneles	Solado
		Otros adhesivos	Encolado Soldadura	
	Fijación	Con clavos, tornillos, tacos o inserciones		Chapado

Un elemento arquitectónico se puede resolver a través de la práctica de diferentes técnicas constructivas relacionadas con su composición material. Esta característica ofrece la posibilidad de múltiples líneas de investigación según se transforme el material, se combine o se modifique su forma inicial, por esa razón veremos que su estudio es ampliamente recurrido en las investigaciones sobre técnicas constructivas. Por consiguiente, la composición material también es una temática incluida en constantes trabajos sobre arquitectura militar.

El moldeado es una de las técnicas más antiguas de la construcción que como se ha descrito en el capítulo 3 de esta tesis, ha sido utilizado en la arquitectura militar antigua y medieval principalmente, que además la encontraremos en la arquitectura militar moderna, muchas veces de manera imperceptible, pues las técnicas de construcción son diferentes para responder a las exigencias de la poliorcética. La técnica básica consiste en integrar un material o mezcla de materiales amorfos en un molde y su posterior endurecimiento o fraguado, con el objetivo de generarse un sólo elemento con comportamiento solidario. El primer material utilizado ha sido la tierra o arcilla, por lo que encontraremos que las tapias de tierra son los ejemplos representativos de esta técnica.

²²⁵ Tabla basada en la clasificación de técnicas de puesta en obra que presenta Ignacio Paricio, *op. cit.* p. 47

En la arquitectura militar moderna, la eficiencia de la técnica de moldeado propició su uso, sobre todo por ofrecer las ventajas de la rápida ejecución de los elementos y bajo costo, que además por ser una técnica tradicional de autoconstrucción, operarios sin una preparación especializada podían participar en la puesta de obra, por lo que los soldados que arribaban a cualquier región para fortificarla recurrían a esta técnica. Aunque los requerimientos de las fortificaciones abaluartadas exigían una mayor resistencia al golpe de las balas de cañón, las construcciones de tapia de tierra o bien de tapia de cal y canto fueron recursos ampliamente utilizados y en algunos casos reforzados por paramentos de sillería de cantería regular, sobre todo en los casos en que las labores constructivas podían disponer del tiempo para ello.

En el moldeado existen aspectos fundamentales a considerar: la plasticidad de los materiales, las fases de vertido o compactación del material, el fraguado, la cohesión y el molde o encofrado. La calidad de los materiales es importante para lograr la plasticidad de la mezcla, el tiempo de fraguado es otro aspecto por cuidar para evitar contracciones o deformaciones y alcanzar la solidez del elemento que le permita resistir a las tracciones. Los moldes pueden ser provisionales como los comunes encofrados con madera siguiendo la técnica de colocar agujas y tensores o bien levantando además paramentos de piedra que contienen el núcleo confinado y que además darán mayor resistencia al elemento ante los ataques de balas de cañón.

El hormigón de cal, como se conoce a la mezcla de cal, arena, pequeños fragmentos de arcilla cocida (ladrillo, teja o solera) y agua, fue también una composición material muy utilizada en la arquitectura militar, tanto para pisos, como para cubiertas, en donde después de integrar rellenos sobre las bóvedas y enjutas se colocaba una capa de hormigón. Evidentemente las combinaciones de materiales o las proporciones variaron las técnicas utilizadas, pero las ventajas de eficiencia y rapidez fueron muy utilizadas en la arquitectura militar moderna.

Asimismo, las mezclas de cal para aplanados y enlucidos permitieron proteger los elementos constructivos de la arquitectura militar moderna. Aunque actualmente pocas áreas conservan su aplanado, existen testimonios de su uso en las relatorías de obra, principalmente en los edificios militares, interiores de casamatas, iglesias y en espacios esenciales de aislamiento como los aljibes, en donde incluso las mezclas debían combinar materiales específicos que evitaran filtraciones y permeabilidad.

Y si en materiales amorfos existieron diversas técnicas, en el caso de la composición material de los conformados se generaron aún más combinaciones que propiciaron el uso de múltiples técnicas. Como se ha mencionado el manejo de los materiales conformados de "formato manual" propició el trabajo de las fábricas aparejadas, técnicas ampliamente utilizadas en la arquitectura militar, ya lo veremos desde los muros de edificaciones militares, cuarteles, iglesias, almacenes, cuerpos de guardia, muros y fachadas de casamatas, torres, garitas, entre otros.

Las fábricas aparejadas son motivo de investigaciones en muchos casos por el uso de su material principal, ya sea piedra o ladrillo. Cabe destacar que el adobe es poco utilizado en las obras militares, pero tampoco se puede descartar la posibilidad de su existencia, pues

los materiales comúnmente utilizados fueron los que se encontraban más accesibles o de fácil manufactura en las plazas a fortificar. Y un claro ejemplo es Veracruz, con la utilización de los corales fosilizados como material constructivo.

Las fábricas aparejadas fueron utilizadas tanto en muros como para la edificación de bóvedas y cúpulas. Las exigencias de la composición material dependen de las características de éstos²²⁶ y del aglomerante que propicia la cohesión entre las piezas y garantiza la unidad, pues la finalidad de unir las pequeñas piezas es lograr ese trabajo mecánico solidario en un elemento arquitectónico. Bajo ese objetivo, las técnicas han variado por la creación de nuevas formas que permitan la mejor cohesión de las piezas, y esas variaciones nos proveen de un amplio campo de investigación.

Los dos aspectos indispensables por distinguir en un estudio de técnicas constructivas sobre la composición de fábricas aparejadas son: la trabazón y la cohesión. Se ha llamado trabazón a la cualidad que confiere el orden de colocación de las piezas de material evitando la rotura por tracción mediante un acomodo que haga lo más compleja o laberíntica la superficie de contacto pieza-pasta²²⁷, y con ello evitar el movimiento de las piezas. Para garantizar la trabazón, además de la creación de orden en la colocación de las piezas, se requiere de un aglomerante que fije esa organización de los materiales. Como ya se ha señalado, el aglomerante es una pasta de material amorfo. La calidad del aglomerante y la solución de la trabazón proveerán de la buena cohesión en las fábricas aparejadas.

Sin embargo, la composición de materiales conformados también se logró sin la mezcla de materiales amorfos, es decir sin morteros aglomerantes, como puede ser el caso de la trabazón en piezas de cantería por ensamblaje, contrapeso o uso de grapas de fierro, como recursos para la unión de las partes que conformaban elementos estructurales principalmente.

La diversidad de los procesos, participantes y resultados en las combinaciones materiales motiva su estudio, por el hecho mismo de conocer los procesos históricos simples o complejos de la transformación de los materiales o bien por la oportunidad de profundizar en una muestra de casos de estudio que permitan establecer asociaciones, patrones y variantes.

En consecuencia, se han realizado investigaciones sobre las variantes de una técnica a partir de determinar la “técnica base”. Esto conlleva a considerar en la caracterización de las técnicas las **combinaciones de materiales** o procesos que van sustituyéndose o incorporándose, así como la verificación de su transformación formal²²⁸. Indiscutiblemente al tratar de caracterizar las técnicas bajo estos rasgos de variantes o modalidades de las composiciones materiales en los elementos, es necesario ampliar el campo de estudio a casos que coincidan geográfica o culturalmente y permitan a su vez encontrar las diferentes causas de su variación.

²²⁶ Ahí es donde toma relevancia un estudio más profundo de los tipos de materiales cuando desconocemos las generalidades de éstos.

²²⁷ Paricio, *op. cit.* p. 76

²²⁸ Véase a Camila Mileto, Fernando Cobos y Gil Crespo, citados en el capítulo 1 de esta tesis.

Los estudios de variaciones en las combinaciones de materiales también permiten definir influencias, evolución de procedimientos que en muchas ocasiones pueden incidir en los sistemas constructivos. También este tipo de investigaciones permitiría vincular con los aspectos sociales, históricos, económicos y culturales, además de los contextuales geográficos. Por tanto, la caracterización de las técnicas resulta más interesante y compleja.

Precisamente un rasgo interesante, aunque a veces difícil de caracterizar por el recurso de las hipótesis es la determinación de la **evolución** de una técnica constructiva por la manera de emplear o modificar la forma de un material. Incluso podría ser la evolución de la técnica por la sustitución de materiales considerados básicos en los procesos²²⁹. La evolución en el uso del material implica que la caracterización se realice en torno a un comparativo con referentes históricos que demuestran un cambio en el uso y la manipulación de los materiales.

En menor grado, pero también referidas, pueden citarse particularidades de los materiales constructivos por sus condiciones o resistencia ante los daños naturales o por el hombre, que provocan en el cierto grado de vulnerabilidad o deficiencia en la calidad del material. Quizá este rubro de características está relacionado con la utilidad de los estudios, generalmente de apoyo o proyectos de conservación del patrimonio edificado.

4.6 Identificación de técnicas constructivas en la arquitectura militar del siglo XVIII.

En los territorios dominados por la Monarquía Hispánica se ejecutaron diversas obras militares con los principios técnicos de la fortificación moderna. Las primeras obras se iniciaron en el siglo XV, atendiendo de manera emergente el uso de la pólvora en la artillería, los elementos constructivos iniciaron con ello un proceso de transformación para corresponder a los ataques de los nuevos cañones. Con el paso de los años, la experimentación y el ambiente precientífico que invadía a Europa propició que los ingenieros militares generaran las obras tomando saberes constructivos de la tratadística militar moderna y de la antigua, de las academias y de su propia experiencia, por lo que ya para el siglo XVIII, se localizaron ejemplos de fortalezas modernas con un lenguaje técnico, formal y arquitectónico particular.

Una revisión de obras militares ejecutadas durante el siglo XVIII permitirá identificar algunas de las técnicas constructivas que se ejecutaban una vez consolidada la poliorcética moderna, apreciar los atributos que les caracterizan y considerar como punto de partida estos referentes para el análisis siguiente de las obras en el contexto veracruzano. Las obras que se tomarán como ejemplo para identificar las técnicas constructivas se han elegido en primer lugar porque fueron visitadas específicamente para conocer las características de su edificación durante la estancia de investigación realizada en España

²²⁹ Véase a Azuar Ruiz, citado en el capítulo 1 de esta tesis

y durante la visita académica a la ciudad de La Habana, Cuba. De esta manera se pudieron recabar ciertos datos que han permitido realizar la lectura técnica.

El Fuerte de San Sebastián en Cádiz, obra de principios del siglo XVIII, fechada en 1706, es un ejemplo interesante por su ubicación y la similitud con el contexto costero veracruzano. La Fortaleza de Montjuïc en Barcelona y la Fortaleza de San Fernando de Figueras son dos ejemplos representativos del esplendor de la tipología militar moderna, ambas obras diseñadas por el ingeniero militar Juan Martín Cermeño, personaje fundamental de la milicia que ocupó los más altos rangos dirigiendo el Cuerpo Real de Ingenieros Militares y como ingeniero general de la Monarquía Hispánica, que destacó por su capacidad técnica e ilustrada y que plasma en sus obras más representativas, Montjuïc, concluida en 1751 y San Fernando, en donde además su hijo, el ingeniero en Jefe y egresado de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona, Pedro Martín Cermeño es responsable de la obra, datada en 1753. Del contexto americano, se han tomado dos ejemplos de fortificaciones: la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña y la Fortaleza de Santo Domingo de Atarés; ambas obras contaron con la participación de los ingenieros Agustín Crame y Silvestre Abarca, tanto en el diseño como en la ejecución de estas, la primera fechada en 1763 y la segunda en 1767.

La tipología de la fortificación abaluartada compuesta por las obras clasificadas por Pedro Lucuze²³⁰ como esenciales, convenientes, accidentales y accesorias, presenta además un lenguaje constructivo que conjuga elementos estructurales básicos como murallas, muros y cubiertas abovedadas. Estos elementos permitieron garantizar la solidez de las partes de una fortificación y por tanto requirieron de una especial atención en su proceso constructivo. Considerando estos elementos para una identificación de técnicas constructivas se parte de los siguientes atributos:

- a) Morfología del elemento constructivo
- b) Los materiales constructivos
- c) La composición material
- d) La puesta en obra

²³⁰ Lucuze, *op. cit.*

4.6.1 Murallas

4.6.1.1 Morfología

La fortificación moderna transformó las murallas haciéndolas de menor altura, más anchas que las medievales y con un talud en el paramento exterior que garantizaba su estabilidad y contribuía a la resistencia de los ataques de las balas de cañón. Este cambio en la forma del elemento modificó la técnica constructiva. El uso medieval de las tapias de tierra o cal y canto fue transformado, pues la sección trapezoidal con talud exterior no hacía factible el uso de los encofrados. En consecuencia y dada la necesidad de un espesor considerable de la muralla, se levantaron dos paramentos de mampostería o sillares de cantería o ladrillo, con un núcleo de relleno, de esta manera el uso del encofrado se eliminó.

El ingeniero militar en base a las reglas de los tratados y con apoyo de los instrumentos mecánicos definió una altura de las murallas entre 12 y 25 pies²³¹ con una pendiente del talud exterior de 1/5 o 1/6. Las diferentes obras pueden variar, pero básicamente la forma definió que los dos paramentos levantados permitieran un relleno que se realizaba en fases para dar tiempo de fraguado necesario.



Figura 4. 3 Perfil de la muralla visible en el vértice de un baluarte de la Fortaleza de Montjuïc en Barcelona, España, diseño del Ing. Juan Martín Cermeño, 1751.

4.6.1.2 Materiales

La necesidad de levantar fortificaciones en poco tiempo y con menos recursos para la explotación y transportación del material llevó al aprovechamiento de los medios más cercanos que permitieran construir las murallas a un bajo costo, considerando los volúmenes de obra. En ese sentido los materiales utilizados en la edificación de las murallas serán los que se encuentren en el contexto inmediato. Por ejemplo, para el caso de la Fortaleza de Montjuïc en Barcelona (1751), se utilizó piedra sedimentaria arenisca de las de las propias canteras silicificadas de rocas compactas y duras del cerro de Montjuïc, cuyos antecedentes de explotación se remontan a las épocas de dominación de los romanos y la continuidad de su uso por parte de los judíos en la construcción de su cementerio. Esta piedra de color grisáceo, de tonos amarillos y rosados es una arenisca muy dura que permitió el trabajo de tallado y labrado, por lo que en la muralla la

²³¹ Sanz Molina, op. cit., p. 161

encontramos en el paramento exterior en forma de sillares escuadrados. Además, para ahorrar tiempos de labra, también se utilizó la piedra en su corte irregular.

En la Fortaleza de San Fernando de Figueres (1753), se utilizaron los bancos de material de la región que proveen de canteras de piedras graníticas cuya dureza fue aprovechada y combinada con el uso de otras piedras sedimentarias y ladrillos. La variedad de regiones en donde se desplantaron las fortalezas propició la oportunidad de trabajar diversos tipos de materiales.

En el caso de Cádiz, fue característico el uso de la piedra ostionera, como se conoce a la piedra lumaquela bioclástica, una sedimentaria silíceo que se ha datado en el Plioceno Superior Pliocuaternario. Esta piedra sedimentaria se caracteriza por presentar fragmentos de ostras y pectínidos, cantos rodados de cuarcitas y cuarzos, principalmente. Por su dureza, la piedra ostionera se encuentra en testimonios de obras de los fenicios y los romanos. En el Fuerte de San Sebastián (1706) la piedra ostionera es el principal material de las murallas y todos sus demás elementos arquitectónicos. La porosidad que presenta la piedra hace que el tallado se dificulte y la escuadría de los sillares no se resalte claramente por la falta de continuidad de la línea de arista, pero la dureza de su consistencia y la compatibilidad con su contexto ha garantizado su permanencia.

Las regiones costeras presentaban la dificultad del uso de materiales, ya que las obras se tenían que ejecutar con los medios existentes, que por lo regular ya habían sido utilizados en obras precedentes. En el caso de La Habana, la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña (1763-1774) fue construida con la piedra conchífera, como se le ha conocido a la roca sedimentaria que constituyó el principal material constructivo del centro histórico de La Habana. Este material se ha identificado desde hace tiempo como una piedra Jaimanita que corresponde a una roca caliza arrecifal; sin embargo, en estudios recientes²³², un análisis por difracción de rayos X encontró en muestras de diversos monumentos arquitectónicos, entre los que destacan los testimonios de la muralla de La Habana, que en realidad el material es una calcarenita, es decir una roca sedimentaria arenisca con fragmentos esencialmente calizos. Desafortunadamente no se ha encontrado un estudio específico del material constructivo de San Carlos de la Cabaña y Santo Domingo de Atarés, por lo que en términos generales sólo se puede precisar que se trata de una roca sedimentaria arenisca y caliza cuya aglomerado presenta también en su composición porosa la presencia de fragmentos de conchas marinas, a las que debe su nombre coloquial de piedra conchífera.

²³² Sergio Raymant Arencibia Iglesias, *Caracterización y valoración del deterioro de la piedra en construcciones de valor cultural del centro histórico La Habana Vieja*, (resumen de la tesis doctoral) Universidad tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, 2018, pp. 24-25, consultado en <http://habana.qfa.uam.es/~lmc/PREMIO%202019/Ciencia%20T%E9cnicas/CD%20116/TESIS%20DOCTORADO%20SERGIO%20RAYMANT%20ARENIBIA%20%28RESUMEN%29.pdf>

Materiales constructivos en murallas de obras de arquitectura militar moderna.



Figura 4. 4 Rocas sedimentarias areniscas en sillares, Fortaleza de Montjuïc, Barcelona (1751).



Figura 4. 5 Rocas graníticas en sillares y sillarejos en la Fortaleza de San Fernando de Figueras (1753).



Figura 4. 6 Piedra ostionera en sillares, Fuerte de San Sebastián, Cádiz (1706).



Figura 4. 7 Rocas sedimentarias de base calcarenitas en sillares, Fortaleza San Carlos de la Cabaña, La Habana (1763).

4.6.1.3 Aparejos

En las murallas se ha encontrado que el paramento exterior es el más trabajado en cuanto a la técnica de tallado del material constructivo, sea cualquiera de las piedras señaladas anteriormente, la mayoría de los casos presentan un paramento en talud logrado con la colocación de sillares regulares escuadrados dispuestos siguiendo un aparejo en isódomo, es decir cuidando que la posición de los sillares en cada hilada no tenga continuidad en sus juntas verticales. Los sillares se encuentran unidos con morteros a base de cal y arena de la región.



Figura 4. 8 Aparejo en isódomo con sillares regulares en el Fuerte de Santo Domingo Atarés, La Habana.



Figura 4. 9 Sillares en aparejo isódomo en la muralla de la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña, La Habana.

Estos paramentos exteriores se diferencian de los paramentos interiores en el trabajo del material. Los paramentos interiores están logrados con mampostería ordinaria irregular como se ha identificado en las Fortalezas de Montjuïc y de San Fernando de Figueras.

4.6.1.4 La puesta en obra

Según Sanz Molina²³³, antes de iniciar la construcción de las murallas se clasificaban los sillares en grandes y pequeños, a fin de colocar los sillares grandes en las hiladas de la base de la muralla y en las esquinas. Los sillares menores se colocarían a tizón para reducir el impacto del daño por las balas de cañón o a soga y tizón. Sin embargo, si observamos los paramentos de las murallas de las fortificaciones de Montjuïc en Barcelona, San Fernando de Figueras y Santo Domingo de Atarés, no se encuentra la diferencia del uso de sillares en las bases de las murallas, en los dos primeros casos sólo se identifican en las esquinas como rafas que además de reforzar por la trabazón, definen el terminado de sus ángulos (Figuras 4.11 y 4.12), y en el caso de Atarés no se presenta diferencia en el tamaño de sillares para el paramento y los utilizados en los ángulos de la muralla (Figura 4.8).



Figura 4. 10 Mampostería ordinaria irregular en el paramento interior de la muralla, Fortaleza de Montjuïc, Barcelona.

²³³ Sanz Molina, *op. cit.* p. 309

En los casos de Barcelona y Figueras, cabe la posibilidad de que la dureza del material y del terreno no hicieran necesario el desplante de la muralla con sillares grandes, o bien que este tipo de piezas se utilizaron hasta la cimentación o, en su defecto, que las primeras hiladas han quedado ocultas por el azolvamiento de los fosos con el paso del tiempo, situación muy común en este tipo de obras con foso seco.

En contraste, en el Fuerte de San Sebastián de Cádiz, se observa la colocación de los sillares grandes y mejor escuadrados en la base de la cortina y en las esquinas en donde



Figura 4. 11 Detalle de la parte inferior del paramento del hornabeque de San Roque, en la Fortaleza de San Fernando de Figueras, en donde se aprecia el uso de sillares grandes sólo en los vértices o ángulos.

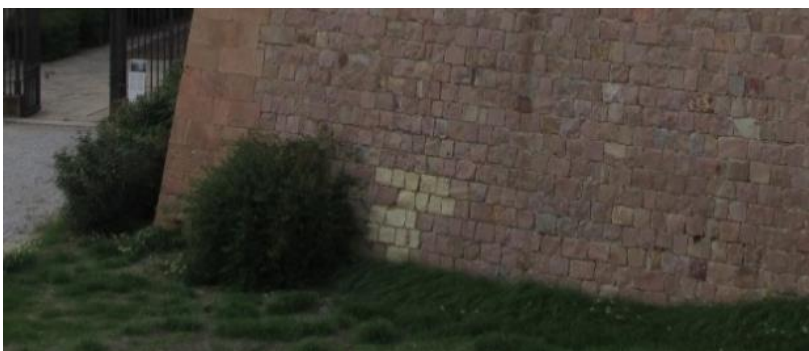


Figura 4. 12 Detalle de la parte inferior del talud de muralla de la Fortaleza de Montjuïc, Barcelona, en donde se observa el uso de sillares grandes en los vértices.

se prolonga alternando sus hiladas que contrastan con la mampostería ordinaria regular en hiladas en la zona intermedia. (Figura 4.13)

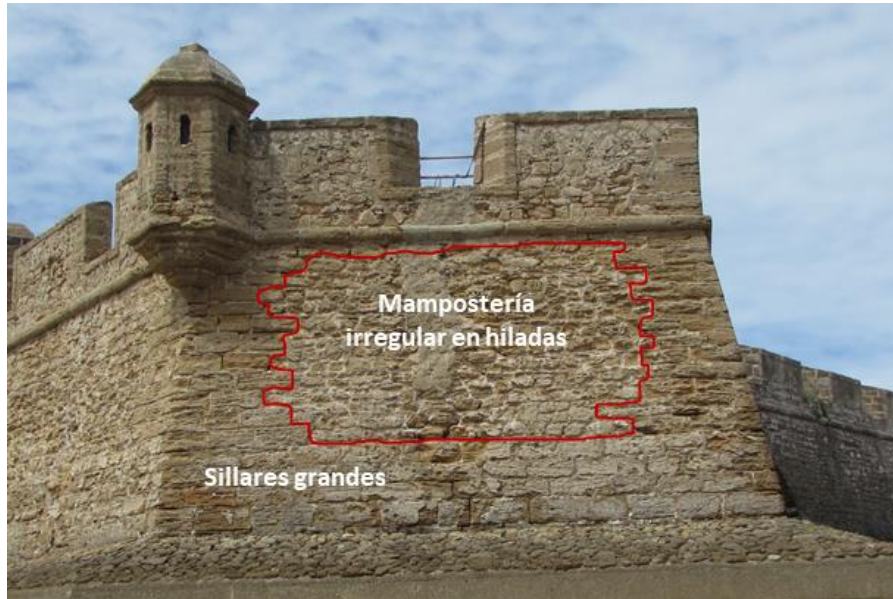


Figura 4. 13 Identificación del uso de sillares y mampostería en la muralla del Fuerte de San Sebastián en Cádiz.



Figura 4. 14 Detalle de la diferencia de cortes en la piedra ostionera para su colocación en las murallas del Fuerte de San Sebastián. Además, se aprecia la erosión de las superficies y juntas de mortero por la exposición de los continuos vientos que azotan la costa.

Según la tratadística militar, las murallas podían estar terraplenadas, en donde el talud de sillares, mampostería o ladrillo funcionaría como un encamisado y el terraplén utilizaría la tierra retirada del terreno en la excavación de los fosos, o bien se integrarían espacios

abovedados aprovechando las estructuración y refuerzo con contrafuertes a partir del paño interior de la muralla.

Como se ha señalado, la muralla se construía levantando el talud exterior con sillares, el paramento interior con mampostería ordinaria y un relleno que podía ser con mampostería ordinaria irregular; tierra o argamasa con ripios. De este modo se construía un muro identificado como de tres hojas. La muralla se levantaba en fases, con el fin de macizar el interior y compactarlo con un pisón, generalmente en tareas de 1 pie de alto.



Figura 4. 15 Empotre de los sillares de piedra ostionera en la base de la muralla del Fuerte de San Sebastián, Cádiz. El corte del sillar parece prisma trapezoidal asentado sobre ripios y argamasa.



Figura 4. 16 A través de una oquedad en la muralla se pudo observar el relleno de arcilla rojiza del terraplén de la muralla en el Fuerte de San Sebastián en Cádiz. Nótese la diferencia del tono del relleno con la arena de mar acumulada en la parte inferior del muro.

4.6.2 Muros

4.6.2.1 Morfología

En los muros que corresponden a las casamatas o edificios militares encontraremos una similitud en cuanto a la técnica constructiva utilizada en las murallas, por la construcción de dos paramentos con relleno intermedio, pero con la diferencia de la forma que ya no es de sección trapezoidal, sino rectangular como cualquier apoyo corrido y, además, se ha encontrado mayor variedad en el uso de materiales y aparejos en comparación con los paramentos de las murallas.

4.6.2.2 Material

Básicamente la piedra constituye el material principal, sobre todo la utilizada en la construcción de las murallas que para la edificación de los muros correspondientes a los pies derechos de las casamatas, fachadas interiores de las cortinas, edificios militares o

caballeros, las diferencias están generadas por el trabajo de manipulación del material, es decir, si en el paramento exterior de la muralla se utilizó la piedra en sillares regulares, escuadrados y con aristas bien definidas por su labor de cantería, en los muros de las obras interiores se encuentra el trabajo de la piedra en sillarejos, sillares, mamposterías ordinarias simples o mixtas.

4.6.2.3 Aparejos

En el caso de la Fortaleza de Montjuïc, se encuentra en las fachadas de los edificios militares los paramentos de muros exteriores a base de sillares regulares, en proporción similar a las piezas de los paramentos de la cortina, así como la presencia de refuerzos con sillares más grandes en las esquinas. También se han encontrado muros de mampostería ordinaria irregular juntoado con mortero de cal y muros de ladrillo de barro rojo recocido con refuerzos en las esquinas. En las fachadas de los edificios militares a la plaza de armas, se encuentra la combinación de ladrillo y cantería.

Materiales y aparejos en muros de la Fortaleza de Montjuïc, Barcelona.



Figura 4. 17 sillares menores o sillarejos en edificio militar, colocados en aparejo isódomo regular juntoados con mezcla de cal arena.



Figura 4. 18 Combinación de muros de ladrillo con tres hiladas a soga – una hilada a tizón, refuerzos en vanos de arcada con sillares de cantería en fachadas a plaza de armas.



Figura 4. 19 Mampostería ordinaria de piedra sedimentaria arenisca que, por la irregularidad visible sin aplanado, en una intervención contemporánea se le ha sobrepuesto una junta aparentando la conformación de sillares.

En la Fortaleza de San Fernando de Figueras, se presentan muros de mampostería ordinaria irregular en los muros de los pabellones a plaza de armas, muros de sillería regular escuadrada y con aristas bien definidas en la construcción inacabada de la iglesia, así como sillares semiregulares en los muros del revellín de Santa Bárbara, con refuerzos a base de sillares regulares en las esquinas y enmarcamientos de puertas y vanos. Este último espacio, ha permitido identificar la composición de los muros, con dos paramentos, uno de

sillares semi regulares en el exterior, un paramento interior de mampostería ordinaria irregular y un relleno de argamasa, ripios y mampuestos.

Materiales y aparejos en muros de la Fortaleza de San Fernando de Figueras



Figura 4. 20 Sillares regulares de cantería granítica en muros de la iglesia inacabada.



Figura 4. 21 Sillares semi regulares con disposición en isodomo en muros no concluidos del revellín de Santa Bárbara.



Figura 4. 22 Mampostería ordinaria irregular con algunas piezas de piedra careadas, en fachada a plaza de armas del Pabellón del Estado Mayor.

La Fortaleza de San Carlos de la Cabaña en La Habana presenta en los muros de fachada a plaza de armas una disposición de sillares en aparejo romano o diatónico, pues se observa la diferencia en cada hilada de la colocación de un sillar a soga y uno a tizón, sin embargo, resulta curioso que no existe un cuidado riguroso para la discontinuidad de las juntas verticales entre hiladas, por lo que parecen casi continuas.



Figura 4. 23 Aparejo aparentemente diatónico en muros de edificios militares a plaza de armas o calle militar de la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña, La Habana.

En cambio, en muros interiores de la misma fortificación se encuentra la fábrica con muros de sillería irregular en hiladas con ripios, como se observa en la figura 4.24.



Figura 4. 24 Muros del interior de la iglesia en edificio militar, contruidos con sillares irregulares de cantería, colocados con ripios en juntas, además del uso de mortero de cal. Fortaleza de San Carlos de la Cabaña, La Habana.

4.6.3 Cubiertas

4.6.3.1 Morfología

Se ha señalado que el lenguaje constructivo y formal de la fortificación abaluartada se expresa a través de un uso constante de bóvedas y elementos arqueados, por lo que resulta interesante reconocer cómo este tipo de cubiertas y cerramientos garantizaron la estabilidad y resistencia necesaria. En primer lugar, cabe destacar que las bóvedas más utilizadas fueron aquellas con una directriz generada por arcos de medio punto, de esta manera espacios como casamatas, edificios militares, capillas, almacenes, caballeros y revellines fueron cubiertos con grandes espacios abovedados de cañón corrido. En otros casos, la estructuración y continuidad de los espacios generó el uso de bóvedas de arista por la intersección perpendicular de dos bóvedas de medio punto.

También se han encontrado el uso de arcos elípticos o carpanel en bóvedas de cañón corrido y en arcos de vestíbulos o comunicaciones que requirieron de este recurso como ajuste en las alturas de sus espacios. En el caso de vanos de fachadas, se recurrió en cerramientos de puertas y ventanas a los arcos rebajados llamados escarzanos.

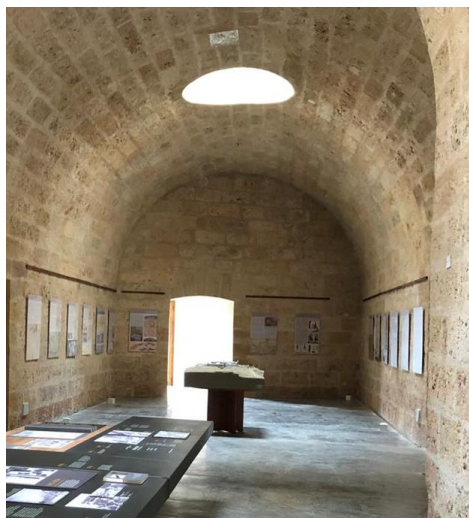


Figura 4. 25 Bóveda de cañón corrido en casamata del Forte de Santo Domingo de Atarés, La Habana. Foto cortesía de Mónica Cejudo.



Figura 4. 26 Bóveda de arista en las caballerizas de San Fernando de Figueras.



Figura 4. 27 Arcos elípticos²³⁴ en fachadas de edificios militares a plaza de armas de la Fortaleza de Montjuïc.



Figura 4. 28 Cerramientos con arcos escarzanos en puertas de fachada a plaza de armas en San Carlos de la Cabaña, La Habana.

4.6.3.2 Materiales

Los materiales comunes serán la cantería y el ladrillo. Los sillares de cantería se labraron para formar las dovelas de los arcos escarzanos, de medio punto o elípticos. La piedra utilizada fue generalmente la misma que la empleada en los sillares de muros y murallas.

²³⁴ Se identifica a simple vista como arco elíptico (dos focos), aunque es muy similar a un arco carpanel (tres focos), lo cual sólo se podría verificar si se analiza el trazo geométrico del elemento basándose en un levantamiento detallado.

CAPÍTULO 4
Caracterización constructiva de la arquitectura militar moderna



Figura 4. 29 Detalle del acceso principal al Castillo de San Sebastián en Cádiz, en donde se observa la composición del arco escarzano con dovelas labradas en piedra ostionera.

Por otra parte, el ladrillo se ha encontrado en la construcción de algunas bóvedas de cañón corrido y de arista. Otros materiales que no son visibles, pero que se integraron a las bóvedas son arcillas o ripios para relleno, tejas o soleras de barro cocido, cal y arena en morteros y hormigones.

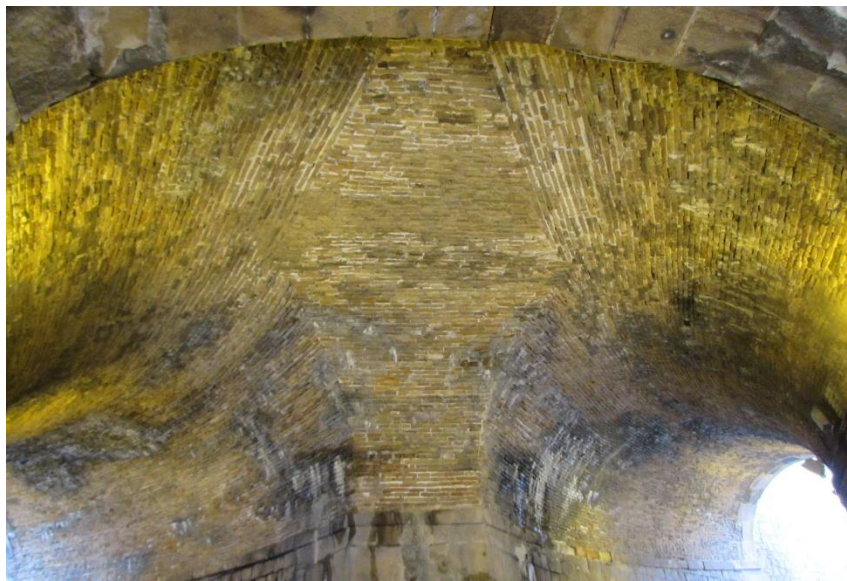


Figura 4. 30 Unión de dos bóvedas de cañón corrido a base de ladrillo de barro rojo recocido. Castillo de Montjuic, Barcelona.

4.6.3.3 Aparejos

La pérdida de aplanados en intradós de las bóvedas ha permitido identificar que los elementos se conformaron por la composición de hiladas en dirección de la generatriz del cañón corrido, con sillarejos de cantería, colocados en aparejos a isódomo en la mayoría de los casos encontrados en la Fortaleza de Montjuïc, San Fernando de Figueras, San Carlos de la Cabaña y Santo Domingo de Atarés en La Habana.



Figura 4. 31 Bóveda de arco rebajado conformado por sillares de cantería arenisca en aparejo isódomo en acceso a la Fortaleza de Montjuïc, Barcelona



Figura 4. 32 Bóvedas con sillares regulares labrados como dovelas dispuestas en aparejo isódomo en pabellones de plaza de armas. Fortaleza San Fernando de Figueras.

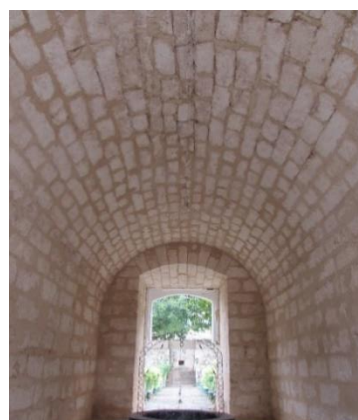


Figura 4. 33 Bóveda de cañón corrido compuesta por sillares de cantería labrada en piedra conchifera, colocados una hilada a soga y una hilada a tizón. San Carlos de la Cabaña, La Habana.

Los aparejos con ladrillo se resuelven generalmente alternando hiladas a tizón e hiladas a soga, por lo que será común encontrar aparejos como el llamado “inglés” que combina una hilada a soga y una hilada a tizón, o el llamado “español” o “flamenco” que consiste en la disposición de las hiladas a tizón. En los casos analizados encontramos en su mayoría que las hiladas corresponden a algún patrón, pero que también presentan áreas que lo modifican, quizá por el cambio de mano de obra durante la ejecución o por la consolidación posterior de los elementos.



Figura 4. 34 Fragmento sin aplanado en la bóveda de la galería de minas en San Carlos de la Cabaña. La disposición del ladrillo en de las piezas a tizón corresponde al llamado aparejo español.



Figura 4. 35 Esta bóveda de la Fortaleza de Montjuïc, presenta un aparejo conocido como “inglés” por la combinación de una hilada a soga y una hilada a tizón.

En la Fortaleza de San Fernando de Figueras se ha encontrado que las bóvedas de ladrillo se construyeron con roscas colocadas en aparejo “inglés”, es decir, con una hilada a tizón y una hilada a soga, tanto en bóvedas de cañón corrido como en las bóvedas de arista ubicadas en la zona de caballerizas. En este último caso la unión de las aristas que presenta el cambio de dirección de las hiladas se ha resuelto con un aparejo en espiga, que no se logró perfectamente al nivel de los arranques.



Figura 4. 36 Bóveda de arista con aparejo dispuesto una hilada a tizón y una hilada a soga. Además, en la arista es visible la composición de un aparejo en espiga. Cubierta de Caballerizas en San Fernando de Figueras.

4.6.3.4 Puesta en obra

San Fernando de Figueras es una obra de arquitectura militar moderna que no se concluyó en su totalidad, y que esa situación ha permitido analizar la composición de los materiales en sus elementos estructurales. El caso de las bóvedas de la fortificación abaluartada requiere especial atención, pues como se ha mencionado, los requerimientos de solidez y estabilidad influyeron en las técnicas constructivas. Así la llamada bóveda “a prueba de bomba”, debía presentar la suficiente resistencia ante un ataque, por lo que los tratados militares señalaban la necesidad de construir bóvedas con tres roscas de ladrillo y un relleno de mampostería.

En San Fernando de Figueras, la construcción inacabada del Baluarte de Santa Bárbara permite identificar como un corte en escala real la composición de las bóvedas. Teniendo como diseño geométrico una bóveda de cañón corrido con directriz de medio punto, se colocaron tres roscas de ladrillo dispuestas a tizón. La composición de tres roscas era una recomendación de los tratados militares. Sobre esas tres roscas de ladrillo, los tratados señalan la colocación de un macizado de mampostería ordinaria. En San Fernando, se encuentra el relleno de mampostería ordinaria cubierto con un mortero de cal que define dos pendientes en dirección a los apoyos de cada bóveda. Según el sistema encontrado en intervenciones de otras obras militares como Montjuïc, sobre esa capa de mortero se colocó un tejado y un sistema de canales constituidos por piezas de tejas, rasillas o losetas de piedra²³⁵, como una cubierta, misma que a su vez captaba aguas que se pudieran filtrar en el relleno superior. Sobre ese sistema de tejado, se cubría con una capa de tierra de aproximadamente tres palmos de espesor. Esta técnica tenía la finalidad de que con el espesor de la tierra se absorbieran los impactos de las balas.



Figura 4. 38 Bóvedas a prueba de bomba en el baluarte de Santa Bárbara de la Fortaleza de San Fernando de Figueras.



Figura 4. 37 Bóveda a prueba de bomba en pabellones oeste de plaza de armas de la Fortaleza San Fernando de Figueras. Se observa en el extradós de las roscas de ladrillo, la disposición de las hiladas combinando una a soga y una a tizón, sobre el ladrillo han quedado los testimonios de la mampostería ordinaria del relleno.

²³⁵ Rafael Vila Rodríguez, "Las cubiertas a prueba de bomba de la fortaleza de San Fernando de Figueras: una singularidad muy problemática" en *Patrimonio Cultural de España, Arquitectura defensiva*, No. 9, (2014) Madrid, Secretaría General Técnica, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp. 268-281

CAPÍTULO 5. VERACRUZ:
TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN MILITAR

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

5.1 El sistema defensivo en Nueva España

El sistema defensivo novohispano forma parte de un conjunto de sistemas fortificados en América que se produjeron a medida que la Monarquía Hispánica y otros reinos extendieron sus dominios traspasando sus fronteras marítimas a partir del siglo XV y hasta el XIX. La finalidad de proteger las posesiones de la Corona corresponde con una necesidad de preservar su territorialidad, pero también posee raíces profundamente culturales, pues a lo largo de su historia, la península ibérica fue escenario de luchas por dominaciones mediterráneas, romanas, musulmanes y cristianas que generaron elementos militares constituyendo el paisaje urbano y rural, formando parte del imaginario colectivo y del sentido de rechazo, pertenencia o identidad.

Con el descubrimiento de América en el siglo XV, España se proyectó como una potencia que extendía su dominación a otras regiones gracias a sus avances tecnológicos y su visión imperialista. El avance le ocasionó conflictos con otros gobiernos y se convirtió en el foco de afectaciones bélicas, por lo que para el siglo XVI una vez que tenía asegurados sus territorios conquistados de los propios nativos, tuvo que emplear mecanismos de protección para el traslado de sus riquezas, fortificar puntos estratégicos de sus colonias y negociar algunas posesiones.



Figura 5. 1 Representación de la posesión territorial que alcanzaron las principales monarquías europeas sobre el continente americano en el siglo XVIII. Fuente: <https://vdocuments.mx/mapas-de-la-conquista-y-colonizacion-de-america.html>

Pese a convenios como el Tratado de Tordesillas, en que cedió parte de América del sur al reino de Portugal, las acciones no serían suficientes para garantizar su tranquilidad y a lo largo de los siguientes años las tierras conquistadas fueron ambicionadas por las otras potencias europeas, no sólo por la gran extensión geográfica que España alcanzaba con sus dominios en tres continentes, sino por la riqueza evidente que contenían las regiones

conquistadas, manifestada en el flujo de las mercancías explotadas entre Asia, América y Europa.



Figura 5. 2 Gráfico representativo de las principales rutas comerciales de la Monarquía Hispánica entre Asia, América y Europa: el Galeón de Manila y la Flota de Indias. Fuente: <https://confuciomag.com/tornaviaje-encuentro-tres-continentes>

La extensión de la Monarquía Hispánica generó la necesidad de organizar los territorios a través de su división política en virreinos y capitanías, siendo los primeros de mayor importancia por su magnitud geográfica y riqueza. Todas las regiones se enlazaron a través de las rutas comerciales navales y la Corona con sede en España ejercía el control político general. Así, aunque el territorio parecía fragmentado, la estrategia se basaba en la articulación de las regiones con dinámicas ligadas a la gran metrópoli española desde el siglo XVI estableciendo posiciones geo - estratégicas²³⁶ como el Virreinato de la Nueva España y las Antillas; el Virreinato de Buenos Aires en la América Meridional, el Virreinato del Perú y la Capitanía General de Chile en el Pacífico y la Capitanía General de Filipinas.

Sin embargo, a pesar de esta organización, los mares permitían el libre paso de embarcaciones enemigas, por lo que las regiones dominadas siempre estuvieron expuestas a la tiranía de corsarios y piratas que lograran ingresar a sus territorios. Esa situación, hizo que la inmediata respuesta de la Corona Española, fuera la creación de obras defensivas en los puntos más vulnerables. Los sistemas de fortificación tenían edificaciones de diversas escalas y entre todas se vinculaban de acuerdo con la región geopolítica en donde se encontraban.

La ubicación del Océano Pacífico entre Europa y América, fue aprovechado constantemente por las monarquías enemigas, ocasionando que la región comprendida entre el Caribe y las Costas del Golfo de México fueran los escenarios más recurrentes de las luchas de Francia, Inglaterra y Holanda contra España, y por ello esta región poco a poco conformó un sistema defensivo con un recurso arquitectónico y urbano que

²³⁶ Sanz Molina et al. *Proyecto ejecutivo ...*, pp. 13-15

históricamente era parte del contexto español y, a la vez proyectaba la imagen moderna de la Corona expresando nuevos lenguajes formales.



Figura 5. 3 Identificación de los principales puertos de conectividad en el recorrido de la Flota de Indias durante el siglo XVI. Fuente: <https://academiaplay.es/la-carrera-de-indias-arteria-del-imperio-i/>

La dinámica comercial de los nuevos territorios propició que las primeras fortificaciones se plantearan unidas a los puertos como una estrategia de control en accesos y nodos de conectividad de las rutas comerciales. Generalmente esos puertos eran ciudades trazadas por los españoles que presentan la relación constante entre ciudad y fortificación²³⁷ a través de distintas tipologías arquitectónicas militares. Actualmente reconocemos la existencia de sistemas de fortificación en las costas mexicanas de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, en las costas de Belice, Centroamérica, Colombia, Venezuela y la Florida de Estados Unidos, así como en las islas que corresponden a los territorios de Cuba, Puerto Rico, Santo Domingo y las Antillas Menores.

“En el Golfo de México, quizá mejor que en ningún otro proyecto de finales del siglo XVIII, se advierten las singulares novedades que caracterizan el cambio de mentalidad.”²³⁸ En el Caribe Fortificado “se construirán y reconstruirán los edificios de primero, segundo y tercer orden defensivo, incluyendo astilleros, que integraron al sistema de ataque y defensa de toda la región.”²³⁹ De esta manera encontramos como el ingeniero militar no se limita a proyectar fortificaciones, sino también obras públicas, puentes y canales, hospitales,

²³⁷ Alicia Cámara Muñoz, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, Editorial Nerea, 1998, p. 60

²³⁸ Carlos Sambricio, “Tres proyectos para la ordenación del territorio en la América Hispánica de la segunda mitad del siglo XVIII”, en *Fortificaciones americanas y la convención del Patrimonio Mundial*, París, UNESCO, 2006, pp 128-130

²³⁹ Ramón Paolini, *Fortificaciones del Caribe. Panorama general del Caribe Fortificado*, Cartagena de Indias, Colcultura-UNESCO, 1996, pp. 19-21

paseos y alamedas. Con ellos se posibilita la creación de una trama urbana entorno a las edificaciones militares.²⁴⁰



Figura 5. 4 Principales sitios fortificados en el Golfo de México y el Mar Caribe. Fuente: Rodríguez Viqueira, *Arquitectura militar: génesis y tipología, México, Limusa, 2009, p. 148*

En el caso particular del sistema defensivo novohispano, la llegada de los españoles a costas veracruzanas en 1519 marcó el inicio de la conformación de una sociedad basada en el sincretismo de dos profundas raíces, cuya riqueza ancestral se manifestó en todos los sentidos sobre la nación a que dan origen. En el ámbito de la arquitectura militar, sucede que el arribo de Hernán Cortés también se identifica como el punto de partida para la historia de las fortificaciones, pese a que, en el mundo mesoamericano, impregnado de luchas entre sus diferentes imperios, los arqueólogos han registrado elementos de defensa que van desde los físico-naturales hasta los arquitectónicos y urbanísticos²⁴¹. Todos éstos, quedaron sin aparente continuidad tras la conquista.

En contraste con lo que sucedía en Europa, que tras una dominación cristiana en una zona musulmana se aprovechaban los alcázares como fortalezas, en el territorio mexicano no sucedió así, pues las edificaciones mesoamericanas se sustituyeron completamente por nuevas construcciones, no retomándose ni dando continuidad a ningún elemento

²⁴⁰ Sambricio, *Op. cit.*, pp 128-130.

²⁴¹ Algunos ejemplos de investigaciones sobre la arquitectura militar y las principales fortalezas del México antiguo son: *Sitios con arquitectura militar en el sur de la Huasteca. Estados de Puebla y Veracruz*, por el arqueólogo Morrison Limón; *Cerro El Jumil, una fortaleza prehispánica en el sistema defensivo de Xochicalco, Morelos*, por Mauricio Gálvez y Roberto Israel Fuentes; *La fortaleza de Oztuma, Guerrero*, por Raúl Arana y Josefina del Carmen Chacón; *Fortalezas popolocas durante el Posclásico. Tepexi, Cerro Colorado Atenayuca, sur del estado de Puebla*, por Noemi Castillo; *Una aproximación al estudio de las fortificaciones prehispánicas en el centro de Veracruz*, por Verónica Bravo Almazán.

mesoamericano. Los españoles traían su propia concepción del arte de la poliorcética y lo aplicaron, sin consideración de ninguna preexistencia, quizá por estrategia, o por incompatibilidad con los modos de vida.

Los primeros años de dominación española produjeron obras militares con el objetivo de proteger los territorios conquistados de posibles sublevaciones indígenas. Ejemplo de ello es la casa-fuerte de Hernán Cortés en la Villa Rica de la Veracruz, primer asentamiento de los colonizadores o de la transformación urbana de la gran Tenochtitlan, donde los españoles edificaron obras que propiciaron una imagen urbana con carácter militar. Kübler²⁴² describe los intentos por fortificar la ciudad de México y menciona la construcción de un palacio de gobierno con torres, almenas y troneras, las casas de los conquistadores como fortalezas, tanto en el centro como en la zona de Tacubaya, y las atarazanas, punto principal de control de ingreso a la ciudad. Por otra parte, el interés en la minería llevó a conformar un sistema defensivo de pueblos y presidios en la frontera norte, como resguardo defensivo de los propios indígenas.

Estas obras tuvieron un lento desarrollo, en primer lugar por la movilidad de los propios conquistadores que durante las décadas iniciales de su dominación se dedicaron a la exploración y sometimiento de nuevas regiones, y en segundo, porque la religión fue el mejor medio de sometimiento y prevención de insurgencia; en consecuencia, durante la primera mitad del siglo XVI la construcción de obras defensivas no destacó tanto como las obras de dominación espiritual: capillas, templos y conventos que se proyectaron a la vez con un repertorio formal que evocaba la arquitectura militar.

Durante la segunda mitad del siglo XVI, inició realmente el proceso de configuración de una arquitectura defensiva en el territorio novohispano, como respuesta al riesgo que se corría ante el interés de otros imperios. Así, a pesar de que la cédula real de Felipe II en 1573, no incluyera la fortificación de las ciudades como un componente urbano, la necesidad de protección de las urbes hispanas más vulnerables generó que se proyectaran sus defensas. Las ciudades que fungían como nodos de conectividad en la movilidad social y mercantil fueron las prioritarias para el establecimiento de fortificaciones.

En consecuencia, el establecimiento de recintos fortificados no se limitó a las costas del Golfo de México, sino que abarcó las costas del Pacífico, en vinculación con la ruta comercial entre la Nueva España y Filipinas, articulándose una red de caminos y puertos que comunicó y movió el flujo e intercambio de productos. El sistema defensivo correspondió al principio de resguardo de los puertos principales de las rutas comerciales.

Nueva España contó con tres plazas principales fortificadas en costa: Veracruz, Campeche y Acapulco, las cuales estaban vinculadas con el movimiento comercial y con otras fortificaciones menores que atendían al resguardo regional de los litorales. Asimismo, en las rutas tierra adentro se desplantaron sitios de vigilancia y control, para evitar posibles ataques o mantener resguardo pertinente. Pero las fortificaciones tierra adentro siempre

²⁴² George Kübler, *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 1992, pp 81-85

fueron menores porque la prioridad generalmente fueron las defensas de los tres puertos más importantes de la Nueva España, de los cuales, Veracruz ocupó el primer lugar debido a su posición estratégica de puerta de entrada directa con España.

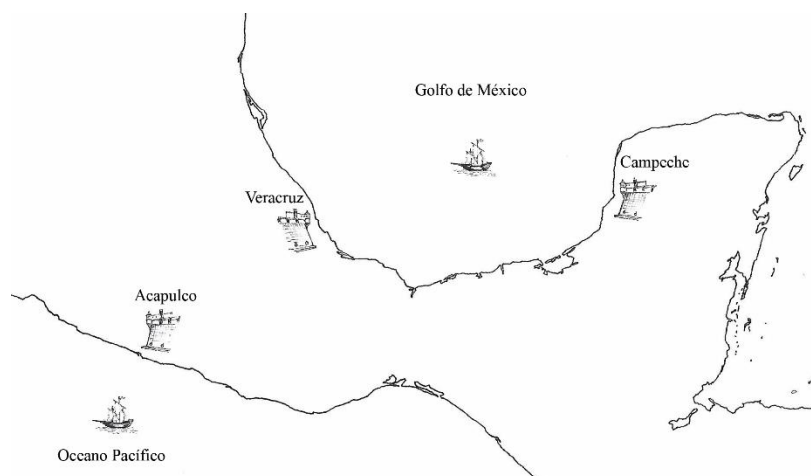


Figura 5. 5 Ubicación de las tres principales plazas fortificadas en el territorio novohispano.

5.2 Territorialidad

La relevancia de Veracruz como sistema defensivo no se limita a una ciudad y puerto fortificados, incursionar en el estudio de su arquitectura militar conlleva a ampliar la perspectiva de su entorno geográfico. El puerto no fue un punto aislado, se ligó tierra adentro con una red de rutas y territorios que establecieron recorridos comerciales, asentamientos poblacionales, zonas de explotación o manufactura de materiales y otros sitios defensivos. De este modo, el espacio físico de Veracruz extendió sus límites, aunque con cierta complejidad pues, el fenómeno de territorialización presentó diversas transformaciones a lo largo de la historia.

La delimitación política del actual Estado de Veracruz, ubicado al este de la República Mexicana no corresponde con la partición durante el virreinato; en principio la definición de las unidades geográficas y sociales se basó en los límites eclesiásticos, por lo que en el siglo XVI y XVII, la franja veracruzana se encuentra fragmentada entre las provincias de México, Tlaxcala²⁴³-Puebla y Oaxaca, las cuales eran parte del Reino de México y correspondían con sus diócesis religiosas. Esta situación de alguna manera tenía dividida a las poblaciones, pero a la vez estructuradas políticamente conforme a los obispados que regulaban los asentamientos y la construcción de sus edificaciones religiosas entre otros aspectos del orden jurídico y administrativo.

²⁴³ En 1527 se estableció el obispado de Tlaxcala con sede en esa ciudad hasta 1543 en que se trasladó a la ciudad de Puebla. De esta manera, la pertenencia de Veracruz a la provincia de Puebla se vinculaba con el obispado de Tlaxcala y consta en diversos documentos que refieren las construcciones religiosas.

Bajo esa primera división de los territorios en reinos y provincias, la ciudad de la Vera Cruz se ubicó dentro de la Provincia de Puebla. Los caminos tierra adentro enlazaron al puerto con la ciudad de Puebla de los Ángeles, que fungió como la sede del obispado, con poder e influencia sobre los territorios de su provincia, además de consolidarse como un centro comercial intermedio en el Camino Real, mismo que continuaría su recorrido hasta introducirse a la Provincia de México y llegar a la capital de la Nueva España.



Figura 5. 6 Reino de México y las provincias en que estaba dividido la mayor parte del territorio veracruzano actual. a: provincia de México, b: provincia Puebla-Tlaxcala, c: provincia Antequera-Oaxaca.

A su vez, desde el siglo XVI, la vinculación de la ciudad de México con el puerto de Acapulco, nodo de conexión naval hacia las islas de Filipinas, contribuyó a establecer la ruta terrestre mercantil más importante para la movilidad social y comercial del Virreinato, pues sus caminos enlazaron a Acapulco, Ciudad de México, Puebla, y Veracruz, ciudades que se ubicarían en las Provincias de México y Puebla, teniendo la primera provincia al puerto de Acapulco que conectaba con el Galeón de Manila, y la segunda, al puerto de San Juan de Ulúa (Veracruz) que conectaba con la Flota de Indias. Esta dinámica social y mercantil originó que la zona central contigua a la ciudad de Veracruz fuera la de mayor relevancia durante los primeros siglos.

En el siglo XVIII se realizaron cambios en las configuraciones de los territorios del virreinato, en principio regulados por la Real Cédula de 1767²⁴⁴ que establece un plan de intendencias para la Nueva España. Veracruz inició sus ajustes hacia el año 1770, en que después del reconocimiento geográfico se realizaron los primeros planos que delinearon una forma más cercana a la actual delimitación política que incluían a la Alcaldía Mayor de Xalapa de la Feria y Xalatzingo y el pueblo de Perote, la Alcaldía de Acayuca, alias Gozacocalcos, la Alcaldía de Pánuco y Tampico, la alcaldía de Cosamaloapan, la Alcaldía de Orizaba y la de San Antonio Goatuzco o Villa de Córdoba.

²⁴⁴ José Luis Melgarejo Vivanco, *Breve Historia de Veracruz*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1960, p. 10-11

En 1786 se concretaron los límites cuando el Rey Carlos III decretó la Real Ordenanza para el establecimiento e instrucción de Intendentes de Ejército y Provincia en el Reino de Nueva España²⁴⁵ que dividen en intendencias el Virreinato, perfilándose como una franja de geografía diversa definida por un extenso litoral costero, zonas de bosque, pantanos y ríos. La región parecía tan diversa que sólo una estrategia militar puede justificar esa organización.



Figura 5. 7 Intendencia de Veracruz, 1770ca. Se representa uno de los primeros mapas que registran la jurisdicción de Veracruz en la organización del virreinato de la Nueva España por intendencias. Fuente: Archivo General de Indias.

En el siglo XVIII, las costas de barlovento y sotavento fueron exploradas por los ingenieros militares a fin de plantear estrategias defensivas. Se elaboraron informes técnicos con el reconocimiento de sus litorales, caminos, sitios vulnerables y parajes seguros, ello llevó a proponer diversos puntos a fortificar, pero sobre todo condujo a visualizar la unidad de la región como una estrategia para repeler cualquier intento de invasión.²⁴⁶

²⁴⁵ *Idem.*

²⁴⁶ Luis García Ruiz, "Veracruz como provincia: de la defensa de la costa al reacomodo territorial (1765-1804)", en *Veracruz Puerta de cinco siglos 1519-2019*, TOMO I, Carmen Blázquez Domínguez, Gerardo Antonio Galindo Peláez y Ricardo Teodoro Alejandre (coordinadores), Xalapa, Universidad Veracruzana, 2019, pp.123-143.

Asimismo, la intendencia basaría su organización en las milicias, a fin de mantener el control de la disciplina, de esta manera se consideró favorable la estructuración política en subdelegaciones que ayudaran al orden militar para un completo control de sus pobladores y una respuesta adecuada de sus ejércitos ante cualquier invasión extranjera.



Figura 5. 8 Mapa del Virreinato de la Nueva España, 1810. El grabado muestra la división del territorio en intendencias y además se observa el detalle de los principales puertos fortificados, Veracruz-San Juan de Ulúa en el Golfo de México y Acapulco en el Océano Pacífico. Fuente: Archivo General de Indias.

La nueva delimitación geográfica daba unidad a la región inmediata del perfil costero desde Pánuco al norte, hasta Coatzacoalcos al sur, éste último borde eventualmente se extendió hasta Laguna de Términos²⁴⁷ como se observa en el plano de la Figura 5.8. Además, el litoral costero estaba a su vez respaldado a pocos kilómetros por la retaguardia que ofrecía la Sierra Madre Oriental en paralelo a la línea de costa, lo que dificultaría la penetración del enemigo. En el caso de San Juan de Ulúa y Veracruz, prácticamente ubicados en la parte central del litoral delimitado, se abrían tierra adentro dos caminos que cruzaban las montañas en su ruta hacia la capital de la Nueva España.

Ambos territorios de costa y terrestres fueron del interés militar, pues los proyectos de obras defensivas se focalizaron a dichas zonas que estaban en constante vigilancia ante la imposibilidad de edificar todas las obras proyectadas. La dinámica militar cohesionó las tierras antes divididas entre las Provincias de Puebla, México y Oaxaca, aunque el centro-norte, continuó siendo el de mayor interacción en la vida social y política del país.

²⁴⁷ Aún antes de la delimitación de la intendencia de Veracruz, existen referencias de que, en 1758, Gaspar Courselle, ingeniero militar perteneciente a la plaza de Veracruz, tuvo el encargo de realizar un reconocimiento de la Isla de Tris y Laguna de Términos, así como la elaboración de un proyecto de Fortificación que delineó desde su lugar de adscripción.

5.3 Contexto físico de Veracruz

5.3.1 Ubicación

La delimitación actual de Veracruz como estado político lo ubica al este de la República Mexicana, entre el Golfo de México y la Sierra Madre oriental, al sur del Trópico de Cáncer y en la parte central de la vertiente de la citada región marina. Sus coordenadas geográficas extremas son al Norte 22° 28', al sur 17° 09' de latitud norte; al este 93° 36', y al oeste 98°39' de longitud oeste.

Posee una superficie de 72,410.05 km², cuyos contornos irregulares colindan al Norte con el estado de Tamaulipas, al este con el Golfo de México, al sureste con los estados de Tabasco, Chiapas y Oaxaca, al oeste con el estado de Puebla, y al noroeste con Hidalgo y San Luis Potosí.

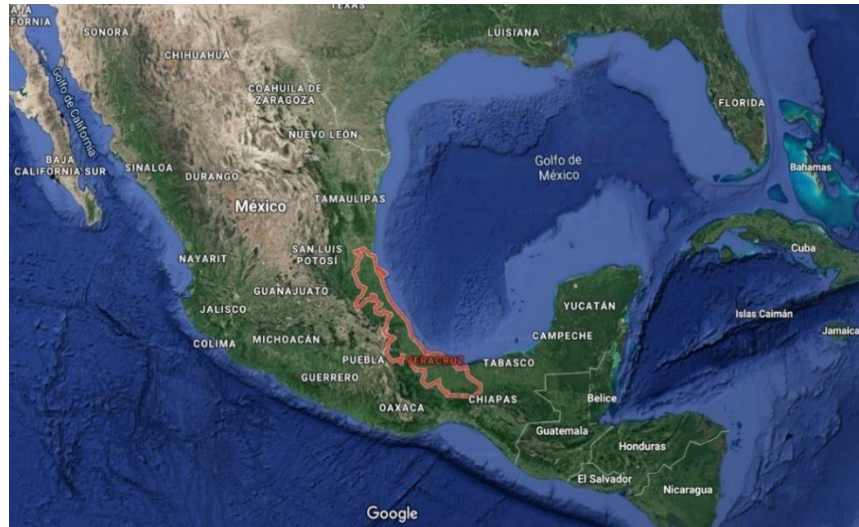


Figura 5. 9 Delimitación geográfica actual del estado de Veracruz en la República Mexicana.

La división del interior del estado de Veracruz en regiones²⁴⁸ según sus características naturales y culturales se tomará en cuenta para contextualizar el área donde, como se ha señalado, se focalizó el interés por establecer los sistemas defensivos virreinales: el litoral costero y los caminos reales hacia el centro del país. Si bien, 6 de las 7 regiones naturales se involucran en los sistemas defensivos por sus límites con el Golfo de México, cabe destacar que las de mayor relevancia son las regiones de Llanuras del Sotavento y Grandes Montañas, pues entre su geografía se ubican tanto el Fuerte de San Juan de Ulúa, la ciudad de Veracruz y los caminos reales que conducían al altiplano del país, tanto el que pasaba por Xalapa y Perote como el que seguía una ruta por Orizaba. No obstante, la importancia del contexto se extiende hasta las regiones contiguas de los Tuxtlas donde se recurrió en la búsqueda de materiales constructivos.

²⁴⁸ El estado de Veracruz se ha dividido en siete regiones naturales: Huasteca veracruzana, Sierra de Huayacocotla, Totonacapan, Grandes Montañas, Llanuras de Sotavento, Los Tuxtlas y el Istmo de Tehuantepec. Existe otra división a partir del Plan Veracruzano de desarrollo 2005-2010, que divide el estado en 10 regiones para la planeación urbana y regional, basándose en su ordenamiento territorial. Esta última división no se considera para efectos de la arquitectura militar, pues la anterior corresponde con sus características naturales y posibilita tener de manera clara la relación entre el medio y sus construcciones virreinales.

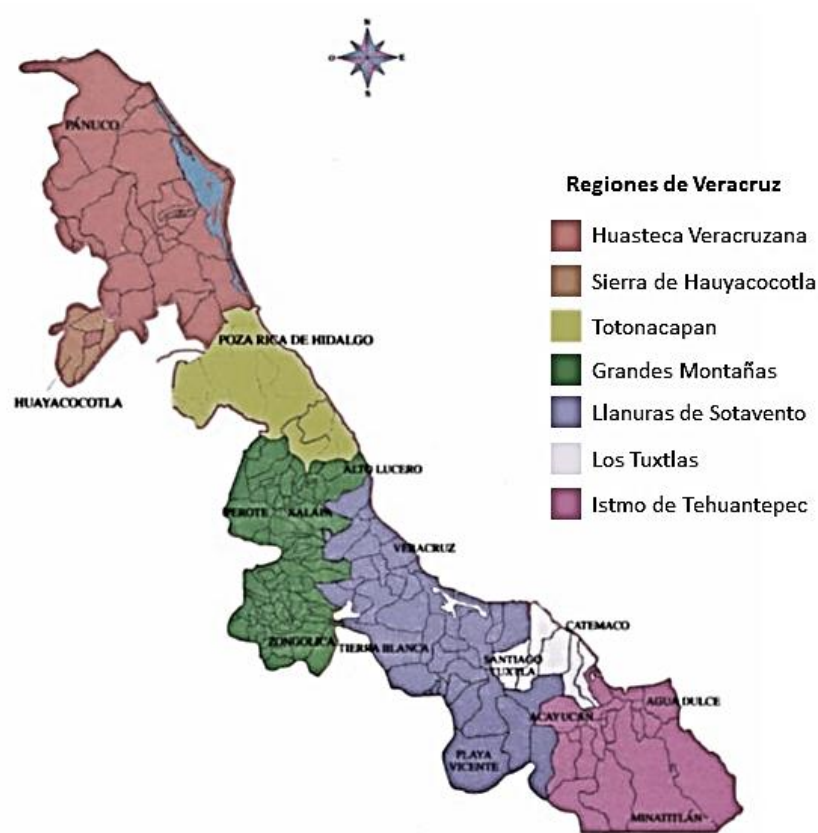


Figura 5. 10 Regiones del estado de Veracruz según a sus características naturales. Fuente: <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/inea%5Cpdf%5C148%5C148008.pdf>

5.3.2 Geología

Estudios geológicos²⁴⁹ sobre el territorio veracruzano remontan sus orígenes al Paleozoico cuando se formó el basamento de rocas que sustentaría los posteriores estratos de sedimentarias y volcánicas de las siguientes etapas geológicas. En la era Mesozoica se generaron formaciones de calizas en la región de las Grandes Montañas, iniciando en el cretácico medio con plataformas sobre Orizaba y sus zonas contiguas. En el cretácico superior la formación de estratos se extendió y sobrepuso a las anteriores alcanzado las superficies donde hoy se ubican Córdoba, Orizaba y Zongolica, así como en los alrededores de Xalapa. Esto llevó a una composición litográfica de calizas arcillosas color gris, con intercalaciones de lutitas y capas de bentonita de color verde, así como de calizas arrecifales.²⁵⁰

²⁴⁹ Sergio R. Rodríguez Elizarrarás y Wendy V. Morales Barrera, "Geología" en *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*, Enrique Florescano y Juan Ortiz Escamilla, coordinadores, México, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, 2010. v. 1, p. 43-64. Consultado en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9648/02GEOLOGIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

²⁵⁰ *Ibid*, p. 53

Durante la era Cenozoica, se presentaron las primeras manifestaciones de la actividad magmática y volcánica. En el Terciario Superior (Mioceno y Plioceno) se registraron eventos en la región situada entre Chiconquiaco, Juchique, Alto Lucero y Palma Sola, (Figura 5.11) con composiciones de rocas ígneas y volcánicas que están constituidas por intrusivos y derrames de lava de composición basáltica que llegaron hasta la costa²⁵¹. La región de Los Tuxtlas también ha tenido actividad volcánica desde hace 7 Ma²⁵², siendo los últimos eventos registrados en los años 1664 y 1793²⁵³ generándose conos de escoria que produjeron lavas y materiales piroclásticos de composición fundamentalmente basáltica.

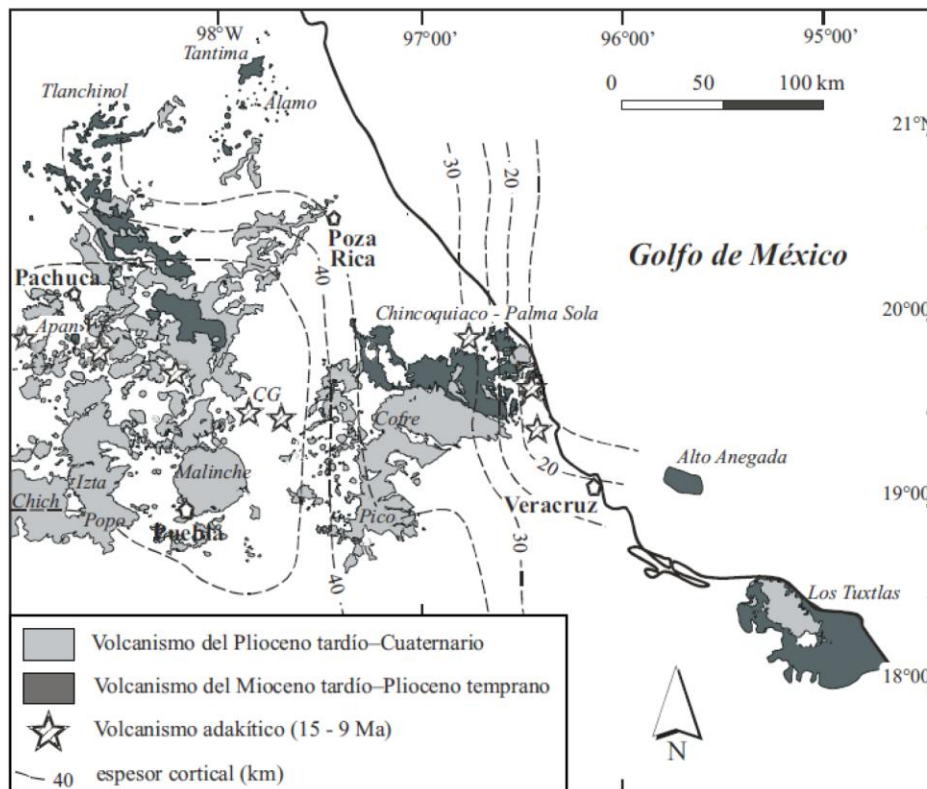


Figura 5. 11 Detalle de la petrogénesis ígnea en la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Fuente: https://sivea.uson.mx/docentes/tareas/15_EJE_NEOVOLCYENICO_I.pdf

Ya para el cuaternario se ha formado claramente una cordillera compuesta por el Cofre de Perote-La Gloria-Las cumbres-Pico de Orizaba, con orientación NE-SW incluida en la dinámica de la Faja volcánica Trans-Mexicana²⁵⁴. La actividad volcánica más reciente

²⁵¹ *Ibid*, p. 55

²⁵² Millones de años (Ma)

²⁵³ Rodríguez, *Op. cit.*, p. 56

²⁵⁴ Universidad de Sonora, *Eje Neovolcánico, Franja volcánica Trans-Mexicana* en Material docente. Consultado en https://sivea.uson.mx/docentes/tareas/15_EJE_NEOVOLCYENICO_I.pdf

registrada en esta región propició una composición litográfica de basaltos, andesitas y riolitas de edad cuaternaria, descansando sobre rocas volcánicas del terciario y sobre calizas y lutitas del Mesozoico.²⁵⁵ La gran cantidad de sedimentos volcanoclásticos de las Grandes Montañas se encauzaron a lo largo de los ríos y sus sedimentos terrígenos fueron cubriendo la franja norte y sur del territorio veracruzano definiendo la planicie costera del Golfo de México, con tofoformas de lomeríos suaves y amplias llanuras sobre las cuales escurren los ríos que desembocan en el mar.²⁵⁶

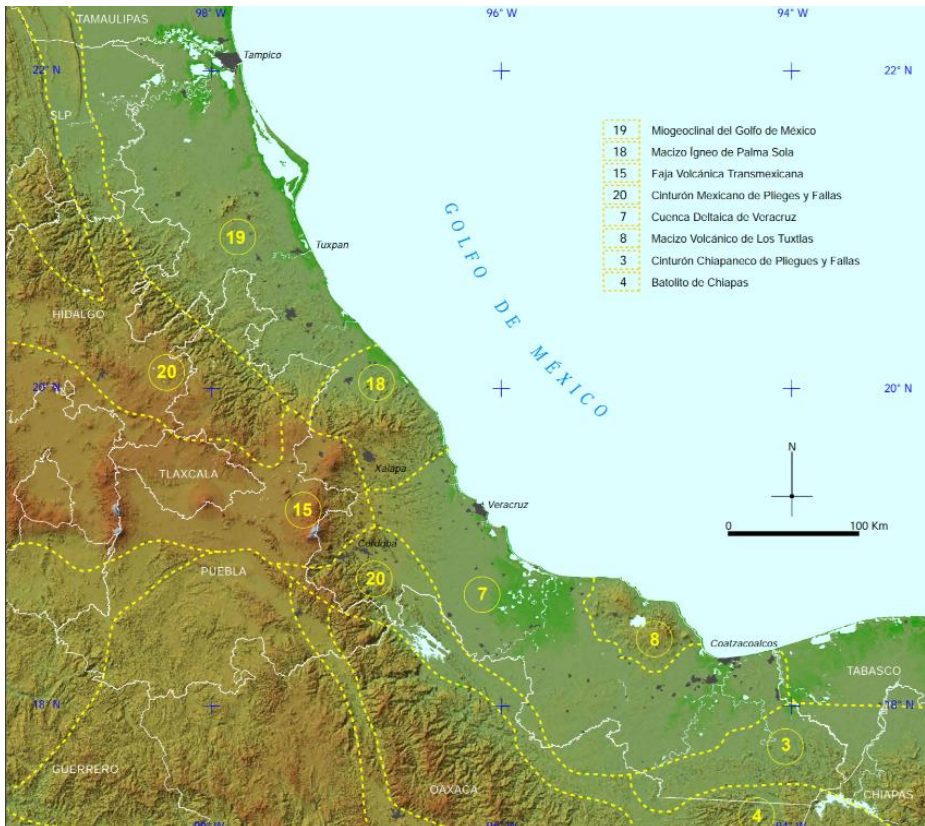


Figura 5. 12 Provincias geológicas del estado de Veracruz. Fuente: Sergio R. Rodríguez Elizarrarás y Wendy V. Morales Barrera, *Geología en Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*.

El Cofre de Perote es un volcán extinto de composición andesítica muy erosionado. El volcancillo, localizado en las cercanías noreste del Nauhcampatépetl erupcionó hace aproximadamente 900 años, por lo que este cráter junto con otros 60 conos monogenéticos situados en los alrededores de la ciudad de Xalapa son una clara evidencia de la actividad volcánica reciente.²⁵⁷ Este es el paisaje que los viajeros del Camino de Ventas (Veracruz – México) en su paso por Xalapa, describían como “malpaís”, al referirse a una superficie cubierta por la lava solidificada que no era buena para sembrar y generaba que los caminos fueran irregulares.

²⁵⁵ Rodríguez, *Op. cit.*, p. 57

²⁵⁶ *Ibid.*, p. 53-54

²⁵⁷ *Ibid.*, p. 58

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

En base a la evolución geológica se aprecia como el territorio veracruzano tiene una composición basa en rocas ígneas y sedimentarias, así como por suelos que han cubierto los estratos inferiores. Las geformas contienen regiones ricas en materiales pétreos y otras totalmente carentes de ellos. (figura 5.13) esta situación ha sido un factor importante en la construcción arquitectónica, pues ha llevado a la explotación de diversos bancos de materiales pétreos o en su defecto a la experimentación de otro tipo de recursos.

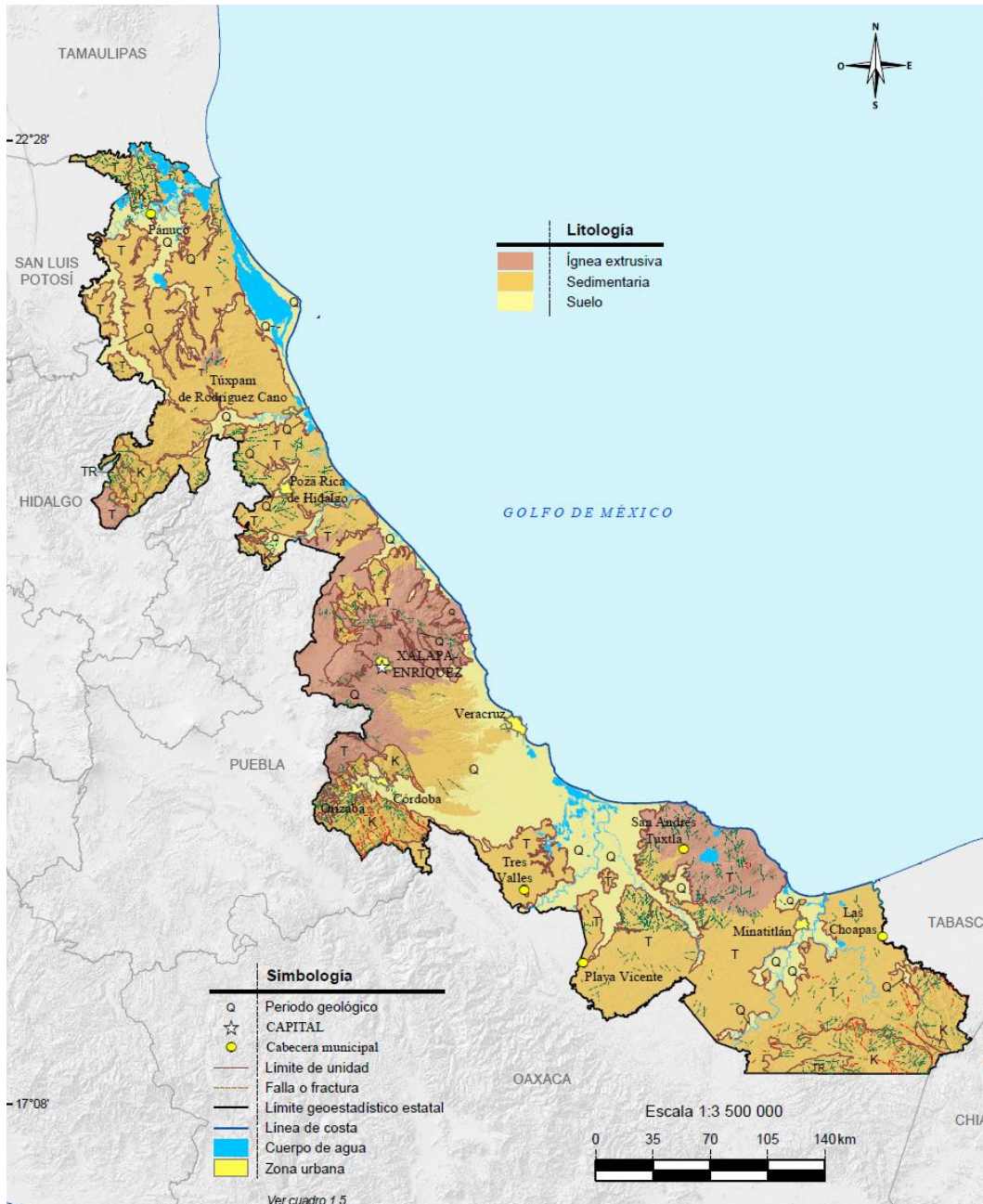


Figura 5. 13 Geología del estado de Veracruz. Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2017, Fuente: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/VER_ANUARIO_PDF.pdf

Las regiones de las Grandes Montañas y los Tuxtles han sido las más explotadas como fuente de materiales pétreos durante el Virreinato de la Nueva España; pues si bien existen también algunos bancos de arena sílica en las Llanuras de Sotavento y el Istmo de Tehuantepec, lo cierto es que, para efectos constructivos de las obras, se recurrió constantemente a la exploración de las zonas montañosas.

De manera que, en las faldas del Pico de Orizaba y sus serranías inmediatas se localizan bancos de materiales con una amplia variación granulométrica, por lo que se explotan aún en la actualidad para acabados, rellenos y agregados. Asimismo, se encuentran zonas de rocas carbonatadas que tienen una estructura masiva y sólida, intensamente fracturadas, que como se ha mencionado, son rocas calcáreas datadas en el Mesozoico.

En los alrededores de Xalapa y Perote, se encuentran diversos bancos de piedra, arena pomez o tepecil y cal. Tan solo en Xalapa se pueden encontrar variedades de calizas, es decir rocas carbonatadas masivas presentadas en cerros de pendientes pronunciadas, dolomías, areniscas, lutitas y margas. Hay un depósito de Lahar que corresponde a un basamento volcánico producto de la actividad del estratovolcán Cofre de Perote y que lleva a un material masivo de color amarillo-café con apariencia caótica, deleznable constituida por una textura arcillo limosa. También se encuentran depósitos aluviales constituidos por materiales removidos.

En el área de Tatatila-Las Minas, se encuentran materiales pétreos relacionados con los bancos de rocas carbonatadas con depósitos de caliza que fueron afectados por intrusivos graníticos terciarios que produjeron bancos de mármol.

En cuanto a la explotación de la arena sílica en la región de las Llanuras de Sotavento, específicamente en la región de Alvarado, así como en las cercanías a Jáltipan de la región del Istmo, estos materiales se han relacionado con las arenas cuarcíferas, arcillas arenosas y lentes de arenisca de origen en el terciario medio.²⁵⁸

Finalmente se puede señalar que los suelos de Veracruz son diversos a causa de las diferencias de altitud entre llanuras y serranías, la formación de rocas en distintos periodos impregnó sus propias características que, junto con la interacción del agua, el clima, la flora y la fauna de cada región. Así, en las Grandes Montañas se tienen suelos arenosos, arcillosos, calizos, de pradera, negros y pardos de bosques, complejos de montaña, aluviales y pantanosos, mientras que en las Llanuras de Sotavento, hay suelos ojos y amarillos de bosques, arenosos (sobre todo a las orillas del mar, donde abundan las dunas y médanos costeros), de pradera, calizos (particularmente en las áreas semiáridas antes citadas), aluviales y pantanosos, éstos dos últimos tipos en las orillas del río Papaloapan y sus afluentes.

²⁵⁸ Rodríguez, *Op. cit.*, p. 62

5.3.3 Relieve continental

La franja alargada y angosta del territorio veracruzano posee un relieve diverso, compuesto por llanuras costeras en su colindancia con el Golfo de México y en contraste, al norte y oeste un suelo desigual, quebrado y fragoso por su cercanía con la Sierra Madre Oriental que sigue una trayectoria relativamente paralela a sus límites hasta el encuentro con el Eje Neovolcánico que atraviesa de manera transversal el país hasta las dos principales elevaciones del estado: el Cofre de Perote (Nauhcampatépetl) y el Pico de Orizaba (Citlaltépetl), éste último volcán con 5,747 metros sobre el nivel del mar, se reconoce como el más alto de la entidad y del país. Posterior al cruce que se establece por estas cordilleras, inicia la secuencia de montañas denominada Sierra Madre del Sur ocupando una pequeña parte de nuestro territorio.



Figura 5. 14 Principales elementos determinantes de la diversidad de relieves continentales en Veracruz

El Golfo de México provee a Veracruz un litoral de 745 metros lineales de longitud, compuesto de costas bajas y arenosas con una angosta playa que se bordea de médanos, dunas (montañas de arena) con barras, humedales, bahías y puntas. Inmediatamente se ubican las Llanuras costeras que caracterizan al territorio veracruzano, y tanto preocuparon a los españoles ante la posibilidad de permitir invasiones extranjeras.

La región de Sotavento que albergó a las fortificaciones de costa en San Juan de Ulúa, la ciudad de Veracruz, Antón Lizardo y Alvarado presentan un contexto con un relieve caracterizado por una vasta llanura, parcialmente interrumpida por algunos lomeríos de baja altitud. Al avanzar hacia las regiones colindantes de los Tuxtlas y de las Grandes Montañas, el terreno se eleva a través de cañadas, lomas y declives pronunciados.

La costa de las Llanuras de Sotavento es baja y arenosa, lo que dificulta la instalación de buenos puertos. De norte a sur, sus accidentes más notables son: Barra de Paso Limón, Punta Villa Rica, Laguna El Llano, Laguna Farallón, Punta de la Mancha, Laguna de la Mancha, Barra de Juan Ángel, Punta Zempoala, Barra de Chachalacas, Barra de La Antigua, Punta Chivería, Punta Mocambo, Barra de Boca del Río, Lagunas de Mandinga, Barra de Alvarado, Punta Puntillas.

En contraste el relieve de la región de las Grandes Montañas se ubica entre los 500 metros de altitud hasta los 5,747 metros sobre el nivel del mar en que se ubica el Pico de Orizaba o Citlaltépetl, su nombre original. La región incluye el cruce del eje Neovolcánico o Sistema Tarasco Nahua que separa la altiplanicie poblana, y cuyas crestas se sitúan por arriba de



Figura 5. 15 Volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl.

2,200 metros de altitud. En ese paisaje de serranías también se integran las cumbres de Acultzingo y Maltrata. Al oeste de la región, se localizan dos pequeños valles: Perote y Zongolica, que forman parte de la planicie poblana. De esta manera observamos como el relieve de las Grandes Montañas es el corazón montañoso de Veracruz, compuesto por terrenos quebrados, con escarpadas sierras, altas montañas, profundas barrancas y escasas superficies planas.

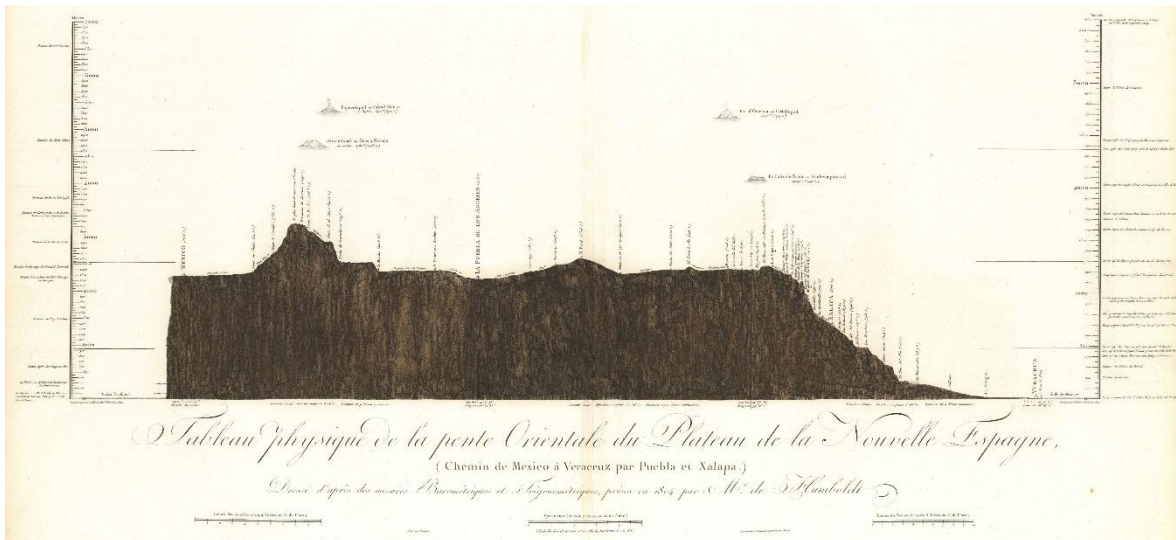


Figura 5. 16 Tableau physique de la pente orientale du Plateau de la Nouvelle Espagne: (Chemin de Mexico a Veracruz par Puebla et Xalapa) por Alexander von Humbolt (1804). El corte del relieve nos muestra claramente el contraste de alturas entre el puerto de Veracruz ubicado al extremo derecho y la ciudad de México al extremo izquierdo. Además, se proyectan en la parte superior los principales volcanes que cruza. Fuente: Biblioteca virtual del Ministerio de Defensa de España.

5.3.4 Relieve oceánico

Debido a que Veracruz cuenta con un extenso litoral que fue uno de las condicionantes principales del establecimiento de sistemas defensivos, se considera importante identificar las características del relieve oceánico que más influyeron. El litoral de Veracruz posee elementos muy distintivos como sus arrecifes coralinos, que forman sistemas de relieve pronunciado, modificando la topografía del fondo marino. Sobre la plataforma continental

de la costa veracruzana se ubica el sistema arrecifal llamado actualmente “Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México”²⁵⁹ y que comprende tres subsistemas arrecifales: Lobos-Tuxpan, Veracruzano y de Los Tuxtias. Estudios recientes han identificado diversas estructuras arrecifales en las cercanías de la Villa Rica, en su mayoría del tipo arrecife sumergido y algunos del tipo bordeante (pegados a la costa).²⁶⁰

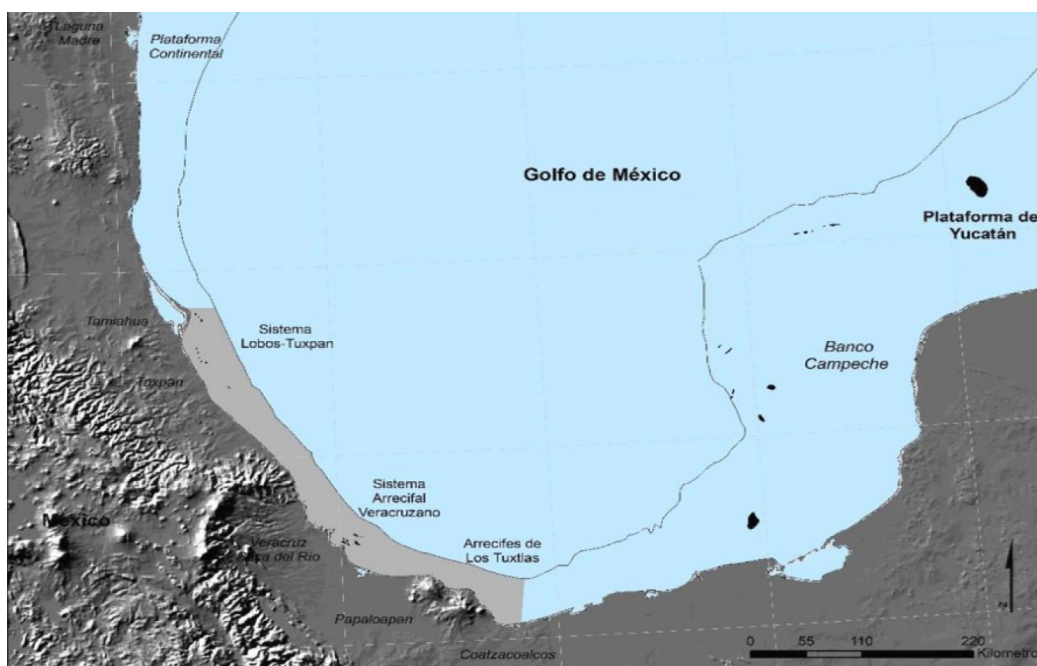


Figura 5. 17 Ubicación de los sistemas arrecifales que anteceden la costa veracruzana. Imagen tomada del documento de Leonardo Ortiz Lozano et al, *El corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. Retos y oportunidades para su protección*. Consultado en: <https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/InfoFinalRick2.pdf>

La composición de carbonato de calcio les permite a los arrecifes resistir las fuerzas hidrodinámicas generando un hábitat estable y duradero que a su vez alberga otros organismos. La topografía del fondo marino fue uno de los principales retos que enfrentaron los españoles al llegar al territorio veracruzano, pues el arribo de embarcaciones resultó complicado ante la densidad de fósiles coralinicos que reducían la profundidad del mar, así como la ubicación de pequeñas islas dispersas en la cercanía al litoral.

Las principales islas que reconocemos en la cercanía al puerto de Veracruz son la Isla de Sacrificios e Isla Verde. Estas elevaciones del fondo marino constantemente constituyeron puntos vulnerables en la protección de la costa, por lo que en Sacrificios se instaló una batería que resguardara los alrededores. También en la topografía marina se han distinguido ciertas sumersiones arrecifales que se conocen con los nombres de La

²⁵⁹ Leonardo Ortiz Lozano, “Arrecifes sumergidos en Veracruz”, en Universidad Veracruzana, Dirección de Comunicación de la Ciencia. Consultado en <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/arrecifes-sumergidos-en-veracruz/>

²⁶⁰ *Idem*

Galleguilla, La Gallega, Blanquilla, Anegada de Adentro, Arrecife Pájaros y Arrecife Hornos. Estas sumersiones arrecifales fueron elementos que complicaban la navegación española, por lo que las cartas geográficas y los planos de la costa constantemente los ubicaron para establecer los correctos canales de navegación. De igual forma, la ubicación de bajos arrecifales incidió en las dificultades del fondo marino, hoy en día se identifican el Bajo Paducah y Bajo Mersey.

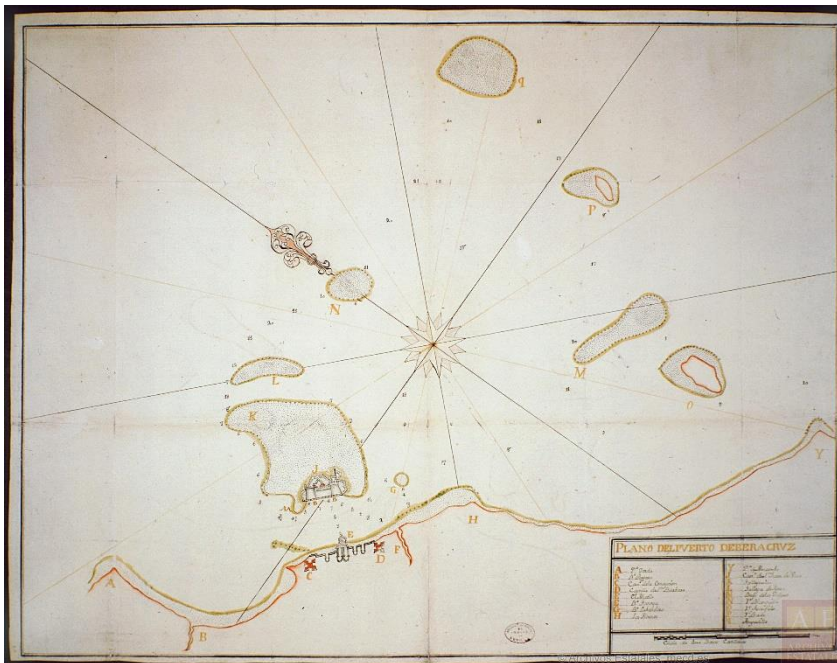


Figura 5. 18 Plano del Puerto de Veracruz (1751ca). Se muestran los bajos y sumersiones arrecifales de la costa central entre los que destaca la Gallega, sobre el que se ubica el Fuerte de San Juan de Ulúa, al frente la ciudad de Veracruz delimitada por una línea de playa en color rojo y otra en color ocre que le antecede y que señala la plataforma arrecifal. Fuente: Archivo General de Indias

5.3.5 Clima y vientos

El clima en la región de las Llanuras del Sotavento es cálido, con lluvias en verano y parte de otoño, el promedio de temperatura oscila entre los 29^o C y 24^oC; en contraste en la región de las Grandes Montañas el clima presenta variaciones según la altura sobre el nivel del mar, de modo que en la cercanía a la costa, se tendrán climas cálidos con temperatura entre 24^o C y 22^o C, pero en las regiones más altas, sobre las faldas del Cofre de Perote y Pico de Orizaba, el clima es semifrío a frío alcanzado temperaturas de 12^o C a -6^o C.

El litoral costero provee un clima caluroso y húmedo y la Sierra Madre Oriental detiene como una pantalla las corrientes de vientos y genera climas templados y semifríos. La ubicación del litoral costero de Veracruz, en la parte central del Golfo de México, los hace susceptible de recibir los vientos con mayor intensidad, lo que caracterizó a los primeros asentamientos de la costa por la vulnerabilidad que presentaban ante el azote de las corrientes de vientos que provienen la mayor parte del año del nornoroeste (NNW).

En la navegación es muy importante la condición de los vientos y por eso en la costa se ha prestado especial atención a su dirección e intensidad, como consta en los relatos de los

españoles que refieren al “barlovento” y “sotavento” ante una toma de decisiones, estrategia defensiva o para la planeación de la movilidad de las embarcaciones. El término “barlovento” se ha utilizado para señalar a aquel sitio de donde provienen los vientos, que, para el caso de la ciudad de Veracruz, ha sido recurrente que lleguen del norte, por lo que cuando son muy intensos y veloces se conocen como “nortes”.

En cambio, con el término de “sotavento” se distingue a los lugares a donde llega el viento, por lo que siento la ciudad de Veracruz y sus inmediaciones, la más afectadas por la llegada de los *nortes*, esta región era señalada como el Sotavento. Así a partir del virreinato se fue quedando el uso del término para referirse a las áreas centrales y llanas de su intendencia, que daban el resguardo a los españoles, pues después de cruzar los mares afectados por los fuertes huracanes o nortes, era una bendición arribar al puerto y sentir la tierra firme de sus llanuras.

El factor climático, siempre fue un tema central en la cotidianidad de las llanuras costeras, ya sea por las altas temperaturas y humedad que generan el ambiente bochornoso, o bien por los eventos meteorológicos como los huracanes y “nortes” que con rachas de alta velocidad azotaban la región dificultando no sólo la navegación, sino la conservación de sus edificaciones y la dinámica constructiva de las obras defensivas. Del mismo modo, el clima frío, húmedo, con neblinas bajas y lluvias ligeras conocidas coloquialmente como “chipi-chipi” fue el ambiente de las zonas serranas que presenciaron los viajeros en su cruce por los territorios veracruzanos.

5.3.6 Hidrografía

Ante la cercanía del territorio veracruzano con el mar y las montañas, su geografía se ha beneficiado por la presencia de diversas corrientes y cuerpos de agua. En la región de Grandes Montañas los vientos húmedos detenidos en sus cordilleras favorecen el descenso de agua, por lo que la región cuenta con múltiples arroyos de caudal casi constante cruzando por profundas barrancas que uniéndose dan origen a varios ríos. Lo accidentado del terreno hace que sus cauces presentes fuertes pendientes y cascadas.

En la región de las Llanuras de Sotavento, también se encuentran diversos arroyos, ríos, esteros, pantanos, lagunas y humedales. Los ríos más largos y caudalosos son: Actopan, La Antigua, Jamapa, Cotaxtla, Blanco, Limón, Acula y sobre todo el Papaloapan y sus numerosos afluentes. Dichos ríos nacen en la región de las Grandes Montañas, las sierras de Oaxaca o la región de los Tuxtlas y desembocan en el Golfo de México. También destaca área comprendida entre los ríos Blanco y Papaloapan donde se localiza el mayor sistema lagunero del Estado.

Las diversas corrientes de agua fueron un tema de constante atención para los ingenieros militares, pues sus afluentes fueron aprovechados o controlados para el desarrollo de las construcciones de orden civil o militar. Por ejemplo, la delimitación de la ciudad amurallada

5.3.7 Vegetación

La vegetación en Veracruz es muy variada, pues corresponde con la topografía, el clima y las fuentes de agua. En la conjugación de estos elementos se puede encontrar una rica diversidad de especies. La región de las Grandes Montañas presenta bosques de álamos, cedros rojos, ceibas, encinos, fresnos, higueras, hules, liquidámbar, nogales, oyameles, pinos, robles, sauces, que alternan con campos de cultivo y pastizales. Estas variedades ofrecieron excelente madera para las obras, como el Fuerte de San Carlos de Perote, en donde las relaciones de obra señalan madera de oyamel, especie común en las faldas del Nauhcampatpetl.

En la región de las Llanuras de Sotavento, también existieron algunas áreas boscosas que lamentablemente han desaparecido casi en su totalidad, quedando dispersas las zonas en que se encuentran las especies endémicas de grandes árboles. Así, al paisaje de las llanuras se integran principalmente palmeras cocoteras y reales, agrupadas en masas casi continuas; además de especies de árboles entre las que se pueden destacar palo blanco, palo loco, almendros, ceiba, palo de sol o cocouite, amate o higueras, caoba, cedro rojo, chaca o palo mulato, huizache, hule, pino marítimo, roble, sangreado y encino entre otras.

Aunque en la playa no se localizan densas áreas verdes, la presencia de cuerpos de agua como los humedales de tipo albuferas en las zonas inmediatas, ha propiciado el desarrollo de manglares. Además,

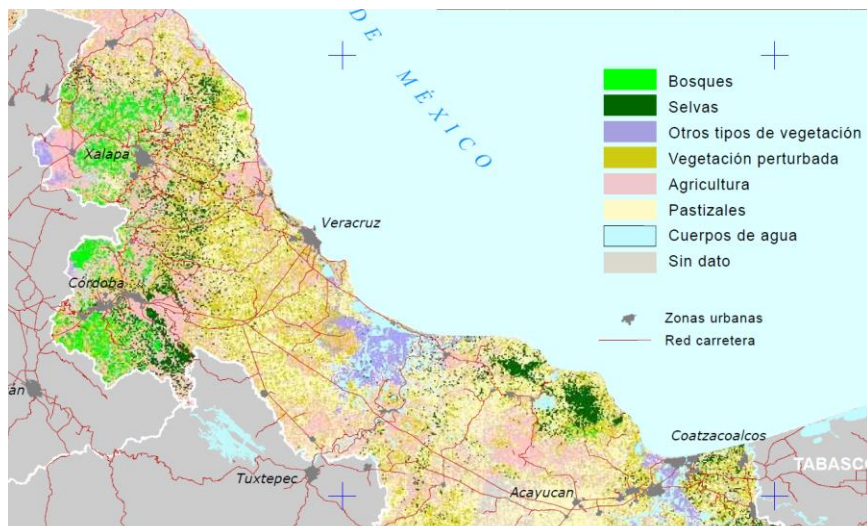


Figura 5. 20 Vegetación en las regiones de las Grandes Montañas, Llanuras del Sotavento y Los Tuxtlas. Fuente: Vegetación y uso de suelo en Atlas de patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz.

en las dunas o médanos costeros en temporadas de relativa quietud del viento, se desarrollan arbustos espinosos, plantas cactáceas como el cardón, nopal y órgano, así como otras plantas xerófilas.

Así fue el paisaje que observaron los españoles cuando llegaron al territorio veracruzano. El primer reto para levantar un paraje seguro era construir sin los recursos indispensables. La costa no les ofrecía madera, ni piedra, ni tierra, en cambio sí mucha arena, viento y agua salada.

5.4 La conformación del sistema defensivo veracruzano

El sistema defensivo veracruzano surgió como resultado de un largo, complejo e interminable fenómeno de protección, defensa y control territorial. Sin la existencia de un proyecto estratégico previo, más que la propia habilidad e intuición de los conquistadores españoles se estableció el primer puerto marítimo que develaría la función defensiva de la región y que daría pauta a los proyectos que se generaron a posteriori, cuando se asimiló la relevancia del sitio en la movilidad mercantil y social, punto de conectividad fundamental entre las posesiones de la Monarquía Hispánica. Al paso de los siglos y de los acontecimientos sociales, Veracruz ejerció un rol fundamental en los eventos políticos tanto del virreinato, como en la lucha por la independencia y en la construcción de una nacionalidad.

Así a partir de un puerto marítimo se conformó un sistema que se extendió hacia el litoral costero y hacia tierra adentro, en diferentes dinámicas que básicamente correspondieron con las situaciones presentadas entre los siglos XVI al XIX, generando conjuntos de obras que atendieron primero a las necesidades inmediatas, y después planteando estrategias militares, resolviendo las deficiencias, realizando ajustes, adecuando espacios e integrando otros. El sistema defensivo veracruzano permaneció largo tiempo en construcción y mantenimiento, por falta del respaldo económico de la Monarquía, por las condiciones de los diferentes contextos en que se desarrollaron, la dificultad del suministro de materiales constructivos, la carencia de la mano de obra especializada o por la lentitud de las gestiones para la toma de decisiones.

No obstante, Veracruz cuenta con los mejores ejemplos de la fortificación abaluartada en nuestro país. El Fuerte de San Juan de Ulúa y el Fuerte de San Carlos de Perote, son los testimonios de una organización defensiva, que resulta casi ilegible ante la gran pérdida del patrimonio militar que lleva a considerar estas obras monumentales como casos aislados de un lejano pasado. A pesar de ello, las referencias sobre la ciudad amurallada de Veracruz han permitido la identificación de una relación con San Juan de Ulúa, en donde permanece latente la configuración ciudad amurallada-puerto defensivo y comprueba la puesta en marcha de un planteamiento estratégico militar expresado a través de la configuración arquitectónica y urbana.

El sistema defensivo articuló las fortificaciones abaluartadas con las obras accesorias llevando así una dinámica de control militar tanto en la cotidianidad de la sociedad veracruzana como en la alerta ante eventos defensivos. Desafortunadamente la situación del patrimonio militar es complicada ante la mutilación, transformación, abandono o pérdida de las obras, lo que ha influido en la falta de una lectura clara sobre la conformación de los sistemas defensivos en nuestro territorio, y que ha alimentado confusiones e incógnitas en su interpretación.

Ante este panorama se han revisado las diversas fuentes que abordan la arquitectura militar en Veracruz, se han consultado planos en donde abundan los proyectos de fortificaciones y edificios militares, muchos de los cuales se quedaron en propuestas no ejecutadas, por lo que también se han consultado documentos en los archivos, para constatar la existencia

de las obras. De los resultados obtenidos, se desprende la interpretación de los sistemas defensivos veracruzanos que aquí se presenta.

La conformación del sistema defensivo atendió a los diferentes momentos políticos y sociales de Veracruz, tanto sus fortificaciones abaluartadas como todas sus obras militares tienen el hilo conductor de responder a los intereses de quienes dominaban el territorio y dirigían las políticas. La justificación para la construcción o mejoramiento de las defensas fue siempre la necesidad de perfeccionar las obras y mantenerse inexpugnable ante la llegada de posibles invasores, o bien mantener el control de un territorio. Como se ha señalado, la arquitectura militar fue la maquinaria defensiva de la que se valió la Monarquía Hispánica para establecer y consolidar su imperio durante siglos.

El primer testimonio arquitectónico de una fortificación se presenta en la casa fuerte de la Villa Rica de la Vera Cruz, una obra iniciada por los conquistadores tras su llegada a las costas veracruzanas y la fundación del primer asentamiento español. En esta improvisada construcción se reproduce la planta de una fortaleza de reminiscencia medieval que pretende fungir como un espacio defensivo de posibles sublevaciones indígenas en contra de sus conquistadores. La obra no se planteó como parte de un sistema con el que interactuara directamente, sino que atendió de manera inmediata una necesidad de protección y dominio de un territorio apropiado, sin embargo, según sus descripciones²⁶¹ su tipología coincide con aquellas casas fuertes que los españoles edificaron durante sus primeros años de dominación de la ciudad de Tenochtitlan.



Figura 5. 21 Casa fuerte como primera fortaleza de los españoles en 1519 al establecer su primer asentamiento denominado la Villa Rica de la Vera Cruz.

²⁶¹ Las principales descripciones de la primera fortaleza de los españoles se encuentran en *La historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, escrita por Bernal Díaz del Castillo conquistador que participó en la expedición de Hernán Cortés que llegó a costas veracruzanas en 1519; así como en los estudios arqueológicos del siglo XX a cargo de Alfonso Medellín Zenil como el titulado *Exploración en la Villa Rica de la Veracruz*, y en los análisis de tipo histórico de Tamara Blanes en su libro *Fortificaciones del Caribe* en donde señala también la existencia de este tipo de casa fuerte de los españoles durante el siglo XVI en Cuba. Asimismo, se puede contrastar con las descripciones que refieren a una arquitectura militar de carácter medieval durante los primeros años de dominación española de la ciudad de México Tenochtitlán, señaladas por George Kübler en su libro *Arquitectura Mexicana del siglo XVI*.

El sistema defensivo veracruzano tuvo como obra principal al Fuerte de San Juan de Ulúa, que motivó múltiples proyectos para su mejoramiento y consolidación como conjunto militar moderno, sin embargo las condiciones iniciales del islote, comúnmente vulnerables al contexto físico, así como sus dimensiones generaron la necesidad de coordinar su dinámica portuaria, mercantil y defensiva, con la ciudad de Veracruz, trasladada a partir de 1599 a los arenales situados en frente, sobre tierra continental de la que partirían los caminos hacia la capital de la Nueva España. De esta manera se establece el primer sistema de fortificación ciudad amurallada-puerto.

La topografía y la lucha de intereses entre los poblados de la región montañosa condujo al establecimiento de dos caminos reales que comunicaban a la ciudad de Veracruz con la ciudad de México: uno que pasaba por Orizaba, y otro por Xalapa. Ya que por estos caminos se trasladaban las mercancías y circulaban los viajeros resultaría lógico suponer el establecimiento de un sistema defensivo, sin embargo, la creación de las obras militares en realidad sería parte de un proceso paulatino.

Durante los primeros siglos del virreinato se mantuvo la premisa de que, si las defensas del Fuerte de San Juan de Ulúa podían evitar la incursión del enemigo, la seguridad del reino estaba garantizada, pues las condiciones de las costas rodeadas de bancos arrecifales dificultaban el atraco de embarcaciones a las playas (figura 5.18) así como el clima intensamente caluroso acompañado de fuertes vientos del barlovento, eran un aliado en contra del enemigo extranjero. Por consiguiente, la ciudad de Veracruz además de simplificar los movimientos de mercancías se preparó para reforzar las defensas del islote (antes que las propias) a través de la combinación de las líneas de tiro desde sus dos principales baluartes. Si observamos la planta de la ciudad amurallada (figura 5.22 y 5.23) resaltan los baluartes de la Concepción en el extremo norte y el baluarte de Santiago al extremo sur, unidos por el perfil de la playa. Estos dos baluartes son los de mayor dimensión y fueron los primeros elementos defensivos que se construyeron en 1634, terminándose el conjunto completo hasta el siglo XVIII, y así estaba protegido el puerto más importante de la Nueva España.

La ciudad desplantada sobre la llanura costera se delimitó con una muralla en forma de media luna irregular, con lienzos de cortina en cuyos ángulos se establecieron sus baluartes. La irregularidad de la muralla contrastaba con el trazo reticular a cordel y regla de sus manzanas que seguían las características de diseño urbano establecidas en la cédula de Felipe II: una plaza mayor, cabildo, portales para mercaderías e iglesia, además de presentar una orientación de calles definida a partir de los rasgos climáticos con calles estrechas para evitar la incidencia solar y permitir la circulación de los vientos dominantes en dirección NNW-SSE y NEE-SWW. La importancia de la ciudad estaba basada en su función defensiva, por lo que con el paso de los años se fue complementando con diversas obras accesorias entre las que se pueden citar un almacén de pólvora en el baluarte de Santiago, cuarteles de caballería y artillería, un hospital militar, atarazanas, almacenes, una escuela práctica de artillería y una maestranza de artillería.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

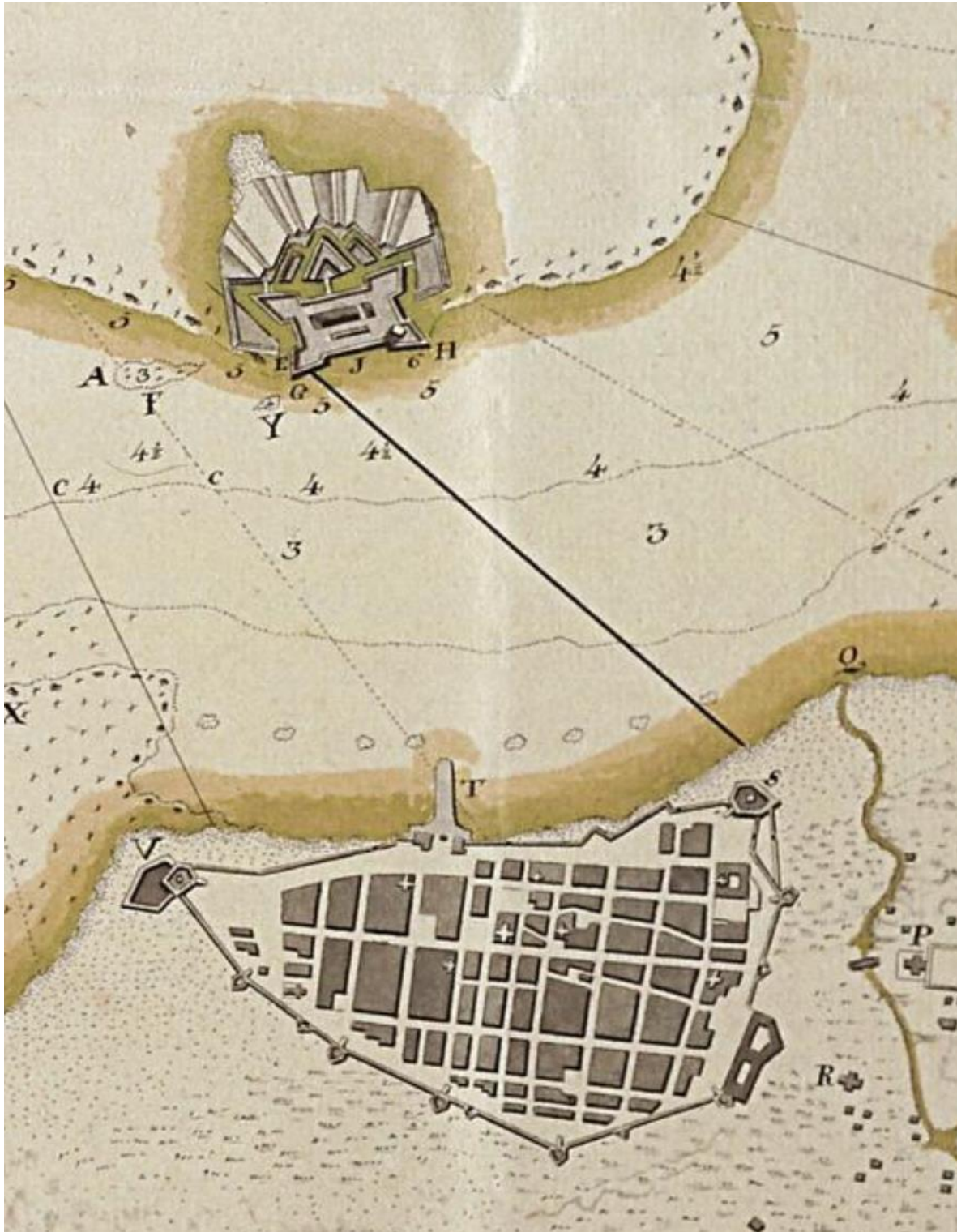


Figura 5. 22 Fragmento del Plano del Puerto de Veracruz (1795) en donde se muestra el sistema defensivo ciudad amurallada – puerto fortificado. Además, se observa la morfología urbana de la ciudad: sus límites de muralla en media luna irregular, baluartes, muelle, puertas y una traza reticular interrumpida por el paso de algunos callejones. Fuente: Archivo General de Indias.

El perfil geográfico del litoral costero con puntas, bahías, barras y bocas de ríos posibilitaba establecer un sistema de fortificaciones de costa que coadyuvara a la seguridad del puerto, por lo que se produjeron múltiples propuestas para la edificación de diversos tipos de obras militares. Algunos de éstas son los proyectos para una ciudadela sobre la punta arrecifal en La Caleta, por Jaime Frank (1689) y por Manuel de Santisteban (1766), el proyecto de un fuerte en Isla Sacrificios (1707 y 1739), el proyecto de un fuerte en Mocambo por Manuel Santisteban (1768), los proyectos para la punta de Antón Lizardo de un fuerte por Manuel Santisteban (1771) o un cuadrado con torre por Miguel del Corral (1771) o una batería por Pedro Ponce (1993), el proyecto para una torre por Miguel del Corral (1765ca) o un arsenal en Alvarado por el mismo autor (1777), el proyecto para un fuerte en la barra de Coatzacoalcos (1760ca) y el proyecto de un fuerte en Isla de Tris, Laguna de Términos por Gaspar Courseulle (1758), entre otras propuestas.

A pesar de la producción de diversos proyectos para la construcción de obras militares que verdaderamente consolidaran una línea defensiva por el litoral costero, el desarrollo de algún tipo de obras de fábrica de piedra probablemente se realizó ya en las últimas décadas del siglo XVIII o durante el siglo XIX. La carencia o mutilación de los testimonios físicos de las obras no ha permitido una lectura eficiente de su relación con los proyectos gestados predominantemente en el siglo XVIII y propicia diferentes interpretaciones. Por consiguiente, se considera que las defensas del litoral costero básicamente era baterías provisionales y de campaña ubicadas en Punta Gorda, Vergara, Mocambo, Hornos, Antón Lizardo, y Alvarado que cubrieron la protección del litoral ante un posible acercamiento al islote de San Juan de Ulúa. Estos puestos de vigilancia contaban con cuarteles, que según las descripciones eran obras con estructuras de madera y tejamanil, y las baterías eran de fajinas.

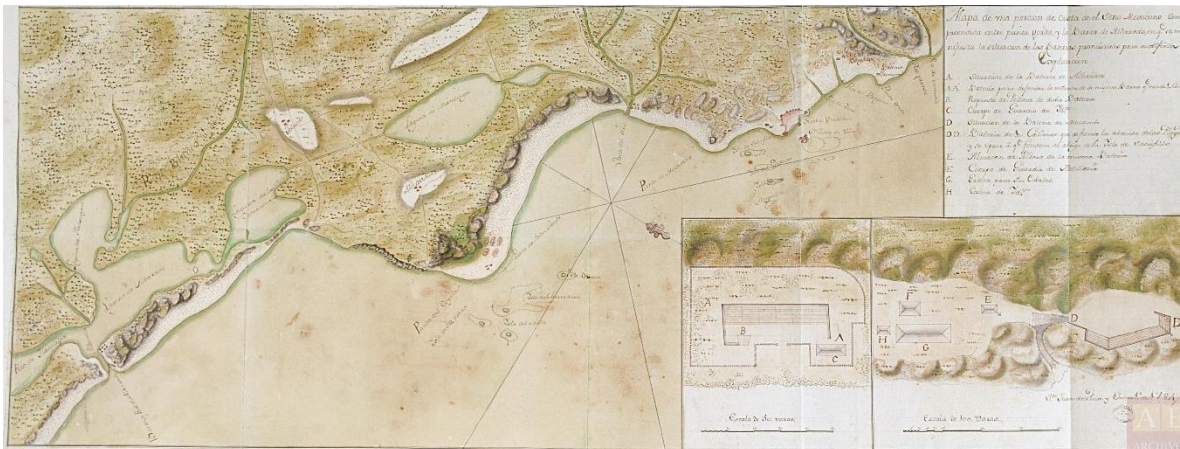


Figura 5. 23 Mapa de una porción de costa del seno mexicano comprendida entre Punta Gorda y la Barra de Alvarado, en que se manifiesta la situación de las baterías provisionales para su defensa (1784) El plano corresponde con la Relación circunstanciada del estado de las fortificaciones y edificios militares en la plaza de Veracruz, sus costas y el Castillo de San Juan de Ulúa, elaborada por Miguel del Corral y fechada en 1783. Fuente: Archivo General de Indias.

En contraste, la estrategia defensiva de los caminos reales estaba basada en varios aspectos, pues en los primeros siglos del virreinato no respondió a la necesidad de

resguardo de una posible invasión externa, sino más bien al control de la paz al interior de la provincia. Así al consolidarse la conquista, la repartición de tierras a través de encomiendas a españoles garantizó el control de la geografía veracruzana, además, la labor emprendida por los frailes franciscanos en la región de las grandes montañas promovió el surgimiento de capillas y algunos conventos que tejieron la articulación de asentamientos evangelizados sometidos al orden de la diócesis de Tlaxcala primero, y posteriormente a su ubicación en Puebla.

Aunque resulta evidente que debieron existir ciertos puestos de vigilancia interna en los primeros siglos de la dominación española, la seguridad militar se atendía a través de los cuarteles establecidos en las ciudades más importantes de la ruta, por ejemplo, en el Camino Real de Ventas, existieron los cuarteles de La Antigua, Xalapa y Perote, situados estratégicamente en el paso de las calles reales.

Ya para el siglo XVIII, la llegada de la dinastía borbónica a la Corona Española y las circunstancias de guerra que vivía la Monarquía en medio de conflictos bélicos, llevaron a replantear la organización militar de los reinos. La creación del Cuerpo Real de Ingenieros con una estructura jerarquizada de técnicos preparados en la milicia y en el arte de construir, apoyados en las escuelas de fortificación que complementaban los conocimientos prácticos con los académicos, influyeron de manera determinante en los cambios de estrategias defensivas. Los proyectos correspondieron a un planteamiento global de defensa encabezado por el Rey que contaba con apoyo técnico de un ingeniero capitán general de todas las fortificaciones.

A partir de la segunda mitad del siglo XVIII, el territorio veracruzano es impactado por las transformaciones de la política real. Se analizó la geografía veracruzana y como se ha señalado para la costa, también se plantearon diversos proyectos de obras defensivas tierra adentro. En medio del análisis de las opciones para mejorar las defensas, el proyecto de un sistema defensivo en Perote, planteado como una retaguardia de la fortificación del puerto contó con la aprobación y apoyo de la monarquía.

Perote fue un sitio importante para los españoles desde inicios del virreinato. El

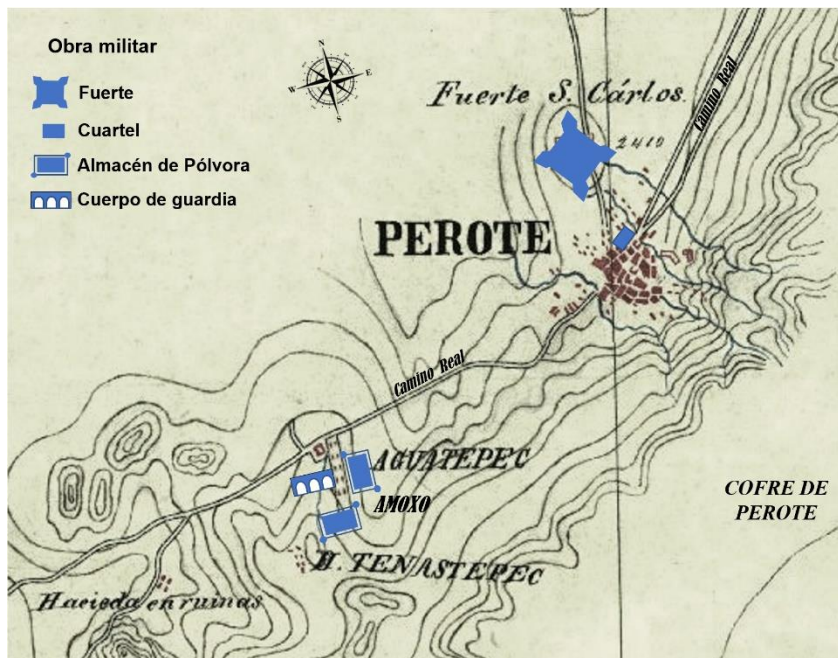


Figura 5. 24 Sistema defensivo de Perote. El Fuerte de San Carlos sería la obra militar principal del conjunto que se reforzaba con las obras accesorias ubicadas en la ciudad de Perote y en el paraje de Amoxo siguiendo el Camino Real en dirección a la capital de la Nueva España.

asentamiento se generó en 1527 con el establecimiento de un mesón en el Camino Real de Ventas que ofrecía el primer punto de descanso con un clima seco y frío a los viajeros que venían de la “tierra caliente” en la costa veracruzana. El lugar se distinguió por las cualidades que ofrecía para el descanso, la alimentación y la recuperación de los enfermos. En 1535 se fundó el primer hospital, simultáneamente con las fundaciones en San Juan de Ulúa y Xalapa. El hospital y convento de Nuestra Señora de Belén posteriormente fue asignado a la orden de los hipólitos quienes le hicieron parte de una red hospitalaria interoceánica. En consecuencia, se destaca que la ubicación geográfica de Perote influyó en su participación dentro de las redes de comunicación, hospitalaria y posteriormente militar.

Ante los riesgos bélicos que enfrentaba el virreinato en el siglo XVIII, Perote ofreció las cualidades para puesto militar defensivo, ya que era un asentamiento español consolidado por un buen número de familias, con servicios básicos para el desarrollo de la vida y un clima benigno, además de que la cercanía con la zona montañosa y el volcán Nauhcampetpetl, ofrecieron también la posibilidad de contar con los recursos materiales para la construcción de las obras a bajo costo. Después de algunos informes y análisis se eligió el sitio para la construcción de un fuerte defensivo que se articulara con las defensas de Veracruz y San Juan de Ulúa.

La creación del Fuerte de San Carlos respondió a tres funciones principales²⁶²: 1) asegurar el Camino Real de Veracruz a México pasando por Perote, 2) ser un apoyo constante para la fortaleza de San Juan de Ulúa y 3) ser una defensa en profundidad para contrarrestar la movilidad del enemigo en el territorio. Mediante este esquema, el fuerte se convierte en la retaguardia de la fortaleza de San Juan de Ulúa y a su vez en el almacén de víveres y pertrechos de guerra, en alojamiento para las tropas que bajan de la ciudad de México para socorrer a Ulúa.

Por lo tanto, la ubicación de Perote en el Camino Real de Ventas, situado en el contexto de un valle de clima benigno para la tropa y la pólvora, fue el factor determinante para el establecimiento de ese sistema defensivo. De esta manera, en un asentamiento novohispano consolidado, se configuró un sistema con una fortificación abaluartada vinculada a un cuartel de milicias en el paso del camino real, así como un cuerpo de guardia y dos casamatas para mayor almacenaje de pólvora situados a tres cuartos de legua de la fortaleza.

La construcción del Fuerte introdujo en Perote nuevos impulsos para su desarrollo vinculando servicios y reconfigurando la traza urbana, así como cambios la dinámica de la región, dando un giro a la ciudad. Para tal efecto se construyeron otros elementos, como una calzada desde San Carlos que pasaba al lado del cuartel o caballerizas de Perote, y conducía a la plaza central del pueblo, posteriormente se conectaba con dos polvorines y un puesto de guardia ubicados a poco más de una legua de distancia, por lo que fue necesaria la construcción de puentes que enlazaran la topografía del lugar. Con ello, una nueva ruta se conformaba, lo que actualmente denominan la Ruta Militar.

²⁶² Sara Elizabeth Sanz Molina, “San Carlos de Perote. Fortaleza histórica”, en *Fortalezas históricas de Veracruz*, D. Mawaad, S. E. Sanz Molina, F. M. Muñoz Espejo, & A. J. Fernández, Xalapa, Editora de Gobierno del Estado de Veracruz, 2010, p. 145.

El tránsito constante de militares entre Perote y Veracruz por el Camino Real de Ventas, aunado a la importancia que por el otro Camino Real adquirió Orizaba nombrada villa en 1775, llevó a reconocer la necesidad de mejorar sus condiciones. En 1777 Miguel del Corral realizó un plano en donde registró ambas rutas con la identificación de los tramos que se deben construir. (Figura 5.25), no obstante, sería hasta 1803 cuando Diego García Conde inició obras en el tramo Perote a Veracruz.

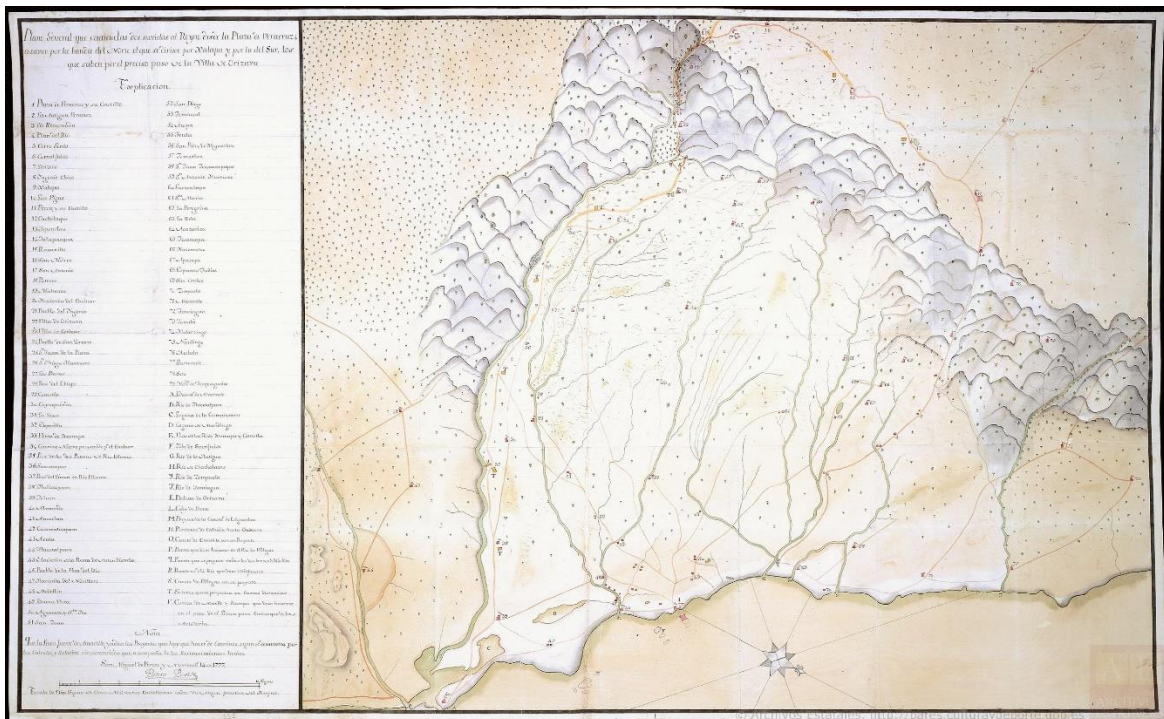


Figura 5. 25 Plano de las dos subidas de Veracruz a México por Miguel del Corral (1777) en donde señala los proyectos que se deben realizar para mejorar las condiciones de los caminos. Fuente: Archivo General de Indias.

Las tropas militares que resguardaban el Camino de Ventas se establecieron principalmente en los cuarteles de Perote, Xalapa, El Encero y La Antigua, de los cuales se tienen algunas referencias de las edificaciones virreinales, excepto del sitio El Encero²⁶³, que de manera intermitente fue ocupado por tropas en 1779, 1797 y ca.1805; su ubicación cerca de Xalapa favoreció su función de resguardo, que mantiene hasta la actualidad a través de una zona militar sede del 63º batallón de infantería. Por otra parte, se señala la ubicación de presidios y campamentos²⁶⁴ para forçados que participaron en las obras del Camino de Ventas, ubicados en los parajes de La Joya, Plan del Río y El Órgano, este

²⁶³ Melgarejo Vivanco, *Op. cit.*, p. 120

²⁶⁴ Sergio Vargas Matías, “En busca de los enigmáticos vigilantes de la montaña y el sotavento: nuevos hallazgos, hipótesis y preguntas en torno al patrimonio fortificado de Veracruz” en *Boletín de monumentos históricos*, Tercera época, Núm. 43, mayo – agosto 2018, Ciudad de México, INAH p. 27

último sitio cercano a la venta de La Rinconada. Sin embargo, sobre estas construcciones no se tienen los datos que apoyen la lectura de alguna tipología militar.

Durante el movimiento por la Independencia de México (1810-1821) empezó a tomar forma el planteamiento de una serie de obras militares dirigidas al control del paso por los caminos reales, basado en la construcción de fortines y baterías. Esto seguramente significó el uso de algunas obras preexistentes, aunque se carece de elementos que permitan identificar alguna etapa constructiva. Aunque probablemente existieron diversos puntos militarizados, las edificaciones que correspondieron a un proyecto más completo y de las cuáles se tiene mayores referencias²⁶⁵ son el Fortín de las Órdenes Militares de Plan del Río, el Fortín de Cerro Gordo y la Atalaya de la Concepción, obras concluidas entre 1815 y 1816.



Figura 5. 26 Vista superior de los restos de la Atalaya de la Concepción, ubicada en el antiguo paraje conocido como Puente del Rey, cercano a paso de ovejas. Foto de Luis Sánchez en google maps.



Figura 5. 27 Fortín de las Órdenes Militares de Plan del Río. Fuente de la imagen: <http://paulopages.blogspot.com/2013/05/fortin-de-ordenes-militares-en-plan-del.html>

El Camino Real por Orizaba estuvo acechado por los grupos insurgentes constantemente, por lo que se generaron ciertos reductos de los rebeldes, sitios que el ejército realista intentó recuperar. Ese ambiente condicionó el desarrollo de los proyectos de militarización del camino y la permanencia de las obras, pues ambos bandos trataron de resolver la necesidad inmediata de establecer sus puestos de guardia y ataque, asegurando territorios con defensas preexistentes como el caso del Fortín Viejo, o bien adaptándose en haciendas, casas o en parajes estratégicos. En medio de una confusa lectura sobre la existencia o no de obras creadas expreso para una función militar, se refiere²⁶⁶ el establecimiento del Fuerte de Palmillas, el Fuerte del cerro del Chiquihuite, El Fortín contiguo a la Barranca de Villegas, ubicado en Ixtaczoquitlán, así como los puestos establecidos en Monte Blanco, Atoyac y Huatusco, sin embargo, en la mayoría de los sitios se carece de la suficiente evidencia física para definir el sitio exacto de ubicación o el tipo de obra ejecutada, salvo en Paso del Macho, en donde se localiza una atalaya de planta

²⁶⁵ Alfonso García y García, *Proyecto de restauración y propuesta de uso del Fortín de Órdenes Militares de Plan del Río, municipio de Emiliano Zapata, Ver.* (tesis de maestría) Xalapa, Universidad Veracruzana, 2006, pp. 36-39

²⁶⁶ Vargas Matías, Op. cit., pp. 30-33.

circular que se mandó a construir²⁶⁷ por el virrey Apodaca en 1817 junto con algunas otras obras, no obstante existen diversas hipótesis que atribuyen una datación posterior a la edificación.

A partir de la consolidación de la Independencia, el país atravesó momentos de mayor inestabilidad ante la conformación de la nueva nación, lo cual incidió en las condiciones de sus defensas. Los caminos continuaron siendo las importantes rutas de movilidad y resguardo por lo que las obras se complementaron, se transformaron y aparecieron algunos otros elementos accesorios, que en conjunto fueron partícipes de diferentes eventos defensivos, así como las fortificaciones abaluartadas que siguieron participando de la vida política del país, aunque a cargo del nuevo gobierno.



Figura 5. 28 Obras militares ubicadas en el estado de Veracruz. Representación gráfica de Gladys Martínez.

En este esbozo sobre la arquitectura militar veracruzana se ha demostrado la prioridad que mantuvo el centro del estado para erigir las obras defensivas durante el virreinato por la ubicación de los puntos principales de comunicación entre la capital de la Nueva España con el puerto de San Juan de Ulúa, nodo marítimo de conectividad con otros territorios de la Monarquía Hispánica. Sin embargo, también es notorio el contraste entre las obras edificadas, pues de todo el conjunto, aun identificando sus relaciones como un sistema, la jerarquía de las fortificaciones abaluartadas fue inminente, razón que ha permitido su existencia y la abundancia de estudios que retroalimentan su valor patrimonial, a diferencia de las otras obras como cuarteles, fortines y baterías, que en su mayoría han desaparecido, o bien existen en ruinas incrementando las incógnitas acerca de la datación de sus

²⁶⁷ *Ibidem.*

elementos, pues como se ha señalado, durante el siglo XIX tuvieron múltiples transformaciones. Ante esta situación el estudio de las técnicas se vuelve complejo, pues se limita a las referencias e interpretación de los elementos físicos existentes, que como se ha visto, se enfocan principalmente a las fortificaciones abaluartadas.

5.5 Construcción militar en Veracruz entre los siglos XVI y XVIII

5.5.1 Periodización de la construcción de la arquitectura militar

Veracruz tiene una importancia significativa en la disciplina de la construcción porque como ya se ha mencionado, al ser la puerta de entrada a los colonizadores españoles durante el siglo XVI, se ejecutaron los primeros procesos de fusión de técnicas constructivas en sus territorios. El encuentro entre dos culturas también se manifestó en la formación del hábitat del colonizador. El español no tomó los esquemas funcionales del indígena, sino que impuso los suyos en un territorio nuevo, cuyo contexto le ofreció una nueva gama de materiales y circunstancias que resolver.

Una de las primeras necesidades de los individuos es la protección, y, por lo tanto, los españoles iniciaron labores que se enfocaron a su protección y colonización. Si bien la consolidación de la tecnología constructiva está evidenciada en diversos géneros arquitectónicos ubicados tierra adentro de la Nueva España, en el caso de la arquitectura militar de Veracruz a pesar de las pocas edificaciones existentes, es factible realizar una lectura de la técnica constructiva a partir de los factores que inciden en la producción de sus elementos. Las obras defensivas no se analizan desde la consolidación de sus tipologías o la complejidad de su función, sino desde el escenario del proceso constructivo en el que las fuentes de conocimiento son tomadas como indicadores para proponer una periodización.

Como se ha señalado en el tema anterior, las estructuras defensivas en Veracruz siempre estuvieron en constante perfeccionamiento, algunas veces bajo un ritmo continuo de trabajo y otras con un lento proceso o suspensión parcial. A pesar de que hay grandes pérdidas de diversos espacios defensivos, la existencia de las principales fortificaciones y algunos testimonios de obras accesorias o complementarias permiten un material importante de investigación que sustenta parte del recorrido analítico que se realiza en este documento.

Cabe reiterar que no se revisan los conjuntos edificados, sino los procesos en los cuales las técnicas se aplicaron como parte de un sistema técnico y para distinguir su trascendencia en el ámbito constructivo, se trata de resaltar la fuente de saberes, innovación tecnológica, organización del trabajo o determinados factores que apoyen la división en periodos de la historia de la construcción de las fortificaciones en Veracruz.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Tabla 5.1 Periodos de la construcción de la arquitectura militar en Veracruz entre los siglos XVI y XVIII						
Periodo	Años	Énfasis/caracterización del periodo	Protagonistas de la construcción	Innovaciones técnicas, constructivas o metodológicas	Fuente de saberes constructivos	Identificación de la técnica
1	1519 a 1569	Obras sin ingenieros ni arquitectos. Primer enfrentamiento con el contexto veracruzano	Conquistadores españoles e indígenas	Tapias de tierra y mamposterías encofradas en muros fusionadas con materiales de la región: corales calizos, tierra, arena de mar, piedra caliza, cal.	Reglas tradicionales de construcción de cada cultura: memoria constructiva española y uso de materiales y sistemas indígenas	Técnica práctica basada en reglas empíricas que fusionan la tradición constructiva de la cultura mesoamericana y española
2	1570 a 1685	Los primeros ingenieros militares en Veracruz	-Cristóbal de Eraso -Bautista Antonelli -Adrián Boot -Marcos Lucio -Pozuelo	Uso de metodología para el proyecto y obra de fortificación con Mamposterías irregulares y regulares de piedra de coral Trabajos de cantería en arcos, bóvedas y sillares de muros. Cimentaciones de piedraplen Terraplenes	Herencia familiar, experiencia en la práctica de la fortificación y la tratadística arquitectónica, militar y de estereotomía (Serlio, Alberti, Durero, Antoine de Ville, Cristóbal de Rojas)	Técnica práctica basada en los tratados de fortificación
3	1689 a la primera década del siglo XVIII	Atención a la estructuración de las obras. Periodo de transición a la revolución científica	-Jaime Frank	Cimentación sobre irregularidad del islote arrecifal. Sistematización de la construcción de bóvedas	La práctica constructiva y militar en el Ejército de Cataluña, las Academias de Fortificación y la tratadística militar (Cristóbal de Rojas, Padre Tosca, Torija, etc.)	Transición entre la técnica práctica basada en teorías hacia la experimentación de nuevos métodos y sistematización de las obras.
4	De la segunda década del siglo XVIII al fin del virreinato	La fundamentación del saber constructivo: Teoría, geometría y construcción	-Felipe León Maffey -Félix Prosperi -Lorenzo Solís -Agustín López de la Cámara Alta -Manuel de Santistevan -Miguel del Corral	Lenguaje constructivo reflejado en planos y dibujos Depuración y perfeccionamiento de las obras militares Aplicación de las teorías modernas Ampliación del repertorio de bóvedas y arcos Sistemas mixtos de ladrillo y corales calizos en muros	Reglas justificadas por disciplinas científicas de las matemáticas y mecánica aprendidas en las Academias de fortificación. Tratados de fortificación con bases científicas (Béldor, De Müller, Fernández de Medrano, Monge)	Técnica práctica fundada en un sistema de reglas de las disciplinas científicas como matemáticas y mecánica.

5.5.2 Técnicas constructivas del primer periodo

En este periodo se han agrupado las primeras manifestaciones constructivas que intentaron conformar una arquitectura defensiva de Veracruz. Temporalmente se ubica entre 1519 y 1569, es decir son 50 años que inician con el establecimiento de los españoles en territorio veracruzano y termina después del ataque del pirata John Hawkins en 1568, cuando el naciente virreinato reconoce el riesgo que representan este tipo de invasiones.

Aunque las obras fueron planeadas y levantadas sin ingenieros ni arquitectos, son ejemplos de los saberes constructivos eficaces que los españoles aplicaron de manera empírica ante la necesidad inmediata de cuidarse de la agresividad de un ámbito climático al que desconocían; son obras de protección ante una posible rebelión indígena y corresponden a sus intereses político y comerciales. Como casos de análisis se presenta la Casa Fuerte de la Villa Rica, ubicada a media legua (2,500 m.) del asentamiento prehispánico conocido como Quiahuiztlán, y el primer conjunto de obras en el puerto de San Juan de Ulúa compuesto por una torre, casas, capilla y muelle.

5.5.2.1 Contexto histórico social

En 1519 Hernán Cortés y su tripulación desembarcó en costas veracruzanas con la finalidad de extender los dominios de la monarquía española y obtener la explotación de aquellas tierras donde se vislumbraba una gran riqueza. La primera población española se ubicó a media legua de Quiahuiztlán, poblado indígena cuyo emplazamiento fue identificado por los pilotos expedicionarios como un *pueblo en fortaleza* por su ubicación en una peña y cercano al mar en donde los navíos españoles podrían quedar protegidos de los vientos del norte²⁶⁸. El asentamiento fue llamado Villa Rica de la Vera Cruz y en él trazaron una plaza, iglesia, casas para los conquistadores, atarazanas y una fortaleza.

Por otra parte, la complejidad de las condiciones geomorfológicas hizo que el islote de San Juan de Ulúa fuera el único fondeadero para el arribo de las embarcaciones españolas, de manera que su ubicación y características marítimas le llevaron a ser definido como el puerto de acceso a los nuevos territorios y uno de los primeros requerimientos del Rey de España fue la construcción de una fortaleza y reparo para las naos que llegaran a ese sitio. Bajo esa función, desde los primeros años de la conquista española se inició un proceso de adecuación de las condiciones del islote, en donde la zona sur resultó ser la óptima para establecer una torre y un muelle que serían las primeras obras de una larga historia constructiva sobre aquel banco arrecifal.

Por el contrario, la Villa Rica fundada por Hernán Cortés al poco tiempo resultó ser inapropiada ante los embates de eventos climáticos de la región y los requerimientos de los conquistadores en tierra firme una vez consolidada la conquista. En 1525, la Villa Rica de

²⁶⁸ Bernal Díaz del Castillo, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, México, Alianza Editorial, 1991, p. 100

la Vera Cruz se trasladó a las orillas del río Huitzilapan²⁶⁹. La conexión estratégica de llegada y salida de los territorios conquistados sería utilizar el islote de San Juan de Ulúa como puerto de descarga y protección de las embarcaciones españolas, después se procedería al traslado en pequeñas embarcaciones a través del brazo del río Huitzilapan hasta llegar al nuevo asentamiento de la Villa Rica, en donde se establecieron los edificios de gobierno que regirían el movimiento de mercancías y desde ahí, se moverían por tierra hacia el altiplano donde se ubicó la capital de la Nueva España.

Se desconoce la existencia de obras defensivas en la nueva Villa Rica de la Vera Cruz, incluso cuando Antonelli hace su relación sobre dicho asentamiento, menciona que «la ciudad se mostraba completamente abierta, y sin posible defensa a la codicia de cualquier corsario»²⁷⁰.

5.5.2.2 Técnicas constructivas

Las obras del primer periodo corresponden a dos conjuntos con programas arquitectónicos diferentes, pero coincidencias en cuanto a soluciones sin ingenieros militares o arquitectos, la reproducción de una tipología de Casa Fuerte como espacio defensivo y el uso de materiales del contexto inmediato para la construcción.

La primera fortaleza es identificada como una Casa Fuerte de planta rectangular, de «forma aspada, de largas crujías y patio central. La entrada de la fortaleza estaba hacia el Sur. Por sus lados Norte-Sur mide 37.30 metros, y por Este-Oeste 36.60 metros; o sea 44.5 y 43.5 varas castellanas aproximadamente»²⁷¹. La tipología arquitectónica de Casa Fuerte con reminiscencia medieval también fue utilizada durante el proceso de conquista y colonización hispana en el Caribe²⁷²; y por tanto nos indica que, en la memoria colectiva de los conquistadores, este tipo de construcciones era el espacio que relacionaban inmediatamente con su necesidad de protección. Díaz del Castillo describe:

«... e hicimos una fortaleza, y desde los cimientos; y en acabarla de tener alta para enmaderar, y hechas troneras y cubos y barbancas, dimos tanta priesa, que desde Cortés, que comenzó el primero a sacar tierra a cuestas y piedra e ahondar los cimientos, como todos los capitanes y soldados, y a la continua, entendimos en ello y trabajamos por la acabar de presto, los unos en los cimientos y otros en hacer las tapias, y otros en acarrear agua y en las caleras, en hacer ladrillos y tejas; y buscar comida, y otros en la madera, y los herreros en la clavazón...»²⁷³

²⁶⁹ Carmen Blázquez Domínguez, *Breve historia de Veracruz*, México, El Colegio de México, Fideicomiso de las Américas, FCE, 2000, p. 61

²⁷⁰ José Antonio Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones en Nueva España*, Sevilla, Publicaciones de la Escuela de Estudios Hispano - Americanos, 1953, p. 17

²⁷¹ Alfonso Medellín Zenil, "Exploración en la Villa Rica de la Veracruz" en *La Palabra y el Hombre*, núm. 40, octubre-diciembre 1966, Xalapa, Universidad Veracruzana, p. 629

²⁷² Blanes Martín, *Op. cit.*, p. 218

²⁷³ Díaz del Castillo, Bernal, *Op. cit.*, p. 121

En esta narración se indica un proceso en donde la participación y la organización del trabajo se apoya en las habilidades naturales de los conquistadores para asignar tareas más complejas como la herrería o la fabricación de ladrillos y tejas. Así se demuestra que los españoles tenían saberes y habilidades constructivas y, por consiguiente, la primera obra militar representa la ejecución de una técnica práctica basada en reglas empíricas.

En cuanto al uso de los materiales, la obra se realizó con la piedra de Quiahuiztlán una «piedra arenisca mal consolidada que tomaron de la playa cercana, y una pequeña cantidad de cantera sacada de los cerros cercanos del Noreste»²⁷⁴. También utilizaron cal, lo que nos indica que era un material accesible y conocido por sus vecinos indígenas, quienes seguramente les apoyaron en el suministro como lo menciona Díaz del Castillo²⁷⁵.

En relación con el sistema constructivo Calderón Quijano hace referencia a los «traveses de tapia corpulenta»²⁷⁶ y retoma lo escrito por Gómara: «la fortaleza como los edificios que en la nueva villa se hicieron eran de “tapiería”, por ser ahí la tierra adecuada para ello»²⁷⁷. Así, los españoles reproducen en su primera construcción el sistema constructivo que ellos conocían habitualmente en su medio de origen. En España, «a lo largo de toda la Edad Media se levantan fortificaciones no sólo en piedra sino también en tapia de tierra y en tapia de cal y canto o mampostería encofrada»²⁷⁸, por lo que la tapia fue una técnica común en la construcción militar sobre todo a finales del medievo, en que se utilizó para la construcción de palacios fortificados señoriales²⁷⁹. Asimismo, otra ventaja del sistema de tapia es que se lograba la construcción de fortalezas en poco tiempo y con pocos recursos.

Desafortunadamente de la primera construcción sólo quedan los pequeños cimientos en donde el amarre de la piedra está hecho con mezcla bastante suave y de poca consistencia en la que hay tierra, arena y escasa cantidad de cal.²⁸⁰ Quizá estas bases fueron la cimentación de la tapia.

²⁷⁴ Medellín Zenil, *Op. cit.*, p. 629

²⁷⁵ Díaz del castillo, *Op. cit.*, p 131

²⁷⁶ Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones...*, p. 4

²⁷⁷ *Idem.*

²⁷⁸ Gil Crespo, *Fundamentos constructivos...* p. 465

²⁷⁹ *Ibid.*, p. 470

²⁸⁰ Medellín Zenil, *Op. cit.*, p. 626

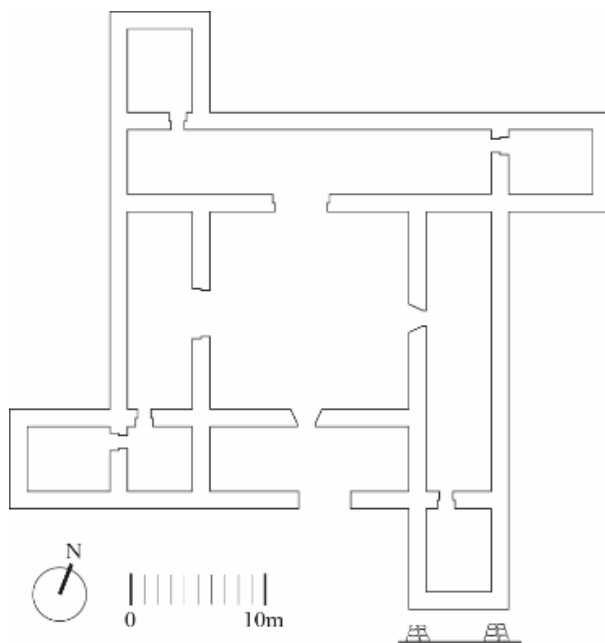


Figura 5. 29 Fortaleza en la Villa Rica de la Vera Cruz, dibujo basado en los registros de Alfonso Medellín Zenil, Exploración en la Villa Rica de la Veracruz, U.V., Xalapa, 1951.

La primera obra de fortificación en Veracruz es una edificación de autoconstrucción, cuyo diseño y elaboración parte de la memoria colectiva de los conquistadores sobre las obras de defensa de sus lugares de origen. Es dirigida y levantada por los propios conquistadores como una medida emergente de protección, no obstante, Cortés en una estrategia operacional involucra a los propios indígenas como mano de obra y apoyo para el suministro de los materiales a utilizar.

Por otra parte, el primer conjunto de construcciones en el islote de San Juan de Ulúa consistió en una torre y un muelle, que posteriormente se va complementando con algunas casas, atarazanas y parte del muro llamado de argollas. El establecimiento de un puerto seguro fue una prioridad de la monarquía, por lo que la primera orientación para las obras estuvo a cargo de pilotos y maestros de navíos, quienes recomendaron levantar una torre para la seguridad de las embarcaciones. La tipología arquitectónica de las torres se caracteriza por ser una construcción sencilla de planta cuadrangular o rectangular cuyo cometido es la vigilancia de un territorio. La primitiva torre en San Juan de Ulúa también ha sido descrita como un torreón o torreoncillo rectangular de 40 x 45 pies de lado, con muros de piedra arenisca y poca altura, quizá por la escasez de los materiales pétreos en el islote arrecifal y playas veracruzanas.

Las primeras obras de la fortificación estuvieron a cargo de un clérigo, y trabajaron en ellas un gran número de negros, principalmente en la extracción de materiales del islote, lo que nos indica sobre la organización de las actividades en donde los saberes del eclesiástico le

personifican como el técnico y los negros son los obreros. Cabe resaltar que, durante el siglo XVI ante la ausencia de arquitectos o ingenieros, la edificación de la mayoría de los templos y conventos se realizó con la participación de los frailes y sacerdotes, por lo que no es extraño suponer que estos personajes tuvieran un conjunto de saberes constructivos que contribuyó notablemente a la ejecución de las obras.

Sobre las construcciones de la obra identificada como Casa Fuerte, atarazanas y capilla, tenemos la referencia del inglés Roberto Thompson, quien tras su visita de 1555 nos describe como en toda la isla sólo existía una casa y una capilla para decir misa. Estas estructuras fueron de madera, probablemente reutilizada de los navíos españoles. Además, se levantó una muralla de dos brazas de alto, veinte pies de grueso, con unos aldabones para el amarre de los navíos²⁸¹, lo que va conformando un sistema de protección que obligaba al uso de fábricas de mampostería.

Durante los primeros 50 años de la llegada de los españoles del siglo XVI se encuentra una constante petición de reforzar las construcciones del primer puerto, para cubrirse de los embates climáticos y proteger los navíos. El islote se define por su carácter funcional como el embarcadero de naves. Las propuestas y obras serán bajo esa perspectiva, y las construcciones serán precarias, deficientes y con diversas limitaciones, al grado de que un fuerte huracán podría derribarlas y causar estragos.

5.5.3 Técnicas constructivas del segundo periodo

El segundo periodo se ha delimitado temporalmente entre 1570 a 1685 porque durante ese lapso arribaron los primeros ingenieros, arquitectos y militares que generaron las primeras alternativas para garantizar la defensa y protección de la costa veracruzana acordes a sus conocimientos en el arte militar de la época, de esta manera que se definieron los primeros sistemas de fortificación: San Juan de Ulúa y la ciudad amurallada de Veracruz. Los proyectos se basaron en una metodología basada en un estudio del contexto existente, por lo que las obras se enfrentaron abiertamente a inhibir las condiciones agresivas del entorno y en ese primer intento de experimentación se produjeron los primeros fracasos técnicos ante la imposibilidad de controlar en su totalidad al medio natural.

5.5.3.1 Contexto histórico social

Una vez que la Monarquía Hispánica reconoció que las riquezas de la Nueva España eran un fuerte atractivo de asalto, entonces decidió proteger adecuadamente sus dominios y para ello requirió de la labor de especialistas en el arte militar. El Capitán General de la Armada de la Carrera de Indias Cristóbal de Eraso quizá fue el primer ingeniero militar destinado a América y a partir de 1570 se encargó de las obras en San Juan de Ulúa. El ingeniero elaboró propuestas de fortificación que dieron continuidad al planteamiento

²⁸¹ Melgarejo Vivanco, *Op., cit.*, p. 92-93

existente pero que definieron con mayor claridad la lectura del puerto compuesto por dos torres y un lienzo de muralla. Sin embargo, ese conjunto resultó insuficiente para la defensa, por lo que, en 1586, la Monarquía comisionó al italiano Juan Bautista Antonelli para el estudio de las costas americanas y trazo de las plantas de las fortalezas que considere oportuno levantar²⁸². Antonelli provenía de una dinastía de ingenieros militares italianos que prestaron sus servicios a la corona española.

La arquitectura militar contribuyó a crear una imagen en la monarquía de Felipe II²⁸³, por ello, durante el siglo XVI, resultó fundamental el apoyo de los ingenieros italianos para configurar la grandeza de la corona española, por sus saberes y habilidades en el arte militar que incluso hoy en día han trascendido como la *escuela italiana de fortificación*, en donde la familia Antonelli generó una amplia gama de ejemplos; «la política de defensa basada en la construcción de estas máquinas de guerra inmóviles se generalizó en las fronteras de reinos y Estados europeos gracias a la orden del monarca español de proteger sus reinos».²⁸⁴

Antonelli observó la pérdida de tiempo y recursos en la doble descarga y carga de mercancías que llegaban a la Villa Rica de la Vera Cruz y que posteriormente se trasladaban por el río Huitzilapan hasta llegar al mar y al puerto de San Juan de Ulúa. Por tanto, hizo la propuesta de trasladar la villa al lugar de las ventas de Buitrón sobre la banda de tierra frente a San Juan de Ulúa. El movimiento de la ciudad se realizó en 1599 y ello consolidó la nueva estructura comercial y defensiva de la región; pues facilitó el flujo de personas y mercancías. Asimismo, se generó una transformación en la función arquitectónica de San Juan de Ulúa, que no sólo debía resguardar a las embarcaciones, sino que tenía que proveer defensa al asentamiento que se localizaba frente a ella. Y de esta manera se conformó un sistema defensivo con la articulación de la ciudad y su puerto.

En cuanto a la ciudad fortificada de la Nueva Veracruz, no fue fácil establecer un asentamiento en una zona prácticamente inhóspita para la vida humana. Ni los materiales de construcción, ni los suministros alimenticios, ni el agua, estaban al alcance de la población. No obstante, se emprendió la conformación de una ciudad novohispana y en la construcción de su muralla participaron los ingenieros Adrián Boot, Jaime Pozuelo y Marcos Lucio, principalmente. Estos personajes se encargaron de la ejecución de las obras que en diversas ocasiones se limitó por la falta de disponibilidad de recursos económicos o la toma de decisiones, hasta que oficialmente el amurallamiento quedó terminado en 1685²⁸⁵, presionados por el asalto del pirata Lorencillo, ocurrido en 1683 y que de alguna manera había demostrado las debilidades de un sistema defensivo inacabado y deteriorado.

La fortificación de la Nueva Veracruz «comprendía todo el recinto de la ciudad de mar a mar, teniendo una extensión de 1.779 varas (5.337 pies), en las que se incluían ocho

²⁸² José Omar Moncada Maya, *Ingenieros militares en Nueva España*, México, UNAM, 1993, p.19.

²⁸³ Cejudo Collera, *Op. cit.*, p. 61.

²⁸⁴ *Idem*.

²⁸⁵ Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones...*, p. 70.

baluartes, tres revellines y siete cortinas». ²⁸⁶ Sólo quedaba pendiente de amurallar el frente que daba al mar y muelle. Quizá este paramento se aplazaba por la dificultad técnica de levantar un muro en un terreno arenoso inestable, asechado por la fuerza del viento y el oleaje.

5.5.3.2 Técnicas constructivas

La preparación técnica de los ingenieros militares basada en sus conocimientos en las artes de guerra, fortificación o bien, como especialistas en cierto rubro de la construcción, les otorgó las habilidades para acompañar sus propuestas con planos, perspectivas, y pliegos de condiciones que incluían el cálculo de costo y tiempo, planeación de pagos a contratistas y recomendaciones de materiales y mano de obra. La mayoría de los ingenieros participantes en el segundo periodo, tenían diversos encargos del Rey, por lo que su estancia en la costa veracruzana se limitó al periodo de diagnóstico, elaboración de propuestas e inicio o permanencia eventual en las obras.

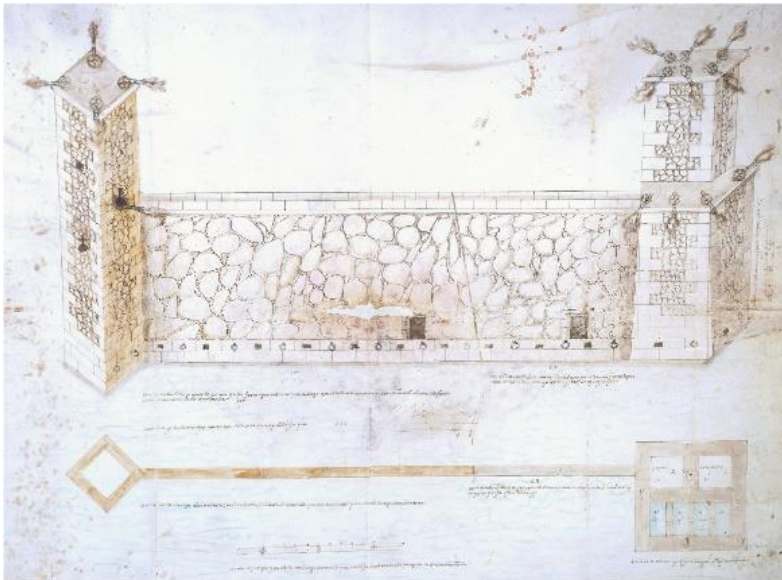


Figura 5. 30 Fortificación del puerto de San Juan de Ulúa, Cristóbal de Eraso, 1570. Fuente: Archivo General de Indias

Esta circunstancia imperaba la necesidad de estructurar la organización del trabajo a través de la participación de maestros en las artes de la albañilería, cantería, carpintería y con el personal adecuado para las labores especializadas como la extracción de piedra. Por ejemplo, Eraso solicitó al Rey que enviase a una persona para quedarse a cargo de las obras o de lo contrario nunca se terminarían. Antonelli recomendó a canteros españoles para que enseñaran a los negros de Guinea cómo extraer la piedra de la propia isla. Ya en 1659, algunos nombres que destacan son Manuel Andrés como maestro mayor de cantería y Sebastián Díaz como maestro mayor de carpintería; en 1661, Pedro de Astorga fue el

²⁸⁶ *Ibid.*, p. 70

maestro cantero y de albañilería de la ciudad. Los maestros de obra ejercieron un papel fundamental para el desarrollo de las actividades de construcción, pues su participación incluía la selección y extracción de los materiales, participación en reuniones para evaluación de obras y propuestas y coordinación de los obreros que por lo general eran negros pues fueron quienes resistieron mejor las condiciones del clima en comparación con los indígenas afectados por las grandes epidemias de la época.

Otro aspecto a debate fue la falta de materiales convenientes, Cristóbal de Eraso fue el primero en plantear la necesidad de utilizar piedra de Campeche, ya que dicho material tenía cualidades constructivas y se procuró utilizar en las zonas de mayor requerimiento estructural. Cuando Antonelli realizó sus proyectos, coincidió en el suministro de este material pétreo y también propuso obtener piedra de la isla de Sacrificios y de Alvarado. Esta alternativa fue analizada posteriormente para reducir tiempo y costos del abastecimiento proveniente de Campeche que obligaba a traerla desde 110 leguas de distancia, lo que significaba una tardanza de dos a tres meses.²⁸⁷ A mediados del siglo XVII, ya se habían desarrollado mayores habilidades para la extracción de la piedra coralina tanto en el islote de San Juan de Ulúa, como en la isla de Gavias²⁸⁸. Por otra parte, las mamposterías se enriquecieron con el uso de piedra de la cantera de Peñuela, sitio cercano a la ciudad que resultó una alternativa más económica y segura en comparación con la piedra de Campeche.

No obstante, durante el segundo periodo se arraigó el uso de las mamposterías a base de corales de esqueletos calizos provenientes del sistema arrecifal veracruzano, ubicados tanto en la plataforma que bordea la playa de la ciudad como en las elevaciones de las pequeñas islas de la Gallega, las Gavias y Sacrificios. Estos materiales fueron comúnmente llamados como piedra *múcara*, *muca*, *muca* o *madrépora*. Los sistemas constructivos derivados del coral calizo fueron mamposterías ordinarias que denotan suma irregularidad de las piezas que se acomodaron sin exigencia en selección de la especie, tamaño, cuatraperío o posición, característica que en periodos posteriores sí distinguiremos.



Figura 5. 31 Mampostería de piedra muca en la cara suroeste del Baluarte de Santiago de la ciudad de Veracruz. Foto de Gladys Martínez, 2017.

²⁸⁷ *Ibid.*, p. 24

²⁸⁸ Hipólito Rodríguez Herrero, *Una ciudad hecha de mar*, Xalapa, IVEC, 2013, p. 96

En cambio, en el uso de sillares de cantera, se observa una técnica más ligada al trabajo especializado de los maestros y albañiles canteros, quienes lograron estructurar muros, arcos, bóvedas y cerramientos. Por tanto, en el caso de las cubiertas, la innovación constructiva en las fortificaciones es aportada a partir de Cristóbal de Eraso, con el planteamiento de las primeras bóvedas en San Juan de Ulúa, específicamente en la torre nueva que ubica al extremo sur del muro de las argollas que complementa. Esta bóveda que Eraso describe como una cubierta sobre arcos, sería registrada por Antonelli, como uno de los elementos que encontró. Posteriormente, el uso de este tipo de cubiertas se repitió en San Juan de Ulúa y en los dos principales baluartes de la ciudad amurallada de Veracruz: el baluarte de la Caleta y el del Sur, proyectados por Adrián Boot.

Los terraplenados de los baluartes fueron con arena de mar y el uso de las mezclas será también con esa arena y cal de la región. Antonelli incluso había recomendado la utilización de agua de mar para las mezclas, «porque se ha visto por experiencia que, donde bate la mar, se han de hacer las mezclas con agua de mar, porque el agua dulce es contraria al agua de mar»²⁸⁹. Por otra parte, en los baluartes proyectados por Boot, los muros en talud alcanzaron las 6 varas de alto, y se ha encontrado una cimentación resuelta con un piedraplen también de múcara sobre el terreno arenoso e inestable, que sirve de soporte para los muros del caballero alto ubicado en el antiguo baluarte del Sur, actualmente conocido como baluarte de Santiago.

La muralla de la Nueva Vera Cruz en realidad era de escasas dimensiones, con apenas 1.5 varas de alto, igual a 6 quartas, (1.25mts de alto) por media vara de grueso (.417m) y al parecer no tenía cimentación o bien no era óptima, pues a lo largo del siglo XVII se encontraron continuamente las descripciones que relatan la inoperancia de la muralla existente en apenas 3 lienzos pues en los demás se construyó una estacada de madera. Las deficiencias en las soluciones de los baluartes o la interrupción de las actividades provocaron que la mayoría de los baluartes, puertas o cortinas estuvieran en mal estado y sin terminar, y con lienzos de muralla de poca altura, uso de estacadas como alternativa inmediata, y la pérdida constante de fragmentos de los elementos, generaron la ineficiencia de la muralla.

Al respecto de otro tipo de cubiertas usadas en las fortificaciones, éstas se hicieron de solería de madera y tablado. Aquí cabe apuntar que, a pesar de la dificultad del suministro de madera, también hay un uso constante de estructuras con este material en las edificaciones menores o consideradas provisionales, en donde muchas veces la madera se reutilizó de las embarcaciones. Una característica que por lo regular diversos historiadores han destacado de la Nueva Veracruz, es su identificación como una ciudad de tablas. «Las paredes de la casa del vecino más rico son de tablas, y esto y la violencia de los vientos del norte han sido causa de que la ciudad se haya reducido a cenizas en diversas ocasiones»²⁹⁰. «Para las primeras construcciones se utilizó madera, por la escasez de

²⁸⁹ Hernández Aranda y Ávila Hernández, "Los aljibes en la fortaleza...", p. 105

²⁹⁰ Rodríguez Herrero, *Op. cit.*, p. 97-98

cantera, y de aquí el sobrenombre de “Ciudad de tablas”, hasta que los frecuentes incendios obligaron a usar cal y canto y piedra múcura hacia los años treinta del siglo XVII. Simultáneamente a la construcción de la ciudad portuaria se llevaron a cabo trabajos de fortificación».²⁹¹

5.5.4 Técnicas constructivas del tercer periodo

Si el segundo periodo se caracterizó por la preocupación constante sobre ¿con cuáles materiales construir?, en el tercero el cuestionamiento planteado fue ¿cómo lograr que las estructuras permanezcan estables ante el embate del medio? Por tanto, el papel del técnico es determinante para establecer un método de trabajo con el fin de atender las principales deficiencias que ponían en riesgo la permanencia de las estructuras fortificadas.

El tercer periodo se ha delimitado a la intervención de Jaime Frank en San Juan de Ulúa y la primera década del siglo XVIII que inició con una aparente inactividad constructiva ante la incertidumbre de la crisis de sucesión de la Monarquía Hispánica. En este lapso, empieza a tomar significación la influencia que desde Europa ejerce tanto la tratadística en el arte militar como las escuelas de fortificación; y, en consecuencia, el ingeniero se desempeñó como un técnico con las habilidades y experiencia que le han conferido sus conocimientos y que transfiere a los nuevos territorios a través de sus obras.

5.5.4.1 Contexto histórico social

En España, la formación de los ingenieros militares durante el siglo XVII se vinculó cada vez más con los tratados de fortificación y las instituciones de educación como la Real Academia de Matemáticas de Madrid, las academias de Cádiz, Nápoles y Milán y, sobre todo, el centro de mayor importancia fue la Academia Real y Militar del Ejército de los Países Bajos, fundada en Bruselas. Esta última fue dirigida por Sebastián Fernández de Medrano quien difundió las bases teóricas y científicas que fueron las principales herramientas de los ingenieros para atender las necesidades y circunstancias concretas de los territorios asignados. Además, los integrantes de los ejércitos españoles formados institucionalmente o por la práctica militar, colaboraron estrechamente tanto con ingenieros holandeses como franceses, y para finales del siglo XVII, las plazas españolas se habían convertido en el mejor laboratorio experimental de la época²⁹².

En contraste, en el territorio veracruzano, a pesar de que ya se habían definido los sistemas defensivos de la ciudad amurallada y del puerto de entrada de la Nueva España, su ineficiencia había quedado demostrada con la llegada del pirata Lorencillo en 1683, quien tomó por sorpresa a una ciudad con baluartes inacabados y fragmentos de murallas

²⁹¹ Blázquez Domínguez, *Op. cit.*, p. 64-65

²⁹² Fernando Cobos Guerra y José Javier de Castro Fernández, “Los ingenieros, las experiencias y los escenarios de la arquitectura militar española en el siglo XVII” en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica, siglo XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz (coordinadora), Madrid, Ministerio de Defensa, 2005, p. 91

azolvadas por la arena de sus médanos circundantes. Asimismo, se reafirmó que, si bien las funciones del puerto de San Juan de Ulúa eran operativas por carga y descarga de mercancías, era indispensable un diseño dentro de las máximas del arte militar que coadyuvara a fortalecer la defensa del sitio. Esta situación obligó a que la Monarquía comisionara a uno de sus ingenieros del Ejército de Cataluña para mejorar el recinto.

Jaime Frank ingeniero alemán miembro del Ejército de Cataluña, inició actividades en Veracruz a partir de 1688 y para septiembre de 1692 ya se habían terminado los trabajos que transformaron a San Juan de Ulúa en una fortaleza cerrada en paralelogramo con baluartes y semibaluartes. No obstante, el trabajo de Jaime Frank fue siempre sometido a cuestionamientos, críticas y juicios, lo que de alguna manera ha dejado un testimonio escrito de los detalles de su obra.²⁹³

Por otra parte, «la escasez de ingenieros en los primeros años del siglo [XVIII], limitó su pase a América, pese a lo indispensable de su presencia»²⁹⁴, sin embargo, la ciudad de Veracruz seguía creciendo, y sus necesidades aumentaban, por lo que se distingue cómo los pocos ingenieros que llegaban a la Nueva España debían de ocuparse no sólo de las actividades de fortificación, sino de obras civiles que se requerían para el adecuado funcionamiento urbano. Por ejemplo, en 1704, los ingenieros Luis Buchart y José Berguin realizaron un proyecto para la canalización del agua del río Jamapa. El suministro de agua había sido un problema desde la fundación de la ciudad en los arenales de las ventas de Buitrón. Con el mínimo de higiene, la población consumía agua pluvial que se captaba en los aljibes o bien la que corría por el río Tenoya. A pesar de que el proyecto no se realizó, el análisis de los ingenieros influyó en la obra realizada a finales del siglo XVIII.

5.5.4.2 Técnicas constructivas

Este periodo puede parecer corto, sin embargo, se considera de suma importancia por el aporte de un sistema técnico que manifiesta su proceder metódico, empleo de alternativas tecnológicas innovadoras y transferencia de saberes del arte militar y constructivo a un territorio complejo que había sido desde sus inicios un enorme reto. Entonces, las técnicas constructivas aplicadas en San Juan de Ulúa son parte de una dinámica formativa, política y científica que se manifiesta en la transferencia de saberes.

Cristóbal de Rojas en el siglo XVI mencionaba que todo ingeniero militar debía realizar 3 acciones para el diseño de una fortificación, es decir, conocer el sitio, proyectar cerrar y fortificar la plaza, ya para el siglo XVII, los tratados buscaban una sistematización del conocimiento en vinculación con las ciencias auxiliares. Por lo que con un conocimiento previo en la arquitectura militar permanente y abaluartada, Jaime Frank planteó conformar una obra que se acercara lo más posible a la traza de una fortificación moderna.

²⁹³ Hernández Aranda y Ávila Hernández, "Jaime Franck...", p 7-25

²⁹⁴ Horacio Capel Sáez, Joan-Eugeni Sánchez y Omar Moncada, *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, España, SERBAL-CSIC, 1988 p. 317

El principal reto era superar las limitaciones del espacio geográfico del islote arrecifal y Frank lo logró, aunque con cierta irregularidad, pero cerró el recinto con tres cortinas en escarpa y con casamatas que se unieron a la primera estructura del muro de las argollas conformando una planta en paralelogramo con baluartes o medio baluartes en los vértices. Es decir, a los primarios baluartes de San Pedro y San Crispín, se incorporaron en los extremos el baluarte de la Soledad y el medio baluarte de Santiago. En el interior construyó una dársena en la cortina colindante con el canal del norte, para el desembarco y embarque de las mercancías y pertrechos de guerra y boca para la fortaleza. En la plaza de armas, ubicó la iglesia, el almacén de pólvora y la casa del gobernador. Con el planteamiento de Jaime Franck, la fortaleza alcanzó una capacidad de alojamiento para 300 soldados y artilleros, 90 cañones, 35 de bronce, 57 de hierro y algunos morteros.²⁹⁵

En este diseño incorporó bóvedas en las cubiertas de todas las casamatas y medios baluartes que se construyeron, y, por consiguiente, no sólo integró un elemento común de las fortificaciones europeas, sino que sistematizó la técnica constructiva de las cubiertas e incorporó a las bóvedas de cañón corrido como una constante del lenguaje de la arquitectura militar de San Juan de Ulúa.

El reto de construir en San Juan de Ulúa implicó para Franck resolver el problema de la cimentación, según Calderón Quijano la alternativa innovadora fue la colocación de cañones viejos al pie de dichas bases de sustentación, sistema al que se le atribuye el éxito. Franck «había introducido un sistema de recalzo en los cimientos y bases (los cañones viejos en los ángulos), con un espléndido resultado».²⁹⁶ A pesar de los señalamientos anteriores, no se ha comprobado la utilización de los cañones pues hasta el momento no se han encontrado mayores documentos que refieran su uso, como tampoco se han detectado las zonas precisas donde se incorporaron estos elementos, en ninguna intervención posterior del conjunto.

No obstante, sin lugar a duda Franck logró alcanzar mayor éxito que sus predecesores, lo cual lo atribuyó a que anteriormente se había calculado siempre con defecto el número de sillares inferiores, lo cual daba origen que se viniera abajo lo edificado, pues las bases estaban continuamente socavadas por los remolinos de agua producidos por el viento, sobre todo en el Fuerte Viejo.

Asimismo, la sistematización de sus actividades se manifiesta en la construcción de las bóvedas de casamatas que se localizan en las cortinas con las que cierra el recinto fortificado. Primero se levantaba la pared maestra hasta la altura del cordón y los estribos que serían los pies derechos de apoyo hasta el bolo de los arcos y bóvedas, posteriormente se cimbraba y se hacía la fábrica de las bóvedas de cañón. El espacio entre una y otra bóveda se rellenaba o terraplenaba hasta cubrir un tercio de vara arriba del arco; sobre el relleno se realizaba un hormigón de mezcla seca de un palmo de grueso que tenía la función de cubrir el terraplen y sobre el cual se colocaba un tejado; se levantaba un frontispicio para

²⁹⁵ Sara E. Sanz Molina, "Fortaleza de San Juan de Ulúa" en *Fortalezas.org*. Consultado en http://fortalezas.org/?ct=fortaleza&id_fortaleza=975

²⁹⁶ Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones...*, p. 75

cubrir el relleno de las bóvedas y soportar los parapetillos. En el interior de las casamatas una vez que se descimbraba la bóveda se construía un entresuelo con estructura de madera a base de tablas y vigas. Un año después de descimbrar las bóvedas, éstas se revocaban y blanqueaban, considerando que en ese lapso se encontraban bien fraguadas.²⁹⁷

Jaime Franck se reconoce con las habilidades²⁹⁸ para atender las problemáticas de permanencia de las estructuras y aplicó sus saberes teóricos y científicos para superar en gran medida el principal reto de construir adecuadamente las obras, entendiendo que la cimentación y la estructura portante serían la garantía para la solidez de las obras.

Quizá una de sus mayores satisfacciones fue el recalzo de la obra antigua, que aseguraba la estabilidad de la fortaleza, y ello garantizaba el objetivo de protección. Franck en un lapso de cinco años «realizó la transformación que hacía más de un siglo venía significando el fracaso de cuantos militares, ingenieros y políticos la intentaban».²⁹⁹

5.5.5 Cuarto periodo

El cuarto periodo se delimita temporalmente entre la segunda década del siglo XVIII y el fin del virreinato. Aunque se presentaron diversas dinámicas constructivas, se realizó la mayor actividad edificatoria de obras militares como resultado de la reorganización política y militar de la Monarquía Hispánica. Las acciones tomadas desde la Corona influyeron al traslado de ingenieros militares con formación académica, experiencia en campo y una visión estratégica del control del territorio a través de la ampliación del sistema defensivo, es decir, consolidaron el trabajo vinculado de la ciudad amurallada y el puerto, pero además se establecieron otros sitios con equipamientos preparados para la respuesta y refuerzo de la salvaguarda.

Bajo esa perspectiva se realizaron múltiples proyectos que reflejan el quehacer técnico de los ingenieros militares. A pesar de que la mayoría de las propuestas no se ejecutaron, como ya se ha señalado, el trabajo realizado en el Fuerte de San Juan de Ulúa, en la ciudad de Veracruz, en Perote y en las obras defensivas menores, basta para demostrar la fundamentación del saber constructivo en donde queda identificable la base teórica, el dominio de la geometría y el arte de construir. En las obras militares del cuarto periodo se expresan las disciplinas científicas de las matemáticas y las ciencias mecánicas de forma más clara, pues son ejercicios de lo aprendido en las academias, la trascendencia de los tratados con bases científicas y la experiencia acumulada en campo de batalla.

Por consiguiente, la producción arquitectónica no sólo corresponde con un mayor número de ingenieros militares en la región, ni con una política defensiva, sino que se define por la profundización en el conocimiento del medio físico, que los llevó a tener un mayor

²⁹⁷ Hernández Aranda y Ávila Hernández, "Jaime Franck...", p. 10-18

²⁹⁸ José Antonio Calderón Quijano, "Ingenieros militares en Nueva España" en *Anuario de Estudios Americanos*, Número 6, 1949, Sevilla, CSIC, p. 11

²⁹⁹ Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones...*, p. 75

aprovechamiento del contexto, el perfeccionamiento de las obras militares, la aplicación de las teorías modernas de las matemáticas y la mecánica, la ampliación del repertorio geométrico y la articulación de un lenguaje constructivo.

El cuarto periodo inició con las aportaciones de los ingenieros italianos León Felipe Maffey y Félix Prósperi de quienes se distingue el soporte metodológico y teórico quizá producto de su cercanía con los grandes maestros en el arte de la milicia, como Próspero Verboom e Ignacio Sala respectivamente, posteriormente a mediados del siglo se observa la participación de los ingenieros Agustín López de la Cámara Alta y Lorenzo de Solís quienes dejaron un legado constructivo interesante que da paso a la llegada de los grandes proyectos de Manuel de Santisteban y Miguel del Corral, ingenieros militares que lograron realizar la mayor producción defensiva del siglo XVIII. El fin del periodo, marcado por la inestabilidad del territorio y el surgimiento de otras obras sobre las rutas a la capital de la Nueva España, poco a poco disminuyó la actividad constructiva, pero no la intervención de ingenieros como Miguel Constanzó y Diego García Conde.

El análisis de las técnicas constructivas de este periodo es el cuerpo central de esta tesis, por lo a partir del siguiente capítulo se detalla el constructivo realizado que demuestra la aplicación de una técnica práctica fundamentada en un sistema de reglas de las disciplinas científicas, lo cual influyó en la transformación tecnológica de la región, pues como se verá, la actividad de los ingenieros militares no sólo se limitó a las obras defensivas, sino que se enfocó también a obras civiles y religiosas.

En la arquitectura militar en Veracruz existen diversos valores a través de las técnicas constructivas aplicadas que si bien manifiestan el uso de los diversos materiales para resolver los sistemas constructivos, también se identifica como los elementos arquitectónicos son el resultado de diversos factores que confluyen en la ejecución de las obras, por lo que para comprender a profundidad el sentido de la aplicación y trascendencia de una técnica, es preciso adentrarse en el mundo de las teorías y saberes de la época, en el perfil e intenciones de sus creadores, sus ejecutantes y el contexto natural, político y social de cada momento. En consecuencia, los periodos presentados agrupan las características y aportes técnicos que, a la vez, son una ventana para conocer el verdadero valor de la construcción, pues en los elementos de cada lapso se representa la esencia del propio ser humano, un ser, por naturaleza técnico y creador.

**CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIONES
MILITARES DEL SIGLO XVIII EN VERACRUZ**

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

6.1 El fenómeno técnico del siglo XVIII

La arquitectura militar en Veracruz es la proyección del sistema técnico moderno de la Monarquía Hispánica, y por tanto presenta la influencia de un lenguaje constructivo basado en el ambiente técnico de la época, pero generado a partir de diferentes circunstancias contextuales, pues a pesar de que el sistema perseguía los mismos fines, los medios fueron distintos y por ende los resultados variaron. En la complejidad de una serie de situaciones sociales, políticas y naturales, la decisión de los ejecutantes de las acciones técnicas fue fundamental para la creación de las obras. Así, los elementos arquitectónicos que presentan las evidencias de las técnicas constructivas son el testimonio del fenómeno técnico veracruzano en el siglo XVIII.

El ambiente técnico moderno de la Monarquía Hispánica definió el perfil de sus ingenieros militares con su formación técnica y la disponibilidad del conjunto de saberes de la tratadística, las tipologías arquitectónicas, los métodos de diseño y ejecución de obras, así como de una estructura jerárquica que incidía en los roles de cada personaje. Sin embargo, el territorio veracruzano enfrentó a los ingenieros a una realidad extrema que parecía invalidar hasta el conocimiento más consolidado. La toma de decisiones se influenció por dos factores: por un lado, un contexto natural contrastante y por otro, las determinaciones de un régimen monárquico que transitó un siglo configurado de nuevas políticas, conflictos bélicos y reorganización administrativa de sus reinos. No obstante, las acciones de los ejecutantes de las obras veracruzanas persiguieron los anhelados principios del ingeniero moderno: la prontitud de ejecución, la solidez de la estructura y la economía. Las determinaciones de la Monarquía influyeron poderosamente en los límites y avances de la arquitectura militar, pero la creatividad de sus ingenieros correspondió a las circunstancias con la aplicación de sus saberes técnicos.

En consecuencia, el fenómeno técnico del siglo XVIII produce en Veracruz obras militares bajo la búsqueda constante de erigir a bajo costo, con los materiales más pertinentes a pesar de la complejidad de los suministros y la mano de obra. Los ingenieros militares, como agentes intencionales del sistema técnico y las obras como producto final, sitúan a las técnicas en medio del proceso. Dicha así la situación parece abierta la lectura, sin embargo, la complejidad de la generación de las obras, sus autores y la gran pérdida del patrimonio militar han hecho complicada la interpretación.

La historia de la arquitectura militar no es completamente clara, pues las narraciones de los documentos antiguos han sido interpretadas desde diferentes narrativas que a veces suelen dibujar una línea casi imperceptible entre la obra real y el proyecto. Por otra parte, la intervención de sus ingenieros también ha tenido algunas confusiones, por lo que el primer reto en la investigación era la distinción de cuáles obras o elementos eran realmente

originales del siglo XVIII y eso solo se puede ver desde la revisión de documentos, planimetría y testimonios gráficos que respalden la fábrica en esa temporalidad y su relación con los autores. La conformación del sistema defensivo veracruzano presenta diferentes ritmos y protagonistas a lo largo del siglo XVIII y eso a la vez influye en los procesos e innovaciones técnicas.

Entonces no es posible partir desde la composición de un material en un elemento arquitectónico aislado, ni referir cuáles son las innovaciones tecnológicas que corresponden con la fundamentación de técnicas basadas en disciplinas científicas enseñadas en la academia de matemáticas, sin antes distinguir cuáles obras o elementos fueron los construidos, por quiénes y en qué circunstancias que validan las premisas de un sistema técnico moderno o que introducen nuevo métodos y aportes.

El papel de los ingenieros militares y el contexto son los principales factores determinantes de la producción arquitectónica. Los ingenieros con el uso de sus saberes son el condicionante de las soluciones, pero no se puede aislar el contexto cultural que se vivió en el siglo XVIII por lo que se generó de hecho la producción arquitectónica. Así, se volvió importante, por una parte, el papel del ingeniero militar tanto en el discernir de la realidad de su obra ejecutada, como en la transmisión y aplicación de saberes constructivos en sus elementos edificados. La selección de los casos de estudio para el análisis se fundamenta en la certeza de que el elemento corresponde con la temporalidad del siglo a analizar.



Figura 6. 1 Baluarte de San Crispín del Fuerte de San Juan de Ulúa. (2018)

6.2 Ingenieros militares en Veracruz

La revisión historiográfica de la construcción militar en Veracruz permite observar el paulatino aumento de obras en el siglo XVI y XVII que culmina con el siglo XVIII donde se intensifica el número de edificaciones o transformaciones en los conjuntos defensivos. A su vez, existe una relación directa entre el incremento de las acciones constructivas con el número de ingenieros militares llegados a la Nueva España; por consiguiente, se puede afirmar que, además de la estrategia política y defensiva de la Corona, la participación de los ingenieros permitió el desarrollo de obras y técnicas constructivas cuyos resultados aún podemos encontrar en algunos edificios, como testimonios de una etapa constructiva.

En las obras del siglo XVI y XVII los ingenieros que aparecen en las fuentes consultadas son principalmente Cristóbal de Eraso, Bautista Antonelli, Adrián Boot y Jaime Franck, quienes alcanzaron su renombre por sus participaciones en distintas plazas del Reino Español, pues como se ha mencionado, la estancia de los ingenieros era temporal y correspondió a dar soluciones concretas sobre el establecimiento de los recintos fortificados de la Monarquía. El alcance de las obras es interpretado por escasos planos y fuentes documentales que se conservan, así como por la lectura historiográfica que los primeros investigadores han realizado de las intervenciones de los ingenieros, sin embargo, en sitio, la pérdida de obras militares o sus modificaciones induce a diversas incógnitas sobre la ejecución de los elementos.

En contraste a los pocos datos técnicos y la baja participación de ingenieros en los primeros periodos, durante el siglo XVIII, se encuentran mayores referencias de la llegada, asignaciones y actividades de los ingenieros militares en la arquitectura de Veracruz, en donde no sólo se enfocaron en las obras de la milicia, sino también en edificaciones del ámbito civil. La dinámica constructiva correspondió con los ritmos de la política defensiva de la Monarquía, las solicitudes de dictámenes, informes, proyectos, presupuestos u obras detonaron la producción técnica de los ingenieros militares. De esta manera se estableció una coyuntura entre los requerimientos de la Corona, las circunstancias del medio veracruzano y la respuesta de los técnicos.

Es importante destacar que la llegada de la Dinastía Borbónica a la Corona Española no se refleja en Veracruz durante los primeros años del siglo, a pesar de que el Rey Felipe V ascendiera al trono en 1700, sino que realmente impacta a partir de la década de los veinte con el arribo de los ingenieros militares habilitados para cumplir con las tácticas de la Monarquía. Esto corresponde como se ha mencionado en el capítulo 3 de esta investigación, a que las estrategias de los Borbones condujeron a la organización del Cuerpo Real de Ingenieros Militares en 1711, a las Ordenanzas para ingenieros del 4 de julio de 1718 y a la fundación de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona en 1720. En estos tres sucesos, las ideas de Jorge Próspero Verboom como Ingeniero General de España y todos los Dominios de la Monarquía, son fundamentales, y él es quien planea la distribución regional de los primeros integrantes del Cuerpo en todo el Reino Español, priorizando el objetivo de reforzar las defensas más vulnerables del territorio y el

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

impacto de sus decisiones trasciende a América, como lo veremos de manera clara en la tabla 6.1³⁰⁰, a través del cambio que se establece a mediados de la segunda década de los veinte en nuestra región. Posteriormente, las decisiones de quienes dirigen el Cuerpo Real de Ingenieros y las situaciones de conflicto contribuirán a la llegada o permanencia de los ingenieros militares, incidiendo una mayor participación de técnicos durante la segunda mitad del siglo XVIII.

Tabla 6.1 Ingenieros militares participantes en las fortificaciones de Veracruz durante el siglo XVIII															
	Años		Nombre	1700	1710	1720	1730	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800	1810
1	1704	1706	Luis Bouchard de Becour		■										
2	1725	1728	Felipe León Maffey				■								
3	1732	1769	Felipe Feringán Cortés					■	■	■	■	■	■	■	■
4	1733		Carlos Blondeaux				■								
5	1734 (1729?)	1735	Fernando Gerónimo de Pineda				■								
6	1735		Luis Díez Navarro				■	■							
7	1735	1751	Félix Prosperí					■	■	■					
8	1743	1758	Gaspar Courseulle						■	■	■				
9	1754 (1751?)	1759	Carlos Luján							■	■				
10	1755	1763	Agustín López de la Cámara Alta							■	■				
11	1756	1797	Pedro Ponze								■	■	■	■	■
12	1755	1801	Diego Panes Abellan								■	■	■	■	■
13	1758	1761	Lorenzo de Solís							■					
14	1762	1770	Ricardo Aylmer								■	■			
15	1763	1783	Manuel de Santistevan								■	■	■	■	■
16	1763	1768	Antonio Docel								■	■			
17	1763	1766	Gaspar de Casasola								■	■			
18	1764	1794	Miguel del Corral y Horobio								■	■	■	■	■
19	1764	1767?	Antonio Exarch								■	■			
20	1764	1767?	Nicolás Latora								■	■			
21	1764	1782	Francisco Fersen								■	■	■		
22	1764/9 5	1805	Miguel Constanzó								■	■		■	■
23	1764	1773	José González								■	■			
24	1770	1777	Segismundo Font y de Milans									■	■		
25	1770	1774	Agustín Crame									■	■		
26	1770	1775	Andrés Sanz									■	■		
27	1771	1819?	Francisco Juárez Calderin									■	■		
28	1776?		Ramón Panón										■		
29	1774	1785?	Sanchez Ochando, Alfonso									■	■		
30	1786	1796	Juan José Pagazaurtunda										■	■	■
31	1786	1796	Narciso Codina										■	■	■
32	1786	1796	Juan Beleta										■	■	■
33	1786	1796	Antonio Villalba										■	■	■
34	1791	1815	Juan Camargo											■	■
35	1795	1809	Manuel Agustín Mascaró											■	■
36	1798	1809	Diego García Conde											■	■
37	1810?	1817	Manuel Ma. López Bueno												■

³⁰⁰ La conformación de la tabla 6.1 se ha basado en los estudios biográficos de Calderón Quijano (1949), Horacio Capel (1983) y Omar Moncada (1993), así como en diversos documentos localizados en el Archivo General de la Nación de México y del Archivo General de Indias de Sevilla, como los pases de revista de la plaza Veracruz – San Juan de Ulúa, las relatorías de obras y los informes que señalan la llegada, ascenso, participación, salida o defunción de los ingenieros.

El proceso y consolidación de las construcciones defensivas va ligado a la dinámica de participación de los ingenieros militares, por lo que se vuelve indispensable aproximarse al perfil y desempeño de cada uno de ellos, además de que el análisis de sus trayectorias define la ejecución de obras o los proyectos que quedaron detenidos y en consecuencia, ante la pérdida del patrimonio militar, el contraste de los datos permite identificar los elementos generados en el siglo de mayor alcance técnico dentro del virreinato. Asimismo, se tienen mayores datos planimétricos y documentales sobre la edificación de elementos, lo que ha permitido que, a pesar de las pérdidas considerables del patrimonio militar en Veracruz, se pueden tener ciertas referencias del uso de materiales, equipos y procesos constructivos.

Por tanto, si lo que se pretende es realizar una lectura sobre la intervención técnica de los ingenieros militares entonces es preciso ubicar temporalmente las actividades a partir de 1718 en que se dictan las Ordenanzas para la organización del Cuerpo de Ingenieros y la primera década del siglo XIX, es decir, durante el movimiento de independencia que prácticamente paralizó las actividades constructivas de la Monarquía, estableciéndose un lapso de tiempo en que se generó un valioso aporte técnico a la historia de la construcción de la arquitectura militar en Veracruz, no solo por el incremento de edificaciones defensivas, sino por la integración de nuevas soluciones constructivas que fueron el resultado de la transferencia de conocimientos que ejercieron sus creadores.

Las acciones técnicas iniciaron en el año de 1725, en que por disposición de Próspero Verboom fueron destinados a Veracruz Felipe León Maffey y Fernando Jerónimo de Pineda primeros miembros del Real Colegio de Ingenieros Militares, en llegar a la región con la finalidad del mejoramiento de sus defensas y finalizó en 1812, con la construcción de caminos que enlazaron los diferentes puntos de comunicación del territorio, a cargo del ingeniero Diego García Panes. Aunque aparentemente esto último no tiene que ver con la arquitectura militar, es importante considerar que el papel del ingeniero militar va trascendiendo la arquitectura militar y su participaron se enfoca tanto en obras defensivas como civiles, en cuyo efecto, una vez consolidadas los principales recintos fortificados a finales del siglo XVIII, la actividad constructiva se enfocó a mejorar las vías de comunicación, tanto puertos como caminos, con sus respectivos puentes y obras complementarias como los faros.

Asimismo, la actividad constructiva presentó diversos ritmos y enfoques, con periodos de aceleración en las obras, aportes de nuevas tipologías, o suspensiones de los trabajos, de manera que, a la vez, se identifican varias etapas en el desarrollo constructivo por la presencia e trascendencia del trabajo de los ingenieros militares en el siglo XVIII, sin embargo, esta tesis no tiene como eje central un análisis biográfico de las obra, sino la identificación de las técnicas constructivas aplicadas, por lo que el presente texto destaca la participación de algunos autores que de manera trascendente ejecutaron obras o resolvieron técnicamente sus proyectos, cuyas acciones impactaron el quehacer constructivo de nuestra región.

Se considera relevante la realización de este documento, porque muchas de las obras se han perdido, y los testimonios del ejercicio constructivo sólo han quedado en los planos y los documentos que relacionan las actividades de obra, por tanto, este apartado pretende dar una interpretación de las técnicas constructivas que no se podrán apreciar en el estudio de los elementos en físico, pero que constituyeron parte de la labor de la investigación y un puente para la interpretación de las técnicas aplicadas.

6.2.1 Las primeras intervenciones del siglo XVIII: 1718-1751

Durante la primera mitad del siglo XVIII en Veracruz se presentó la intervención de dos importantes ingenieros italianos: Felipe León Maffey y Félix Prosperi, quienes ejecutaron obras, representando con esto, el inicio de los trabajos a cargo de integrantes del Cuerpo Real de Ingenieros Militares bajo los lineamientos establecidos para su desempeño en las Ordenanzas de 1718. Además, la labor técnica estuvo caracterizada por el perfil de formación y experiencia de sus técnicos. Por ejemplo, León Maffey y Prosperi, junto con Carlos Blodeaux habían realizado actividades con anterioridad en la campaña militar de Italia, cuya labor era plenamente conocida por Jorge Próspero Verboom, quien les designó el traslado a la plaza más importante de la Nueva España con los más altos rangos en la región durante ese momento: León Maffey y Prósperi arribaron a Veracruz con categoría de ingeniero segundo en los años 1725 y 1735 respectivamente y Blodeaux en 1733 como ingeniero en Jefe.

Otros ingenieros que intervinieron en las acciones constructivas de la región veracruzana durante la etapa señalada fueron Fernando Jerónimo de Pineda, Felipe Feringan Cortés, Luis Diez Navarro y Gaspar Courseulle, quienes iniciaron labores como ingenieros ayudantes o extraordinarios y gracias a su desempeño fueron ascendiendo de rango, lo que les permitió acumular la experiencia para enfrentar los retos constructivos de la arquitectura militar.

En cuanto a las obras construidas se encuentran en la ciudad de Veracruz el amurallamiento en colindancia con el mar, las puertas del muelle y la puerta de México, así como las atarazanas y los cuarteles de la ciudad. También durante esta etapa se construyeron las primeras obras defensivas exteriores en San Juan de Ulúa, replanteando el diseño y tipología arquitectónica acorde a los últimos planteamientos de la poliorcética.

En cuanto al aporte constructivo los mayores datos provienen de la información registrada por León Maffey, de quien se distingue la técnica utilizada para la construcción de la muralla de la marina en Veracruz, los criterios para la utilización del tipo de cal, como material básico en la construcción de las mamposterías y las características de cierta mano de obra. Por otra parte, en San Juan de Ulúa, se puede distinguir el sistema constructivo de las baterías de la defensa exterior ejecutadas por Félix Prosperi con mampostería de piedra muca.

La actividad de los primeros ingenieros militares del Cuerpo Real de la Monarquía tuvo un arranque significativo en nuestra región por el impulso que recibió para el mejoramiento defensivo y vale la pena destacar ciertos aspectos de la intervención de los técnicos.

6.2.1.1 Los ingenieros italianos Felipe León Maffey y Félix Prósperi

La presencia de ingenieros italianos fue una característica del siglo XVI en la Monarquía Hispánica que llegó a distinguirse como *la escuela italiana de fortificación* por la influencia de las tipologías creadas por los diversos tratadistas e ingenieros; sin embargo la incorporación de italianos en la milicia española disminuyó en la primera mitad del siglo XVII, recuperándose en las últimas décadas, ante la trascendencia del centro de enseñanza técnico y militar conocido como la Escuela de Milán.

Así, en el inicio del siglo XVIII a pesar de una Monarquía a cargo de la Dinastía Borbónica de raíces francesas, durante los primeros años del reinado de Felipe V se observa la integración de ingenieros italianos, que si bien, fueron en menor número con relación al siglo XVI, su participación fue significativa. En ese contexto, se presenta la llegada a Veracruz de los ingenieros Felipe León Maffey en 1725 y de Félix Prósperi en 1735.

Felipe León Maffey perteneció al ejército español desde la organización del Cuerpo en 1711,³⁰¹ sobre sus trabajos anteriores a su arribo a la Nueva España, se tienen referencias de su presencia en las obras de la Ciudadela en Barcelona cuando es trasladado junto con otros ingenieros a la expedición de Italia según consta en una minuta firmada por Próspero Verboom fechada el 21 de julio de 1717.³⁰² Este traslado tenía la finalidad de organizar un equipo técnico que elaborara la cartografía y planimetría de Cerdeña y Sicilia. León Maffey fue encargado de las plazas fuertes de la isla de Cerdeña y probablemente se estableció durante una temporada en Cagliari, pues realizó un plano titulado *Plan de Callier y sus cercanías* en 1718. El desempeño de León Maffey se reconoció con el otorgamiento del grado de Capitán el 14 de junio de 1718.³⁰³

Además de la planimetría, cabe la posibilidad que León Maffey participara en el reforzamiento de sus murallas, ya que las primeras obras militares planteadas por Felipe V consistían en la reparación de las fortificaciones de Cagliari, ciudad principal de Cerdeña con una muralla de origen medieval, que fue consolidada y adaptada a los requerimientos del siglo XVIII, asimismo se le integró una puerta con un gran arco de acceso. Aunque se desconoce si el ingeniero italiano participó en la ejecución de estas obras, sin lugar a duda, la experiencia que León Maffey adquirió en Cagliari fue fundamental para su trabajo en Nueva España, pues su labor principal fue la construcción del tramo de muralla faltante en la ciudad de Veracruz y las Puerta de Acuña y las del muelle.

Después de su intervención en la isla de Cerdeña, se tienen referencias del trabajo de Felipe León Maffey en Cartagena, a través de un plano fechado en 1721 descrito como *Planta de una de las casas del Rey que tiene en Cartagena la mayor parte della caída y sirve para los pertrechos de la Artillería*³⁰⁴, y que se identifica como una parte del complejo arquitectónico que constituyó durante el siglo XVIII un centro militar con diversas funciones

³⁰¹ López Muiños, *op. cit.*, p. 576.

³⁰² Valeria Manfré, "Una isla y sus imágenes, la cartografía militar de Cerdeña (1717-1720)", en, *Eclos culturales, artísticas y arquitectónicas entre Valencia y el Mediterráneo en Época Moderna*, Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes y Gil Saura, Yolanda, (editores), Valencia, Universitat de Valencia, 2018, pp. 223.

³⁰³ López Muiños, *op. cit.*, p. 576.

³⁰⁴ Martín Pérez Yelo y José Antonio Rodríguez Martín, "Arquitectura desaparecida", Obtenido de *Guía del patrimonio arquitectónico de Cartagena*, Consultado el 19 de octubre de 2019 en <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6847/ad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

como la provisión de alimentos a la Armada, la producción industrial, la reparación de barcos, el reclutamiento de tropas y el enlace con las posesiones en el norte de África. El plano rubricado por León Maffey presenta un levantamiento del estado en que se encontraba esa zona que constituyó un área de la gran construcción reconocida como un fuerte Alcázar por estar amurallado y el uso de su cantería, piedra y ladrillo.

Posteriormente, Felipe León Maffey recibió instrucción de su traslado a América, por lo que en 1725 apareció en lista de pasajeros llegados por barco a la Nueva España³⁰⁵, en ese mismo año arribó el ayudante de ingeniero Fernando Gerónimo de Pineda. En 1726 León Maffey se encontraba ya instalado en Veracruz como ingeniero segundo, por lo que encabezaría la labor técnica militar en la región otorgando prioridad a solucionar el deterioro de las defensas de la ciudad, ya que el amurallamiento estaba inconcluso, con fragmentos azolvados y dañados por las condiciones climáticas y la falta de mantenimiento. Ante esta situación inició su labor constructiva, misma que fue registrando mediante la producción planimétrica de levantamientos, propuestas de mejoramiento, avances y procesos constructivos. Se han localizado 8 planos fechados entre 1726 y 1728 que presentan evidencia de su labor.

De esta manera se puede interpretar que su actividad inició con el reconocimiento del estado de la ciudad Veracruz expuesto en un plano titulado *Plano primero de la plaza de la Vera Cruz que demuestra el estado en que se hallava su fortificación a fin de Noviembre del año pasado de 1726. Sumergida en Las Arenas Transportadas de los Nortes*. Este documento gráfico es de enorme valor porque ilustra a detalle del contexto natural que rodeaba a la ciudad con caminos, médanos, vegetación y construcciones dispensas extramuros, así como la traza urbana intramuros con distinción clara de las edificaciones principales existentes, los tramos afectados de la muralla y puertas y los azolvamientos de arena. Incluso integró un corte de uno de los tramos más afectados que hace evidente la altura de los montículos de arena que invadieron los baluartes. De las condiciones en que reconoció a la ciudad con sus débiles y azolvadas murallas se deduce que una de sus actividades fue la realización del proyecto para desviar el río de Tenoya que corría muy cercano a las cortinas del sur de la ciudad afectando frecuentemente los lienzos, además de plantearse la limpieza de las cortinas obstruidas, reconstruir las secciones perdidas y levantar la muralla que daba al mar, entre los baluartes de la Pólvora ubicado al sur y el de la Concepción al norte.

³⁰⁵ Isabelo Macías Domínguez, *La llamada del Nuevo Mundo. La emigración española a América (1701-1750)*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1999, p. 222



Figura 6. 2 Plano 1a de la plaza de la Vera Cruz que demuestra el estado en que se hallava su fortificación a fin de Noviembre del año pasado de 1726. Sumergida en Las Arenas Transportadas de los Nortes", León Felipe Maffey, Fuente: Archivo General de la Nación.

Paralelamente a su labor de mejoramiento de las defensas, elaboró la representación gráfica de su trabajo, de lo cual se conserva la planimetría que muestra los avances en enero, febrero y mayo de 1727. En el *Plano de la Plaza de la Veracruz y sus Cercanías donde se expresa lo que se ha limpiado hasta Henero* León Maffey representó la propuesta de ubicación de la Puerta Nueva o también llamada Puerta de Acuña en honor al Virrey de la Nueva España. Este acceso ubicado al oeste de la ciudad se conectaba con el camino real de ventas que enlazaba a la ciudad de Veracruz con la capital de la Nueva España.

En febrero de 1727 se representó el avance de los trabajos de limpieza de la muralla y una primera propuesta del trazo para la construcción del tramo frente al mar, paramento que nunca había sido edificado por la inestabilidad del terreno arenoso. León Maffey también sugirió otros elementos que protegieran al baluarte de la Concepción, que ubicado al norte de la ciudad era comúnmente afectado por los vientos y arenas.

En el plano fechado en mayo de 1727, León Maffey representó el avance de la limpieza de la muralla y su proyecto con ciertas correcciones para mejorar las defensas. Aquí se observa el avance de la Puerta Nueva de México, y replanteó su propuesta de la muralla frente al mar, con algunos otros elementos como un muelle y dos puertas para su acceso, así como una puerta denominada de La Aguada, también sobre la muralla de marina. Este

plano representa un corte de la muralla identificándose sus elementos componentes, ilustración que posteriormente se verá reflejada a detalle en otros dos planos.



Figura 6. 3 "Plano de la plaza de la Vera Cruz, que demuestra en que se halla el Restablecimiento de su fortificación, a fin de Mayo del Año de 1727 y el Proyecto delineado y labado de Amarillo de lo que se a reconocido indispensable para su resguardo". Archivo General de la Nación.

Asimismo, se ha localizado un plano del almacén de pólvora al sur de la ciudad, conocido actualmente como Baluarte de Santiago y que León Maffey lo señala como Baluarte de San Felipe. En este plano se representa en planta de conjunto, la unión entre la escarpa del almacén y la muralla del lado del mar, incluyendo una puerta. Quizá este planteamiento no llegó a construirse tal cual se ilustra en este plano, pues las representaciones posteriores de la ciudad amurallada representan otro trazo en dicha zona.

Constructivamente es muy interesante el aporte que nos ha legado León Maffey en tres planos: el primero con el registro en alzado de la composición de la muralla: una base de mampostería con banquetas en el paramento interior y sobre el muro de fábrica se remata una estacada de madera. En otro plano se detalla el proceso de edificación de la muralla ubicando la zona de trabajo contigua al baluarte de la Concepción. En el dibujo se representa el uso de un equipo tipo grúa que se nombra cabria, la mano de obra indígena y negra y los materiales constructivos que resultan evidentes: piedra y madera.

La edificación de la muralla sobre el tramo que colinda con el mar probablemente se realizó en el segundo semestre de 1727, por lo que en un plano de marzo de 1728 se registró la afectación de la obra reciente por el paso de un huracán. Esta representación en perfil, banquetas y cimientos del recinto manifiesta la construcción afectada compuesta por el uso

de piedra muca, ilustrada por la figura de la piedra boleada que se identifica con los fósiles coralinos, por ello resulta evidente la continuidad de la técnica basada en el uso de este material. Asimismo, en cuanto al uso de los materiales se tienen referencias documentales de que León Maffey utilizó cal de tierra de la región de Xalapa en sus mezclas de mortero.³⁰⁶

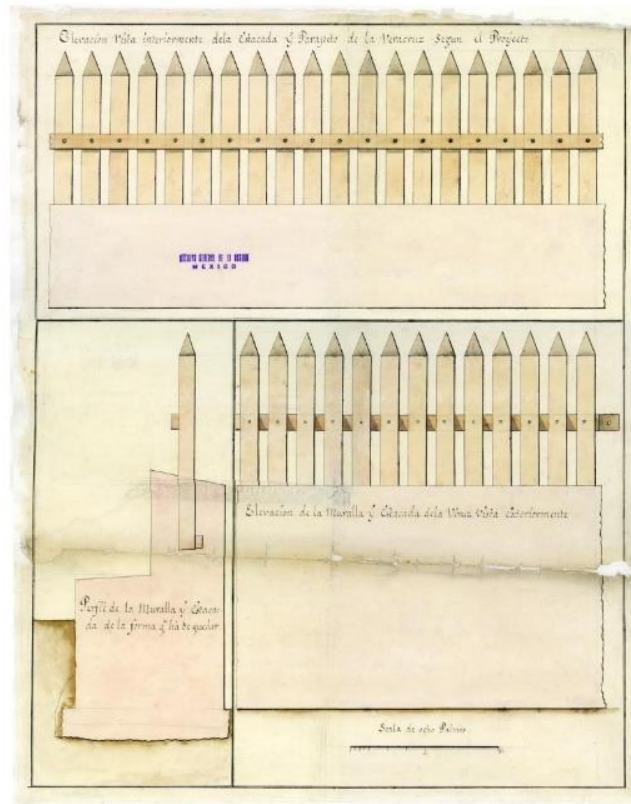


Figura 6. 4 "Elevación vista interiormente de la estacada y parapeto de la Veracruz según el Proyecto", Felipe León Maffey, 1727.
Fuente: Archivo General de la Nación.

La pérdida referida en el plano de 1728 de la parte de la muralla frente al mar, obra proyectada y ejecutada por Maffey, puede deberse a dos aspectos importantes: en primer lugar el sistema de cimentación representado en los planos corresponde a una plataforma de mampostería que para el caso específico de Veracruz se solucionó con piedra muca y cuya solución no soportó la fuerza del golpe del oleaje marino durante el huracán de 1728 porque este sistema no es adecuado para terrenos inestables como lo indican los tratados de fortificación y no se le colocaron ni estacadas, ni cajones de madera que protegieran la base de mampostería; además el segundo aspecto corresponde a las mezclas de cal aunque según dictámenes se utilizaron la cal de mar y la de tierra en las zonas más convenientes, lo cierto es que las mezclas aún no habían fraguado lo suficiente para resistir

³⁰⁶ Aunque este plano no está firmado por León Maffey, por la fecha y la forma de representación, investigadores como Omar Moncada le atribuyen su autoría

los impactos, pues como algunos otros ingenieros y tratadistas lo han señalado, los morteros de cal tardan alrededor de un año en fraguar completamente.

Sin embargo, se desconoce si esta situación afectó la permanencia de Felipe León Maffey en la plaza Veracruz, pero después de estas obras no se han encontrado registros de otros trabajos en la región y sólo hay evidencias de su regreso a Cartagena, España en 1732, por el diseño de un acueducto para la ciudad. No obstante, la intervención del ingeniero italiano fue fundamental tanto para reconocer la situación de Veracruz, como por el legado gráfico y constructivo que nos dejó a través de sus planos, dictámenes y documentos, de lo que resulta evidente su perfil técnico y práctico.

Por otra parte, la participación del italiano Félix Prósperi³⁰⁷ actualmente suele ser reconocida en el siglo XVIII por ser el autor del único tratado de fortificación elaborado en América, titulado *La Gran Defensa* (1744) y porque construyó las baterías de San Miguel y de Guadalupe como contraguarnida al norte del Castillo de San Juan de Ulúa, obras que dieron un giro en la tipología defensiva de esta fortaleza y que marcarían la pauta para las transformaciones generadas durante el siglo XVIII.

En cuanto a la formación precedente a su llegada a la Nueva España, los datos que han destacado algunos investigadores como Pedro Luengo se refieren a su formación militar en Milán³⁰⁸, Omar Moncada destaca que fue capitán de infantería al servicio de la República de Venecia, para la defensa del Corfú y toma de Provenza³⁰⁹ y Calderón Quijano lo relaciona en Sicilia donde indica su pertenencia a uno de los Regimientos de la Infantería Española³¹⁰, sin embargo al no tener mayores datos sobre los años y actividades durante su estancia en estas regiones, se desconoce si participó en la construcción de algunas obras defensivas. No obstante, es de suponer que su experiencia en la infantería le sirvió para valorar la estrategia militar que conjuntó con su formación técnica de ingeniero.

Aunque su ingreso a la milicia española en inicio fue como capitán reformado, es decir sin la asignación de un cargo, el interés de Félix Prósperi le llevó a solicitar su incorporación al Cuerpo de Ingenieros Militares y el 20 de octubre de 1728³¹¹ ingresó con categoría de ingeniero ordinario y se le destinó a Andalucía, región donde permaneció pocos años pues en 1731 cuando se encontraba en Cádiz recibió instrucciones para trasladarse a Santo Domingo en el Caribe. A partir de ese momento se tienen mayores referencias acerca de su actividad como ingeniero, por ejemplo, la elaboración del proyecto de dos fuertes y un cuartel en la playa de Xaina y el dictamen para la demolición de un padrastró en el pueblo de San Carlos de Tenerife.

En su llegada a la Nueva España, se distingue su participación a partir de 1735 como ingeniero en segundo que vendría a ocupar el mayor cargo en la plaza de Veracruz tras la muerte de Carlos Blondeaux. La llegada de Prósperi a Veracruz tuvo el objetivo de atender los puntos más vulnerables de las defensas, por lo que desde 1737 se encontrarán datos

³⁰⁷ Félix Prósperi (1689-c.1756) Ingeniero italiano nacido en Ferrara y fallecido en Bolonia.

³⁰⁸ Pedro Luengo Gutiérrez, "Ingenieros italianos al servicio de la Corona Española. Entre el liderazgo técnico y el espionaje", en *Revista Internacional de Historia Militar*, número 97, (2019), p. 37.

³⁰⁹ Moncada, *op. cit.*, p. 153.

³¹⁰ Calderón Quijano, *Ingenieros militares...*, p. 59.

³¹¹ López Muiños, *op. cit.*, p. 583.

de sus propuestas de mejoramiento como los proyectos del muelle de la ciudad y el de San Juan de Ulúa, los cuarteles para caballería, los reconocimientos de las baterías existentes en isla de Sacrificios y Antón Lizado, e incluso, se le relaciona con un proyecto para el templo de San Felipe Neri.

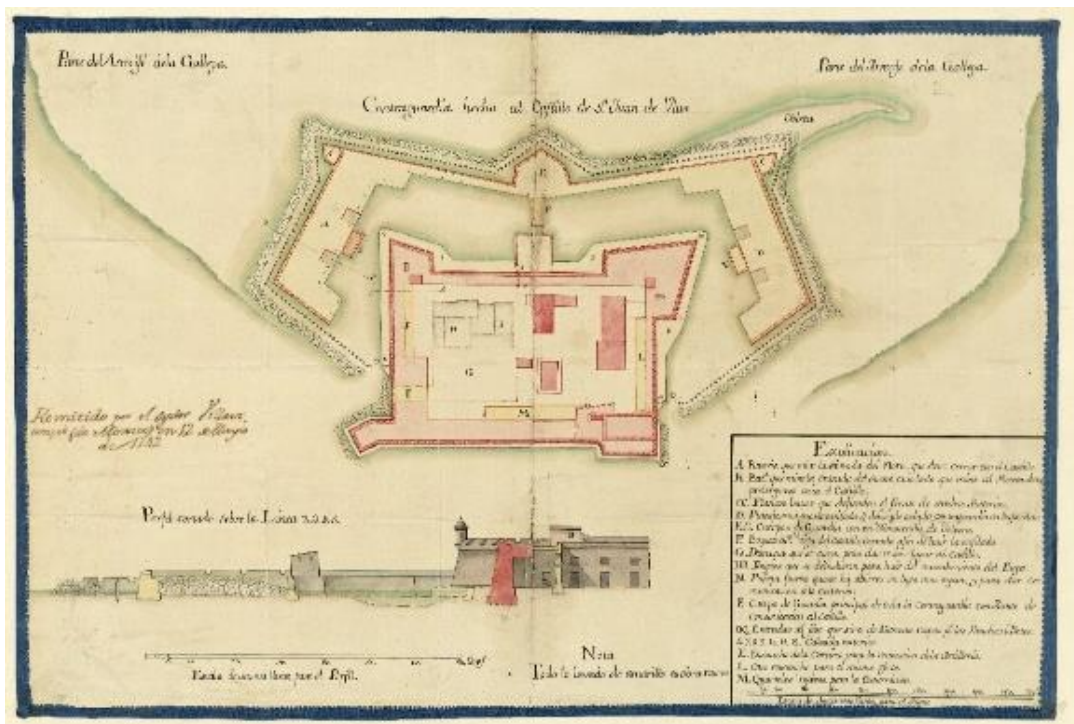


Figura 6. 5 "Contraguarnida hecha al Castillo de San Juan de Ulúa" por Félix Prósperi, 1742. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

En cuanto al tratado *La Gran Defensa, Nuevo Methodo de Fortificación*, publicado en 1744 Félix Prósperi incluye la propuesta de reducir el volumen material de las obras, teniendo como forma inicial y prioritaria la planta triangular de la cual parte para mostrar otras tipologías valorando el uso de revellines como las únicas obras exteriores recomendadas, en contraste con los principios de Vauban en donde este tipo de obras presentan una amplia gama de elementos y secuencias. Lo que Prósperi defiende en su método de fortificar es un menor costo y efectividad, es decir, los principios del ingeniero moderno: prontitud, solidez y economía expuestos a través de sus obras.

La propuesta constructiva de Félix Prósperi en su tratado se conforma por “una nueva concepción de la estructura material de la edificación y en especial, de los muros”³¹², que distingue cinco innovaciones dirigidas a la edificación de las murallas:

³¹² Galindo Díaz, *op. cit.* p. 157.

- a) Murallas apoyadas y adheridas al terraplén construidas hasta los dos primeros tercios con piedra o ladrillo y el último tercio se unifica con todo el relleno cubriendo con capas de tepes, logrando que la construcción de fábrica sea una especie de camisa del terraplén.
- b) Las murallas se levantan a menor altura de lo que indican los tratados modernos, recomendando reducir hasta un tercio de lo común.
- c) Omitir el uso de contrafuertes porque estando apoyadas en la pendiente natural del terraplén, este relleno no emite grandes empujes horizontales sobre el muro, por lo que se reduce el volteo y hace innecesario los contrafuertes. Sin embargo, se sugiere la construcción de refuerzos verticales separados entre sí, desde el cimiento hasta la total altura de la muralla.
- d) La muralla no se desplanta desde la profundidad del foso y se reitera la cimentación recomendable para terrenos no estables mediante el uso de pilotaje o bien, de zapatas corridas.
- e) Se especifica construir las murallas con un mismo espesor en el desplante como en la parte superior del muro a diferencia de la sección trapezoidal comúnmente utilizada.

En estas innovaciones se observa cómo la propuesta de reducir el volumen de obra se basa en el comportamiento de los materiales y los elementos, razones que argumentan la posibilidad de aminorar los costos de la obra, que es una de las premisas principales del nuevo método de fortificación de Prósperi.

Por otra parte, el ingeniero italiano tuvo la oportunidad de mejorar la fortaleza de San Juan de Ulúa y su propuesta se basó en integrar obras exteriores a fin de generar una contraguardia del conjunto. La información documental y gráfica que guarda el testimonio de las obras transmiten su búsqueda de economía y solidez, por lo que se encuentra que las obras exteriores de San Juan de Ulúa edificadas por Félix Prósperi, constan únicamente de una contraguardia a la espalda del castillo, es decir hacia el islote, zona identificada como la más vulnerable de la fortaleza y cuyo conjunto se compone de dos baterías, un revellín, un cuerpo de guardia y un puente que comunicaba al nuevo acceso del castillo.

En un plano fechado en 1742 que indica dicha intervención, se observa en un perfil que representa la sección de las baterías, la diferencia de alturas entre la cortina norte de la fortaleza y las nuevas obras de la batería. Por el dibujo de la línea del cordón magistral y el adarve, se puede apreciar que la altura de la batería “a la lumbre de agua” corresponde prácticamente a un tercio de la altura de la cortina norte del castillo y que los cimientos no desplantan a un nivel inferior del fondo del foso, sino apenas lo necesario para asentar la zapata. Las obras exteriores generalmente presentan menores dimensiones que la fortificación principal, pero sin duda en este caso, Félix Prósperi acentuó esta característica, tanto por sus principios teóricos como por la complejidad en el suministro de materiales.

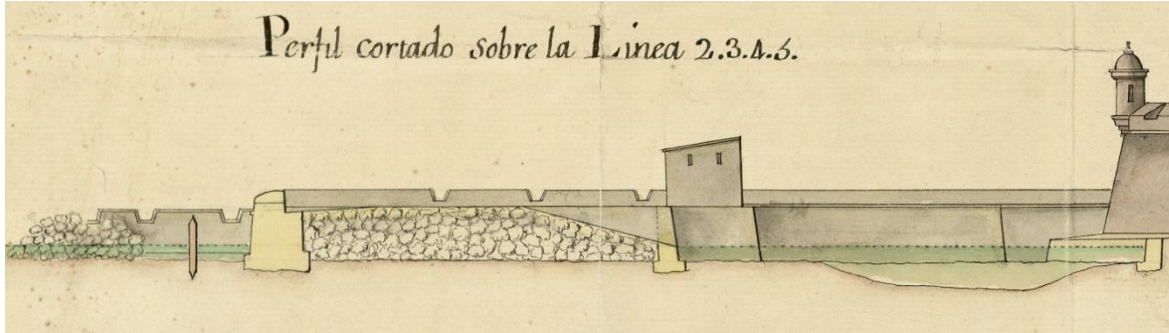


Figura 6. 6 Detalle del dibujo de la sección que corta transversalmente la batería de San Miguel en donde se representa cierto uso de materiales. Fragmento del plano de la Contraguardía en el Castillo de San Juan de Ulúa, por Félix Prósperi, 1742. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

El dibujo de la sección del perfil no representa el encamisado del terraplén, porque cabe recordar que en San Juan de Ulúa era inaccesible el uso de tierra para la elaboración de tepes, construyéndose todo el elemento como un gran basamento de mampostería, ante la imposibilidad de integrar un terraplén o relleno de tierra. Además, se representó en el plano el uso de escolleras de piedra y una estacada de madera perimetral que protegen de los embates del golpe del oleaje a la construcción de las baterías y plataformas de defensa. Prósperi debió conocer la agresividad de la fuerza del mar en este tipo de sitios por su experiencia en la región de Cádiz y Santo Domingo. Esta misma circunstancia le llevaría a representar el uso de la piedra en su forma más ordinaria; si consideramos que tanto en Cádiz existe el constante uso de piedra conchífera y en Santo Domingo se cuenta también con bancos arrecifales como fuentes de piedra, podemos interpretar que para Félix Prósperi el tema del uso de la piedra múcar de la región de Veracruz no implicó nada extraordinario, por lo que, en su obra, utilizará ese material existente tal como lo represente en su plano. No obstante, el suministro fue insuficiente para la ejecución de las obras en la ciudad, por lo que el ingeniero militar recurrió a solicitar piedra a la Habana en donde la piedra caliza es similar a la coralina.

La evidencia del uso de mamposterías con piedra muca en la construcción de sus baterías a pesar de la demolición de éstas, la encontraremos en los basamentos localizados a finales del siglo XX durante algunos trabajos de liberación y exploración arqueológica.

En el diseño de obras exteriores también encontramos la integración de un revellín, elemento recomendado en el tratado del ingeniero italiano. En el caso de Ulúa, la jerarquía se denota en su ubicación como un nodo en el eje central que corta el conjunto y vincula los brazos compuestos por parapetos y banquetas que se enlazan con las baterías en ambos extremos. A partir del revellín con capacidad para 6 cañones se podía desplazar la artillería para la defensa de los extremos, controlar visualmente la zona del norte sobre el islote y flanquear las baterías.

El tratado de fortificación de Félix Prósperi se fecha en 1744, se presentó dos años después de terminar la construcción de la contraguardía en San Juan de Ulúa, por lo que se puede considerar que la actividad constructiva en el sitio le sirvió para experimentar, reafirmar o

replantear algunos lineamientos de su nuevo método, que seguramente no se adecuan tal cual a la obra, sin embargo es probable que en la teoría se desarrollaron más, y sobre todo abarcando más tipologías para extender el método a diversos casos.

Por otra parte, sobre la actividad constructiva de Félix Prósperi también podemos destacar la construcción de los Cuarteles de Caballería extramuros de la ciudad amurallada de Veracruz. Estos cuarteles que se encuentran registrados ya en el plano de León Maffey de 1726, estaban hechos a base de madera y tejamanil, lo cual, dadas las condiciones del clima, constantemente se tenían de reparar. Prósperi es encomendado por el Virrey de Revillagigedo para ejecutar la obra con materiales de fábrica, por lo que según lo descrito por el ingeniero italiano los cuarteles se estructuraron con tres crujías en dos niveles, los cimientos, muros y pilares de las arcadas se ejecutaron con piedra, en cambio los entresijos y cubierta con bóvedas de arista de rosca de ladrillo. Con una crujía en ángulo que complementaba el conjunto se levantaron los cimientos y muros de piedra que se cubrían con viguería de madera. Esta última crujía sólo se proyectó para un nivel.

En la ciudad de Veracruz Prósperi también intervino en la reconstrucción del muelle en donde planteó su ampliación y ante la escasez de piedra, expuso la situación ante el virrey Marqués de la Ensenada quien envió una carta al Gobernador de La Habana y al ingeniero Antonio Arredondo para que solicitar los sillares en las dimensiones requeridas. De hecho, el suministro de materiales fue una problemática que también enfrentó en repetidas ocasiones el ingeniero italiano; por ejemplo, cuando realizaba la construcción de los cuarteles de caballería, a la par se edificaba el convento Betlemita, proyectado por Feringan, por lo que se extraía la piedra muca en el islote de la Gallega, hasta que se prohíbe su explotación por considerarse que vulnera la seguridad de la fortaleza a San Juan de Ulúa.

6.2.2 Los ingenieros militares de mediados del siglo XVIII

A mediados del siglo XVIII la ciudad de Veracruz ya se encontraba completamente amurallada y el Fuerte de San Juan de Ulúa se había reforzado con baterías exteriores y un camino cubierto por el frente norte. No obstante, la actividad constructiva no se podía dar por concluida, pues aún estaban pendientes algunas obras accesorias, pero, sobre todo, las condiciones del contexto natural a través de sus limitantes o por el deterioro generado a las estructuras arquitectónicas, eran los factores que hacían presente la indefensión de la plaza y la imperiosa necesidad de continuar con las labores edificatorias del puerto y la ciudad en pleno desarrollo.

Tras la salida de Félix Prósperi en 1751, llegó a Veracruz el ingeniero en jefe Carlos Luján, quien encontró en la plaza al ingeniero segundo Felipe Feringan Cortés y el ingeniero ordinario Gaspar Courseulle. Luján integró al equipo a Pedro Ponce, quien se ha señalado venía como su criado, aunque en realidad sería un excelente aprendiz que aprovechó la oportunidad para forjar su carrera en este territorio, e inició en 1754 sus labores como ayudante. A partir de 1755 se integró el ingeniero segundo Agustín López de la Cámara Alta y en 1758 arribó el primer ingeniero director, Lorenzo de Solís. Por consiguiente, entre

1758 y 1759 se alcanzó una estructura jerárquica completa con un alto nivel de capacidad técnica.



Figura 6. 7 Gráfico representativo del escalafón de ingenieros de la plaza Veracruz entre los años 1758 y 1759.

Sin embargo, a pesar de la preparación de sus integrantes de mayor jerarquía, la estructura militar de técnicos no logró caminar conjuntamente. Las razones fueron diversas, como la misma situación climática de la costa que afectó la salud de sus ingenieros, o la falta de empatía para un trabajo conjunto. La edad avanzada de Carlos Luján, sus condiciones de salud y el desplazamiento que percibió ante la llegada de Solís generaron una escasa participación en proyectos y su corta estancia en Veracruz, pues en 1759 le fue aprobada su solicitud para regresar a España³¹³. A partir de entonces, el ingeniero director Lorenzo de Solís se apoyó más de Agustín López de la Cámara Alta, quien se quedó como encargado de la plaza a la muerte del director en 1761. De esta manera, el ingeniero segundo parece ser el hilo conductor, involucrado en dictámenes, proyectos y obras de mediados del siglo XVIII. A pesar de ese panorama, en el ámbito constructivo se distinguen soluciones técnicas importantes que vale la pena destacar.

Durante 1751 la actividad constructiva se enfocaba a la edificación de los cuarteles de caballería y a la suspensión de la explotación de piedra muca en el islote de La Gallega, generada tras evaluar la afectación a la seguridad del Fuerte de San Juan de Ulúa. El arribo de Carlos Luján, ingeniero con una experiencia de 30 años en servicio del Cuerpo Real de Ingenieros Militares de la Monarquía Hispánica, propició nuevas expectativas en el mejoramiento de las defensas del principal puerto de la Nueva España.

Sobre los antecedentes de Luján se distingue que inició su labor como ingeniero extraordinario en el Real Cuerpo el 9 de mayo de 1721³¹⁴; en 1731 se le ubicaba en Longon;

³¹³ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Reales Cédulas Originales y Duplicados, Reales Cédulas Originales, Volumen 79, Expediente 59

³¹⁴ López Muñíos, *op. cit.*, p. 579

en 1736 como teniente e ingeniero ordinario en Italia y Sicilia. Un año después se encontraba en Cataluña, y realizó algunos trabajos en la región entre los que destacan los planos de Cuarteles del Castillo de Cardona. En 1747 el Marqués de la Ensenada envió al ingeniero Carlos Luján a realizar exploraciones en la antigua ciudad romana de Cartima (Málaga). Se desconoce la intención de esta actividad, pero ese mismo año, posteriormente se registra su ascenso a ingeniero segundo. En vísperas de llegar a la Nueva España, en 1751, se ha identificado su labor en algunos proyectos de Ceuta y de Málaga.

Ese mismo año de 1751 arribó a Veracruz para dirigir las obras de fortificación³¹⁵. Sin embargo, según consta en documentos del Archivo General de la Nación de México, su nombramiento³¹⁶ como ingeniero en jefe de la plaza de Veracruz se fecha en 1753 y en 1754 la asignación de su sueldo.³¹⁷ Quizá por esta razón se encuentran registros sobre sus propuestas de mejoramiento de las defensas a partir de 1755, año en que presentó un plano con el análisis para la ubicación de un nuevo muelle de la ciudad frente al baluarte de Santiago y el proyecto de dos ramales al noroeste y sureste del Fuerte de San Juan de Ulúa, para que los navíos del rey anclaran sin peligro. En este último plano también aparece la rúbrica del recién llegado Agustín López de la Cámara Alta.

El ingeniero segundo Agustín López de la Cámara Alta, tuvo una trayectoria muy productiva en la Nueva España, como resultado de sus conocimientos, experiencia y trabajo con sus mandos superiores. Algunos autores refieren su formación en el Real Colegio de Artillería de Cádiz³¹⁸, el inicio de su carrera como militar en el Regimiento de Infantería de Córdoba, su paso por el de Granada y su ingreso al Cuerpo de ingenieros el 28 de julio de 1744³¹⁹ con despacho de ingeniero extraordinario fechado el 11 de abril de 1745.³²⁰

Los antecedentes de su obra constructiva se sitúan en Andalucía, a través de su participación en proyectos para evitar el desbordamiento del río Guadalquivir³²¹. Sus propuestas para el control de este cuerpo de agua quizá fueron consideradas para su traslado a la Nueva España, específicamente a Veracruz en donde siempre eran necesarios técnicos con habilidades para la construcción en zonas expuestas al agua. López de la Cámara Alta llegó el 30 de septiembre de 1755³²² y según parece, inmediatamente colaboró con el ingeniero en jefe Carlos Luján en el Plano de la plaza de Veracruz, su castillo de San Juan de Ulúa y puerto (Figura 6.8), propuesta fechada en noviembre del mismo año, rubricada por ambos ingenieros y autorizada en 1756.

Agustín López de la Cámara Alta tuvo asignadas diversas tareas tanto en Veracruz como fuera de la plaza; sobre éstas últimas destacan para Panzacola la realización del proyecto de la batería de San Carlos (1756) y el proyecto de un fuerte de campaña (1756) que modificaba la ubicación de la propuesta anterior de Feringan Cortés; también realizó el

³¹⁵ Moncada, *op. cit.*, p.124.

³¹⁶ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Reales cédulas originales y duplicados, Reales cédulas originales, Volumen 73, Expediente 23

³¹⁷ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, General de parte, Volumen 38, Expediente 140

³¹⁸ Carrillo de Albornoz y Galbeño consultado en <http://dbe.rah.es/biografias/115012/agustin-lopez-de-la-camara-alta>.

³¹⁹ Moncada, *op. cit.*, p. 119.

³²⁰ López Muiños, *op. cit.* p. 587.

³²¹ Carrillo de Albornoz y Galbeño consultado en <http://dbe.rah.es/biografias/115012/agustin-lopez-de-la-camara-alta>.

³²² Calderón Quijano, *Ingenieros militares...*, p. 53

mapa de la desembocadura del río Soto la Marina (1758), el plano de la barra y entrada de la bahía y puerto de Santander (1758) así como el mapa general iconográfico de la Nueva Colonia de Santander (1758). Estos últimos trabajos eran parte de un encargo del Virrey Marqués de Amarillas quien en 1757 lo comisionó con José Tienda de Cuervo, para una visita de inspección a la Colonia del Nuevo Santander, en donde evaluaron los sitios de las fundaciones, demostrando la ineficacia de las proyectadas previamente. Cámara Alta analizó el territorio, hizo levantamientos detallados y buscó emplazamientos menos propensos a inundaciones en el caso de las poblaciones que necesitaran traslado, o el trazado de acequias desde los ríos para regar las tierras de labor.³²³ Por otra parte, para Campeche retomó las propuestas de un fuerte en isla de Tris, Laguna de Términos (1761, 1762) y para la Ciudad de México realizó la revisión y ajuste del proyecto de ampliación del Real Palacio (1761).



Figura 6. 8 Plano de la Plaza de Vera Cruz y su Castillo de San Juan de Ulúa... 1755. Rúbrica de Carlos Luján y Agustín López de la Cámara Alta., Fuente Mapoteca Orozco y Berra.

En la plaza Veracruz Agustín López de la Cámara Alta aparece como se ha mencionado con Carlos Luján en el proyecto del muelle de la ciudad de Veracruz (1755), quizá su participación fue mínima en el plano citado, pero concretamente trabajó en la elaboración de un presupuesto de obra, para lo cual realizó una revisión de los materiales analizando dictámenes previos de Félix Prosperi y Felipe León Maffey sobre las mejores calidades de la piedra³²⁴. Por las condiciones de la costa veracruzana, el trabajo del muelle obligaba a

³²³ Pamela Durán Díaz, *El río como eje de vertebración territorial y urbana. El río San Marcos en Ciudad Victoria, México*, (tesis doctoral), Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 2013. Consultado en: <http://hdl.handle.net/10803/146188>

³²⁴ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Obras Públicas, Volumen 29, Expediente 1.

considerar todos los aspectos y las asesorías necesarias para ser un trabajo resistente y económico.

Con la llegada de Lorenzo de Solís en 1758 como ingeniero director, se inició una nueva dinámica de trabajo en la plaza, no sólo por la configuración de la estructura organizativa de los ingenieros como se ha señalado, sino porque Solís era una persona técnicamente muy preparado con más de treinta años de servicio en el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, lo que le había otorgado una amplia experiencia en diversos recintos, entre los que destaca Barcelona, Madrid, Cádiz, Ceuta, Gibraltar, Sevilla y Guipúzcoa, así como su labor en América en Cartagena y Portobelo³²⁵. Por consiguiente, su llegada a la plaza de Veracruz implicó un mayor nivel de exigencia del militar a su equipo de ingenieros que se refleja en propuestas eficientes, precisas y detalladas con elementos de carácter constructivo, tal como el ingeniero director lo hacía en sus propios planos.

Como ejemplo de lo anterior se puede destacar que al analizar la ubicación del islote de San Juan de Ulúa en un proyecto autorizado previamente descubrió que estaba errada, por lo que encargó a Agustín López de la Cámara Alta y a Pedro Ponce trabajar en la corrección, expresando su malestar por el proceso de levantamiento con una nota dentro del propio plano en donde aparece un reclamo a Ponce por la falta del uso de la plancheta, señalando que trabajó con herramientas como si fuera albañil. Finalmente, el análisis y la corrección se representa a través de tres planos entre los cuales llama la atención un gráfico con los ángulos y grados de la ubicación del islote y puntas de La Gallega.

Durante la estancia de Solís como director de fortificaciones, Agustín López de la Cámara Alta trabajó en algunas propuestas para el Fuerte de San Juan de Ulúa como el proyecto

para la reedificación del andén noroeste (1760) en donde presenta algunos bosquejos en corte de las losas de la banquetta; también trabajó el plano del puerto y surgidero oeste (1760) en donde llama la atención la representación de las máquinas para la cimentación y anclaje de pilotes, que nos ilustra a cerca de los recursos mecánicos utilizados. A pesar de que este proyecto no se llevó a efecto, es un antecedente para la interpretación de posteriores trabajos.

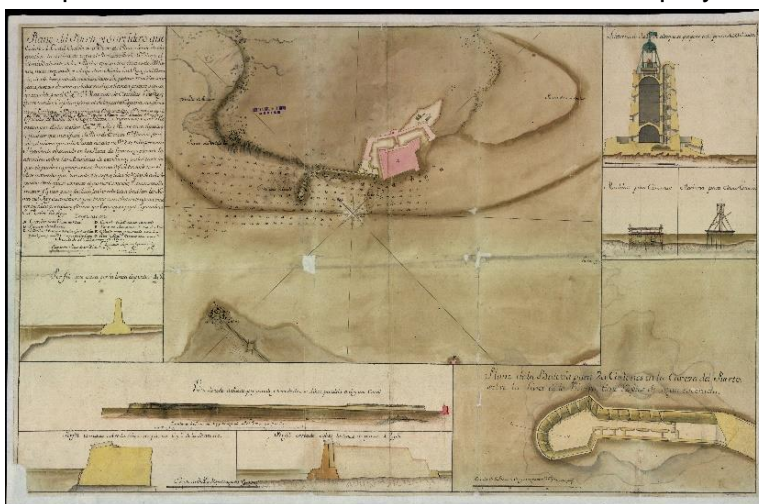


Figura 6. 9 Plano del Puerto y Surgidero que existe al O. del Castillo de San Juan de Ulúa..., 1760. Rúbrica de Agustín López de la Cámara Alta. Fuente: Archivo General de la Nación.

³²⁵ Moncada, *op. cit.*, p. 171-173

En contraste, tras el fallecimiento de Solís en 1761, se observa una menor representación de detalles constructivos en los proyectos de mejoramiento de las defensas del Fuerte de San Juan de Ulúa (1762) del Ingeniero López de la Cámara Alta. A pesar de la importancia de los trabajos que incluyen la ampliación del baluarte de San Pedro, la ampliación de la cortina noroeste hacia la plaza de armas, y la construcción del revellín de san José en el frente norte, labores que se encontraba realizando antes de su fallecimiento y que se detallarán en el siguiente capítulo. Aunque las obras no fueron representadas con detalles constructivos en sus planos, la virtud constructiva no debe ponerse en duda, pues aún se pueden destacar importantes aportaciones en lo que sería la última obra de López de la Cámara Alta:

- a) El desplanta de las obras de ampliación del baluarte de San Pedro en una zona inundada
- b) El uso de las máquinas paraincar los pilotes, que probablemente fueron las representadas en proyectos anteriores.
- c) La construcción de una obra con bóvedas de arista, lo que requería de un dominio de la geometría, dada la irregularidad del espacio por cubrir.
- d) La colaboración con el ingeniero Pedro Ponce y con el maestro mayor cantero José Camacho de Mendoza que aporta el mejor aprovechamiento de la piedra de coral con un corte en la media esfera para su colocación en hiladas regulares en muros, lo que se convierte en una técnica constructiva aplicada aun posteriormente a la muerte de Agustín López.

De esta manera, es importante considerar la participación de Agustín López de la Cámara Alta, como trascendente en las fortificaciones de Veracruz, aunque sus planos no revelen mayores datos técnicos y muchos de ellos sean reproducciones de otros autores o trabajo colaborativo con sus superiores, durante esta investigación se ha encontrado que la labor constructiva fue productiva y dejó un legado técnico principalmente en el Fuerte de San Juan de Ulúa, pues aún demolidas sus obras del revellín de San José se repitió la técnica constructiva de los muros en las obras que le sustituyeron.

Finalmente, como se ha señalado, el nivel de exigencia promovido por el ingeniero Solís fue el factor que propició considerar la importancia de las soluciones técnicas en la ejecución de los proyectos. Lamentablemente la edad avanzada del ingeniero Lorenzo de Solís y las condiciones climáticas de Veracruz afectaron su salud, que concluyó con su fallecimiento en 1761. No obstante, de su conocimiento y habilidad constructiva se tienen importantes planos, como el que se refiere a la propuesta 3 de un murallón, en donde representa la

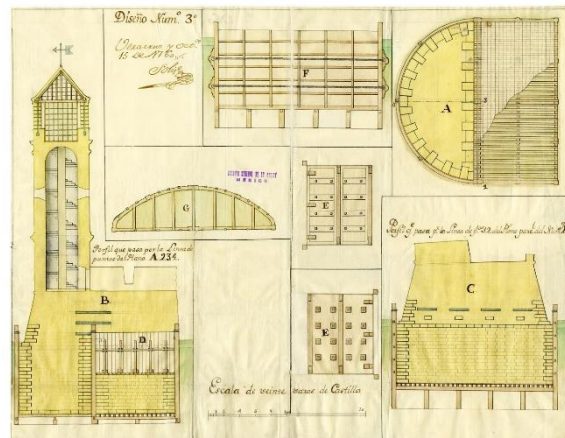


Figura 6. 10 Plano del Diseño Número 3 para San Juan de Ulúa, 1760. Rúbrica de Lorenzo de Solís. Fuente: Archivo General de la Nación

cimentación con pilotes y el enrejado de madera que da unidad al conjunto y permite una base de apoyo a la sillería.

Esta solución constructiva debió ser la mejor para Veracruz, pues en la propuesta para la rehabilitación del muelle de la ciudad presenta el proyecto en tres planos que muestran el detalle de cimentación, dique con cajones para el trabajo en agua y una aproximación a la forma y ensamblaje de las piezas para su eficiente trabajo.

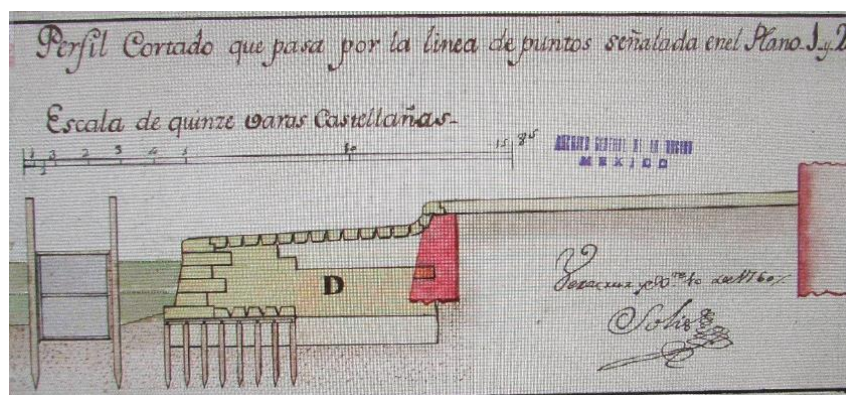


Figura 6. 11 Fragmento del plano que muestra el proyecto rubricado por Lorenzo de Solís para las reparaciones de la rampa del muelle de la ciudad de Veracruz. 1760. Fuente: Archivo General de la Nación.

6.2.3 Ingenieros militares en la segunda mitad del siglo XVIII

La “Guerra de los siete años” (1756-1763) entre España e Inglaterra, mantuvo en alerta constante al virreinato de la Nueva España, sobre todo cuando en 1762 fue tomada La Habana. Este acontecimiento afectó considerablemente a la Monarquía Hispánica, porque la ciudad de La Habana también era el puerto principal de la Capitanía General de Cuba, y su importancia geográfica y estratégica era fundamental en la movilidad de mercancías por el Caribe, por lo que la posesión de los ingleses tuvo repercusiones no sólo en la pérdida de un territorio, sino en la dinámica política y comercial. Esta situación replicaba el temor de una invasión hacia otras plazas claves en la conectividad de las rutas comerciales, como San Juan de Ulúa en Veracruz.

Tras la negociación de España con Inglaterra, La Habana fue recuperada el 6 de julio de 1763, pero la sensación de vulnerabilidad permeó a todo el reino español durante las siguientes décadas, por lo que se emprendieron diversas acciones en sus territorios. El ambiente en Nueva España fue de una constante zozobra durante la segunda mitad del siglo XVIII, sabiendo que tenía que prepararse por si el enemigo optaba por atacar en cualquier momento al virreinato, y principalmente al puerto de San Juan de Ulúa, el único autorizado para el flujo comercial al viejo continente. Así, la plaza se encontraba como la preocupación central del virrey, de sus militares y de sus ingenieros.

Ante la necesidad de proteger las posesiones de la Corona Española, la plaza se reforzó a través de la reorganización de sus milicias y con un equipo de ingenieros encargados de mejorar las defensas existentes. Así, la segunda mitad del siglo XVIII se caracteriza por una intensa actividad, la plaza cuenta con un mayor número de militares y eso conlleva a una mayor producción de trabajos a través de reconocimientos, informes, proyectos, obras y presupuestos para consolidar un sistema defensivo veracruzano. Aunque diversas propuestas no se construyeron, es indudable que son un legado de su preparación técnica. En cuanto a las obras ejecutadas, las nuevas edificaciones integraron tipologías de la arquitectura militar moderna, basadas en la tratadística y los saberes académicos de la época; otras edificaciones sustituyen o mejoran las fortificaciones existentes, con propuestas acorde a la técnica militar, por lo tanto, el conjunto de trabajos realizados durante este periodo es el más reconocido en nuestro territorio, pues a pesar de la gran pérdida de patrimonio militar, entre las pocas obras que se conservan la mayoría corresponden a la segunda mitad del siglo XVIII o presentan una etapa constructiva de este periodo tan representativo del virreinato.

A finales de 1764 el Fuerte de San Juan de Ulúa reunió al mayor número de ingenieros militares de su historia. En principio la plaza tenía a Manuel de Santistevan, como ingeniero director, Felipe Feringan Cortés, ingeniero en jefe, Ricardo Aylmer ingeniero segundo, Pedro Ponce, ingeniero extraordinario, Antonio Docel y Gaspar de Casasola, como los técnicos designados a atender las obras; sin embargo, para el rey Carlos III, era primordial optimizar las defensas antes los riesgos por los conflictos bélicos con Inglaterra, por lo que en noviembre de 1764 arribó el militar Juan de Villalba, comisionado para organizar al ejército novohispano, quien incorporó además de un gran número de militares, un nuevo equipo de ingenieros militares encabezado por Miguel del Corral como ingeniero segundo, a los ingenieros ordinarios Antonio Exarch y Nicolás Latorra, así como los delineadores Joseph González, Miguel Constanzo y Francisco Fersen. Aunque la idea de Villalba era que el nuevo grupo tuviera un desempeño independiente del ingeniero director, de alguna manera las actividades obligaron al trabajo conjunto en algunos de ellos, y más tarde a desempeñar su labor en otras plazas, pues estos ingenieros tenían que materializar la estrategia defensiva de la Corona Española.

En consecuencia, a partir de 1764, las fortificaciones de Veracruz contaban con el grupo de ingenieros militares, que permitió el desarrollo de un abanico de actividades enfocadas al mejoramiento de las defensas del territorio novohispano en las siguientes décadas, destacando en el proceso de gestión de proyectos y obras los nombres de Manuel de Santistevan y Miguel del Corral, a los que se sumarían la intervención de otros ingenieros de apoyo que ganaron sus atribuciones por la eficiencia de su desempeño, como Ricardo Aylmer, Pedro Ponce y Segismundo Font.

Manuel de Santistevan contaba con una amplia experiencia en la milicia y conocimiento científico de la época moderna; entre sus antecedentes se ubica su ingreso al Cuerpo Real de Ingenieros Militares desde 1726 y al Ejército de Cataluña en 1731; en 1739 estuvo asignado como ayudante del director general de la Academia de Fortificación de Barcelona,

don Pedro Lucuze³²⁶, con quien colaboró en la clase de matemáticas durante 13 años. Después de su labor académica, fue destinado a trabajar en obras de Málaga, Cartagena, Orán y Cádiz. En Veracruz, después de la muerte del ingeniero Lorenzo de Solís en 1761, Manuel de Santistevan llegó asignado como ingeniero director en 1763, coincidentemente en ese mismo año se registró el deceso de Agustín López de la Cámara Alta, ingeniero segundo quien dirigía las obras de ampliación en la fortaleza de San Juan de Ulúa y principal ejecutor de las actividades de mediados del siglo.

La relevancia del ingeniero director se impuso no sólo por su jerarquía, sino por sus habilidades en el arte de la fortificación. Santistevan realizó importantes proyectos para las tres fortificaciones representativas de la arquitectura militar en nuestro estado: la ciudad de Veracruz, el Fuerte de San Juan de Ulúa y el Fuerte de San Carlos de Perote, cuyas propuestas correspondiendo a las políticas defensivas de la corona y a sus propios criterios para el mejoramiento de las defensas. Asimismo, elaboró proyectos específicos para un almacén de maderas (1764) y el hospital de San Joaquín, María y José (1767), en la ciudad de Veracruz, así como algunos proyectos de obras defensivas en el litoral costero.

En el proyecto para el nuevo revellín de San José para el Fuerte de San Juan de Ulúa (1764, 1765), Santistevan analizó las condiciones de las defensas y desde 1764 señaló la necesidad de mejorar las obras exteriores de la fortaleza, a pesar de que habían sido concluidas recientemente. El ingeniero director realizó un análisis del revellín de San José, la capacidad defensiva según sus dimensiones, el alcance de sus ángulos y sus tiros de cañón, por lo que concluyó que no era suficiente para dar una correcta defensa. El revellín con orejones era formalmente estético y constructivamente estable, sin embargo, Manuel de Santistevan como profesor en la Academia de Fortificación de Barcelona tenía el conocimiento claro de las reglas y parámetros de la tratadística militar, lo que le daba los argumentos para defender su criterio. De manera que la obra precedente dirigida por Agustín López de la Cámara Alta, junto con Pedro Ponce y el maestro mayor José Camacho de Mendoza, fue sustituida por un nuevo diseño de Santistevan definido con mayor detalle en un plano de 1765. Esta fue una de las primeras acciones en que se demostraba la importancia del manejo de saberes científicos en los ingenieros militares. Cabe recordar que a pesar de la experiencia de López de la Cámara Alta y la de Pedro Ponce, quien se había formado como voluntario a partir de su llegada en 1754 con Carlos Luján, sus conocimientos en las diferentes obras eran menores a la preparación técnica de Santistevan. Finalmente, en el Plano del castillo de San Juan de Ulúa en el actual estado con el proyecto acordado por la Junta de Generales en octubre de 1765 que se ejecuta y el aumento que se propone como esencial y preciso para su vigorosa defensa (1766) queda autorizada la obra que sustituye el revellín de López de la Cámara Alta, así como el mejoramiento de los baluartes y cortinas de la fortaleza.

³²⁶ Pedro Lucuze (1692-1779) Ingeniero militar y tratadista, director de la Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona entre 1736 y 1779, logró un desempeño trascendental para la formación de los futuros ingenieros a través de la organización de textos que concluirían en tratados de arquitectura militar moderna.

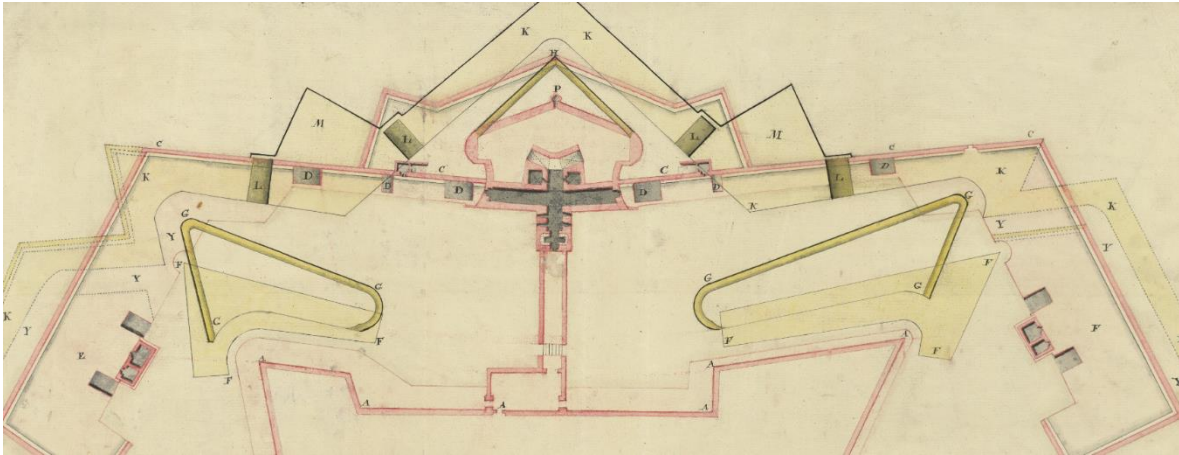


Figura 6. 12 Fragmento del plano en se muestra la primera propuesta de corrección del revellín de San José por Manuel de Santistevan, fechado en 13 de febrero de 1764. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España

En 1765 también elaboró tres proyectos para la ampliación y mejoramiento de las defensas de la ciudad de Veracruz (1765). Estas propuestas distinguidas como modo 1, 2 y 3 plantearon opciones a la ampliación de la muralla de la ciudad, aumentando las dimensiones de sus baluartes y puertas, pues las consideró de poca protección por las dimensiones que hasta ese entonces guardaban, la muralla tenía una vara de alto de mampostería y dos varas de altura de estacas de madera. Los planos estuvieron acompañados de sus respectivos presupuestos.

En 1766 Santistevan presentó el *Plano de la Ciudad de Veracruz, sus contornos inmediatos para la inteligencia del presente estado, en que se hallan sus fortificaciones con Proyecto de Ciudadela...*, el plano señala todas las fortificaciones existentes, tanto las que se estaban ejecutando como las propuestas entre el arrecife de la Caleta y la punta de Mocambo. La idea de situar una ciudadela en la Caleta tenía su antecedente con Jaime Frank a finales del siglo XVII, sin embargo, resulta interesante la propuesta de Santistevan pues su diseño con baluartes, medios baluartes, edificios militares, casamatas y revellines corresponden con un trazo de perfecta geometría y simetría, acorde a las máximas del diseño de la fortificación abaluartada. De esta propuesta se desprenden los proyectos de una batería en Mocambo y un fuerte en los hornos de don Diego Rico, plano de 1768, cuya

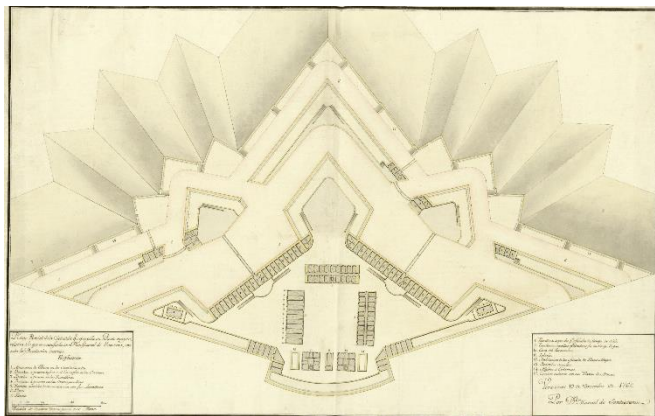


Figura 6. 13 Plano parcial de la ciudadela que se proyecta en la punta de La Caleta de la Ciudad de Veracruz, 1766. Manuel de Santistevan. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

obra quedó suspendida en 1769³²⁷, cuando la Corona decidió no invertir en mejorar las defensas de la ciudad de Veracruz y su costa, sino construir una obra accesoria en un punto estratégico del camino real que conducía a la capital de la Nueva España.



Figura 6. 14 Plano en grande del Fuerte que se proyecta relativo a... en uno de los Hornos de Don Diego Rico..., 1768, Manuel de Santistevan. Fuente: Archivo General de la Nación.

En consecuencia, Manuel Santistevan elaboró el proyecto para la construcción de un fuerte en Perote, que fungiera como almacén de pólvora y para el acantonamiento de tropas que pudieran responder ante una posible invasión del enemigo. La propuesta fue aprobada iniciando en 1770 la construcción del Fuerte de San Carlos, cuyo diseño corresponde a una

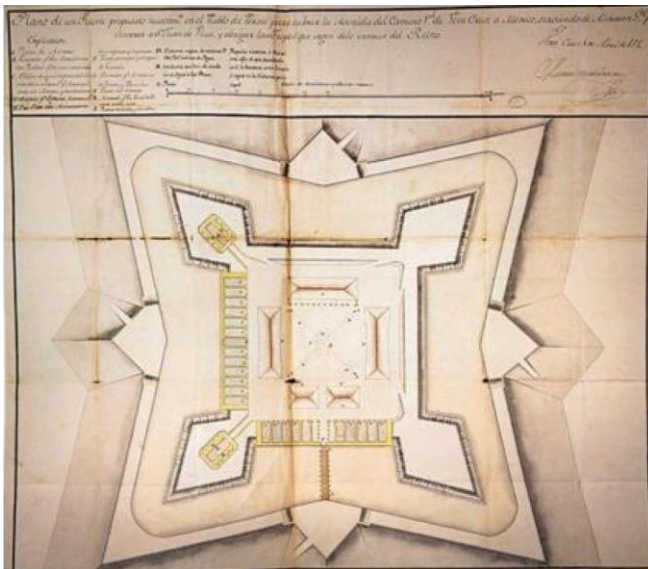


Figura 6. 15 Plano de un Fuerte propuesto nuevamente en el Pueblo de Perote, 1770, Manuel de Santistevan. Fuente: Archivo General de Indias.

tipología de fortificación abaluartada regular por la geometría y trazo de su planta cuadrada, definida por cuatro lienzos de muralla y 4 baluartes con sus garitas en los ángulos capitales, un foso seco, contramuralla y glacis. Asimismo, al interior las cuatro cortinas que conforman la fortificación se integraron casamatas abovedadas. Dos de los baluartes se plantearon rellenos completamente y dos incluían un almacén de pólvora. El recinto amurallado también incluyó cuatro edificios militares desplantados paralelamente a sus cortinas y separado de éstas por las calles militares. Entre los edificios se ubicaban los pasos de circulación a la plaza de armas situada al centro del

³²⁷ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2460.

recinto. La obra de una simetría perfecta es un ejemplo de ingeniería militar moderna ejecutada entre 1770 y 1775, con mejoras en 1777 y 1786.

A pesar de que Santistevan estuvo en Perote dirigiendo las obras de fuerte, se mantuvo en constante ejercicio de sus funciones como ingeniero director de fortificaciones de la Nueva España, de modo que siguió contribuyendo con proyectos al reforzamiento de las defensas. En 1771 elaboró el plano de un fuerte de planta cuadrada para defender el fondeadero de la punta de Antón Lizardo; en 1772 un proyecto de corrección que consideraba indispensable para el Castillo de San Juan de Ulúa. Posteriormente con la llegada de Agustín Crame a la plaza de Veracruz, en 1774 a través de una junta por real orden del Rey, se definió un proyecto de mejoramiento del Fuerte de San Juan de Ulúa, en el cual se reflejaron las propuestas de Crame sobre el refuerzo de las defensas exteriores, y las ideas de Santistevan sobre cortaduras interiores y perfeccionamiento de los baluartes. Este proyecto se autorizó y aunque no se ejecutó completamente, un plano de 1778 de Santistevan nos da idea de los avances alcanzados 4 años posteriores a su aprobación.

Una vez finalizada la obra de San Carlos de Perote en 1775, la actividad del ingeniero director se concentró en San Juan de Ulúa, para darle seguimiento al proyecto de 1774. Se ampliaron y perfeccionaron los baluartes de Santiago, Nuestra Señora de la Soledad, San Pedro y San Crispín, se amplió la cortina del sur, que corresponde al muro de las argollas, con bóvedas al interior, se edificó la casa del castellano. En las obras exteriores se construyó el luneto de Nuestra Señora del Pilar y el de Santa Catarina. Seguramente Santistevan estuvo definiendo los detalles del proyecto hasta sus últimos días de vida en 1783, año en que se registra su fallecimiento el 26 de septiembre. Las obras de mejoramiento de Ulúa se dieron por concluidas prácticamente en 1785, dos años después de la muerte de Santistevan.

Cabe destacar que, tras la muerte de Santistevan, se quedó al frente de la plaza Miguel del Corral quien concluyó las obras y fuera pilar esencial en el desarrollo de las fortificaciones desde su llegada a Veracruz en 1764. Su desempeño fue significativo tanto por sus reconocimientos geográficos y proyectos defensivos, como por sus labores como ingeniero del detall³²⁸ en las obras del Fuerte de Perote y en San Juan de Ulúa. Sobre los antecedentes de Miguel del Corral se ha señalado el inicio de sus servicios en el año 1746, su formación en la Academia de Matemáticas de Barcelona³²⁹ y su ingreso en el Real Cuerpo de Ingenieros Militares a partir de 1750³³⁰. Las referencias sobre su labor destacan su trabajo en zonas costeras pertenecientes al Reino de Murcia³³¹ y Andalucía. Realizó reconocimientos del litoral entre Murcia y Granada, que se complementaron con el planteamiento de proyectos defensivos; posteriormente era encargado de obras en Cádiz. Su habilidad para el trabajo a escala territorial le abrió las puertas para continuar bajo esa

³²⁸ La designación de *ingeniero del detall* implicaba que el ingeniero quedaba a cargo del control administrativo del personal y materiales en la ejecución de una obra, por lo tanto, entre sus funciones estaban el registro de asistencia de los operarios, la organización de los frentes y cuadrillas de trabajo, control de pedidos, suministro y uso de materiales, definir los importes por jornales de trabajo y el visto bueno para los pagos a asentistas. El *ingeniero del detall* elaboraba estados generales de las obras con sus gastos por periodos determinados: semanales, mensuales o semestrales y reportaba constantemente al ingeniero director la situación de la obra.

³²⁹ Carrillo de Albornoz y Carreño "Miguel del Corral y Horobio" en *Diccionario Biográfico electrónico*, Real Academia de Historia 2018, consultado en <http://dbe.rah.es/biografias/52771/miguel-del-corral-y-horobio>

³³⁰ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2470.

³³¹ Moncada, *op. cit.* p. 66

línea en el contexto veracruzano. De manera que Miguel del Corral es identificado principalmente por sus magníficos reconocimientos de las costas del Golfo de México y los caminos reales a la Ciudad de México. Elaboró informes de las defensas de barlovento y sotavento, así como mapas y planos de proyectos para baterías de costa.

En 1766 Miguel del Corral realizó el reconocimiento detallado de las costas del Golfo de México y los dos caminos reales Veracruz – México, registrando la información recopilada en dos memorias: la primera se refería al emplazamiento de las costas y la segunda a las dos rutas de Veracruz a México, es decir, registró el camino que pasaba por Orizaba y el camino por Xalapa. A su vez, la información quedó plasmada gráficamente en el *Mapa de una porción de las Costas del Seno Mexicano comprendido entre la Barra de Alvarado, á Sotavento de la Plaza de la Vera-Cruz y el Cabo de Puntilla de piedras á Barlovento de la misma Plaza; incluso el terreno interior hasta Jalapa y villa de Cordova*. Su conocimiento técnico de la geografía veracruzana propició que fuera la persona idónea para distinguir las mejores canteras y sitios en donde ubicar las fábricas de ladrillo y hornos de cal que suministrarían el material de construcción de las obras de fortificación, por lo que en el mismo año de 1766 exploró Tlacotalpan y sus cercanías al río Tonto, y en 1767, a Alvarado.

Su trabajo inicial de reconocimiento territorial continuamente sería mejorado y se extendería hacia otras regiones. En 1771 junto con Agustín Crame, realizó levantamientos en la barra de Alvarado y Coatzacoalcos, también concretada en la escritura de una relación de las condiciones de esa región. En 1771 elaboró el proyecto de fortificación para Antón Lizardo y junto con Santistevan un Mapa del Seno Mexicano de Alvarado a Puntilla. Durante 1773 presentó planos de la costa de barlovento y sotavento, a los que posteriormente sumaría sus planos de levantamiento y proyectos defensivos de la barra de Alvarado de 1776, 1777 y 1778. Nuevamente con Agustín Crame realizó en 1778 el proyecto para un canal interoceánico en el Istmo de Tehuantepec que seguramente estaba basado en el reconocimiento de los ríos y montes contiguos desde Alvarado y Coatzacoalcos hasta la Provincia de Tehuantepec, realizado en 1776 con el Capitán de Fragata Joaquín de Aranda. En 1780 elaboró un proyecto para el puente del río de La Antigua Veracruz, y en 1784 el proyecto para el abastecimiento de agua de la Nueva Veracruz desde el río Xamapa, que tiene su antecedente en la propuesta del ingeniero Luis Bouchard de Becour de 1704.

Como se observa, las habilidades de Miguel del Corral direccionaron su labor a continuos desplazamientos y reconocimientos en la escala regional, lo que le abrió la posibilidad de extender sus lecturas a otras zonas de la Nueva España como San Blas, Matanchel y Chacala en las costas del Pacífico³³². En consecuencia, se aprecian dos constantes que distinguen el perfil profesional del ingeniero: su trabajo en la escala regional de los territorios y su especialización para la lectura de zonas costeras o pluviales.

Por otra parte, a escala arquitectónica, la elaboración de proyectos particulares para las baterías de Alvarado, Antón Lizardo, Coatzacoalcos, nos indica su conocimiento sobre las tipologías de fortificación moderna. No obstante, arquitectónicamente destaca su labor como ingeniero del detall durante la ejecución de las obras de San Carlos de Perote (1772) y San Juan de Ulúa (1777-8). Por consiguiente, las virtudes del ingeniero Miguel del Corral

³³² Moncada, *op. cit.* p. 67.

sobre su trabajo a escala regional, se complementan con las habilidades para el control y administración de las obras a escala arquitectónica.

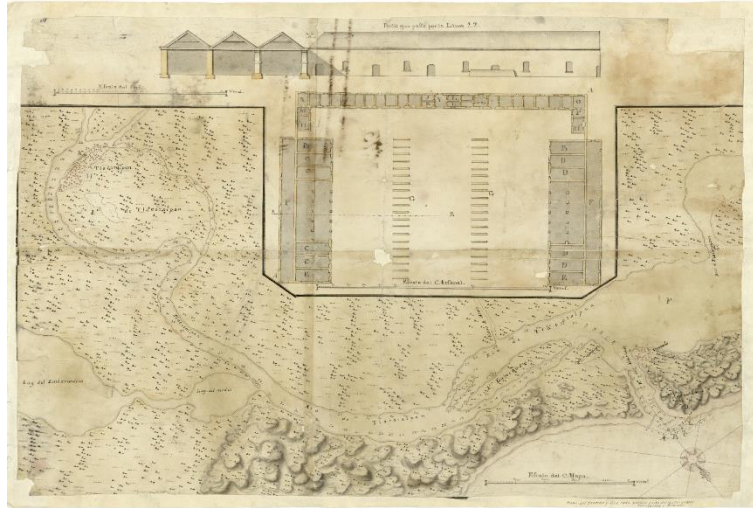


Figura 6. 16 Plano del Terreno entre la Barra de Alvarado y Tlacotalpan, con la planta y perfil del arsenal por Miguel del Corral, 1777. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

La eficiencia de su desempeño le llevó a ámbitos políticos, por lo que también incursionó en actividades con mayor rango de control. En 1781 fue asignado como teniente del Rey con sede en San Juan de Ulúa, este cargo le ubicaba en un mando segundo de la plaza. Entre 1782 y 1786 fungió como gobernador interino de la plaza Veracruz, lo que le llevaba a dirigir y coordinar no sólo los temas constructivos sino militares y administrativos. Entre 1790 y 1793 alcanzó el puesto de intendente de la provincia de Veracruz, lo que demuestra el alto nivel de mando y eficiencia administrativa de Miguel del Corral.

Las labores a gran escala de Miguel del Corral y la ideación de proyectos de Manuel de Santistevan llevó a deslindar la ejecución de obras determinadas a otros ingenieros de la plaza. Así, el caso de Ricardo Aylmer quien trabajó en la ciudad amurallada, en 1763 reportó la reconstrucción de los merlones del Baluarte de la Pólvora, la construcción de un parapeto en el Cuartel de Dragones y la construcción de un cuerpo de guardia en la Puerta México, así como la habilitación de cuatro casas para cuarteles de infantería, las cuales fueron rentadas para tal fin.

Segismundo Font, se quedó a cargo de las obras de San Juan de Ulúa entre 1771 y 1773 mientras Manuel de Santistevan y Miguel del Corral estaban llevando la obra de San Carlos de Perote. Durante ese periodo, el ingeniero Font, construyó la cortadura interior de San Fernando, obra conformada por una secuencia de locales cubiertos de bóvedas de cañón corrido, que fue modificada durante la ocupación de San Juan de Ulúa como arsenal militar (1892) y cuyos testimonios de la secuencia de vanos en perspectiva son uno de los

espacios predilectos para las tomas fotográficas del fuerte en la actualidad. El ingeniero militar Segismundo Font también se encargó de obras en la ciudad de Veracruz, como la colocación de una puerta en el acceso por mar (1772), las reparaciones de la muralla entre el tramo del baluarte de Santiago al muelle (1775-76).



Figura 6. 17 Vista actual del interior de la cortadura de San Fernando en el Fuerte de San Juan de Ulúa.

Otro de los personajes que destacan por su labor es Pedro Ponce, quien desarrolló su formación técnica fundamentalmente como ingeniero en territorio novohispano, a diferencia de los demás militares que se prepararon en la Academia de Barcelona u otros centros de enseñanza europeos. Aunque Ponce era originario de España y sus actividades precedentes le sitúan en los presidios africanos y el puerto de Málaga antes de su llegada a San Juan de Ulúa en 1754³³³, su pertenencia al Cuerpo Real de Ingenieros Militares se evidencia hasta 1757³³⁴ cuando ya se encontraba en las fortificaciones veracruzanas. La falta de datos sobre su formación académica y algunas notas sobre su ejercicio conducen a considerar que su aprendizaje fue adquirido a través de los ingenieros con quienes colaboró, además de su autodisciplina de estudio, su buena disposición para el trabajo y la práctica desempeñada durante las primeras décadas manteniendo un bajo perfil que le llevó a incursionar en casi todas las obras de forma directa.

³³³ Calderón Quijano, *Ingenieros militares...*p. 55

³³⁴ López Muiños, *op. cit.* p. 592

De esta manera su trayectoria en Nueva España entre 1754 y 1797 el año de su fallecimiento le proporcionó la oportunidad de compartir la plaza con aproximadamente 27 ingenieros militares en diferentes momentos. En principio, destaca Francisco Luján, ingeniero en jefe con quien colaboró en Málaga y sirvió a su llegada a Veracruz³³⁵. Posteriormente existen referencias de que impartía una clase de matemáticas, y entre sus alumnos estuvo Diego Panes, otro militar formado en nuestro territorio. A pesar de los conocimientos que Ponce pudiera tener a su llegada, la práctica y seguimiento de los ingenieros de mayor rango debieron ser su mayor enseñanza. Durante 1758 cuando se encontró bajo las órdenes del primer ingeniero director Lorenzo de Solís y colaboraba con Agustín López de la Cámara Alta, llama la atención una nota en el *Plano de operaciones para ubicar la construcción de un murallón para San Juan de Ulúa en la punta del Soldado de la Gallega*, en donde alguno de sus superiores remarcó un error en la ubicación del arrecife por el uso de herramientas de madera por parte de Ponce “como si fuera albañil”, en lugar de la plancheta, instrumento para la ejecución de levantamientos. Con ello, podemos entender que, a escasos cuatro años de su ejercicio en la plaza, Ponce tenía la mejor disposición para los trabajos solicitados, pero no el conocimiento de los métodos aplicados por la mayoría de los ingenieros.

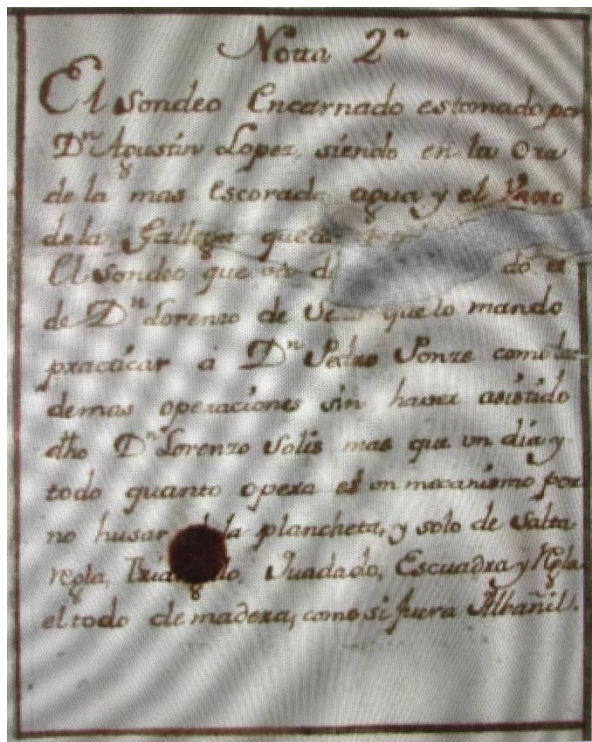


Figura 6. 18 Nota 2 incluida en Plano de construcción del murallón en el Castillo de San Juan de Ulúa, a la puerta [sic] del Soldado, 1758. Fuente: Archivo General de la Nación.

No obstante, Pedro Ponce continuó aprendiendo en el ejercicio de su desempeño y colaboró cercanamente con Agustín López de la Cámara Alta y el maestro cantero José

³³⁵ Calderón Quijano señala que Pedro Ponce llegó a Veracruz en calidad de criado del Ing. Francisco Luján. Calderón Quijano, *Ingenieros militares...*p. 55

Camacho de Mendoza en la ampliación del baluarte de San Pedro y la construcción del primer revellín de San José (1762-63) en San Juan de Ulúa, labor que debió proporcionarle mucho aprendizaje al ver sistemas de cimentación con pilotaje y embarenjado en agua, desplante de muros con piedra muca mejorando su aplicación en base a su técnica de corte, cimbrado y construcción de bóvedas de arista sobre espacios irregulares, rellenos de bóvedas a prueba de bomba, hormigón de cal y construcción de parapetos. La experiencia adquirida en estos trabajos contribuyó a que, tras la llegada de Manuel de Santistevan como ingeniero director, a pesar de que decidiera sustituir el revellín de San José, mantuvo a Pedro Ponce en las obras de San Juan de Ulúa, entre otros encargos.

Pedro Ponce estuvo en el mejor momento de la arquitectura militar en Veracruz, por lo que trabajó al lado de Manuel de Santistevan y Miguel del Corral. Entre 1773 y 1775 se destinó a las obras del Fuerte de San Carlos de Perote en donde adquirió diversos conocimientos sobre las tipologías militares y el trazo y construcción de bóvedas. En 1777 realizó un plano para las casamatas de apoyo al fuerte que corresponden con la tipología que se manejaba en los principales tratados de fortificación moderna para los almacenes de pólvora como *Escuela de Palas ó curso matemático* de José Chanfrión (1763), o bien de Béliador el tratado *La ciencia de los ingenieros* (1729). Con lo anterior cabe suponer, que además de la asesoría de sus técnicos superiores, seguramente también contó con el apoyo bibliográfico de sus tratados³³⁶. La habilidad desarrollada para enfrentar los trabajos constructivos fue considerada también para comisionarle en 1786 la rehabilitación de las cubiertas del Fuerte de San Carlos de Perote, concluida en 1787.



Figura 6. 19 Imagen del estado actual de uno de los almacenes de pólvora ubicados en la comunidad de Francisco I Madero, en las cercanías a Perote. 2017.

³³⁶ Las propuestas de las casamatas reflejan la tipología de almacenes de pólvora del tratado *Escuela de Palas ó curso matemático* de José Chanfrión (1763), o la manejada por Béliador en su tratado “*La ciencia de los ingenieros*” (1729), pero sobre todo al incluir las garitas en dos vértices de la planta, la propuesta semeja los proyectos de Miguel Marín Truq para los almacenes de pólvora de Barcelona (1731) y Tortosa (1732), lo que hace indudable las asesorías recibidas por Santistevan en el proyecto de los polvorines.

Entre otros trabajos de Ponce se encuentra en 1777 el Proyecto de la Real Fundición de Artillería Permanente en Orizaba, Ver.; intervenciones en las obras del Real Desagüe en el Lago de Texcoco entre 1782 y 1783, y para 1784 se encontraba trabajando en las obras de fortificación de Acapulco cuando se le solicita que se reintegre a San Juan de Ulúa, ante el fallecimiento de Manuel de Santistevan en 1783. Así regresó a la plaza para encabezar y coordinar a los nuevos ingenieros y de apoyo a Miguel del Corral, cuya carreta política iba en ascenso.

Para 1789 Pedro Ponce ya se distingue como ingeniero en jefe y en 1792 sustituyó a Miguel del Corral como gobernador militar de la plaza Veracruz, ante la enfermedad del ingeniero director, quien falleció en 1794 y por tanto ocupó su puesto de ingeniero director oficialmente a partir de 1795. En su labor como director de las obras de fortificación Ponce hizo traer desde la capital de la Nueva España a los ingenieros Manuel Agustín Mascaró y Miguel Constanzó. En esta decisión se aprecia que Ponce intentaba conformar un equipo de ingenieros de gran habilidad constructiva para dar continuidad a los proyectos de mejoramiento de defensas y edificación de obras civiles en la intendencia de Veracruz, tal como a él le había tocado en el mayor auge de las obras militares, sin embargo, no logró su cometido pues la muerte alcanzó a Ponce en 1797.

Después de la muerte de Pedro Ponce la dirección de las obras de fortificación quedó en el ingeniero Miguel Constanzó, quien se apoyó del Ingeniero Manuel Agustín Mascaró. Además, la dinámica constructiva se estaba transformando porque los requerimientos tornaban sobre obras de vías de comunicación y civiles, lo que llevó a los ingenieros a desarrollar diversos reconocimientos de las condiciones de los caminos, puentes, muelles y puertos, así como obras de infraestructura. Aunado a ello, la ciudad de Veracruz estaba creciendo y surgieron los primeros planteamientos de una ampliación, como el desarrollado por Manuel Agustín Mascaró.



Figura 6. 20. Proyecto de ampliación de la ciudad amurallada de Veracruz por Manuel Agustín Mascaró y Miguel Constanzó, 1800. Fuente: Archivo General de Indias.

6.3 Obras de arquitectura militar

Como se ha señalado anteriormente, a partir de la llegada de integrantes del Real Cuerpo de Ingenieros Militares se organizaron los conjuntos de defensivos con una mayor visión estratégica de protección en costa y sobre los caminos reales que vinculaban el puerto de San Juan de Ulúa y la ciudad amurallada de Veracruz con la capital de la Nueva España. Se analizaron las problemáticas más recurrentes y se procedió a la realización de reparaciones o modificaciones para mejorar las estructuras de las fortificaciones existentes, siempre acorde al arte militar de la época, en consecuencia, se consolidan las tipologías abaluartadas que desde el siglo XVII habían aparecido en la ciudad amurallada y en la Fortaleza de San Juan de Ulúa, pero que habían tenido como principal atenuante las condiciones del medio y la falta de materiales constructivos.

Además, se amplió el repertorio tipológico con nuevos programas y se construyeron edificaciones importantes como el Fuerte de San Carlos en Perote, almacenes de pólvora, atarazanas, hospitales, cuarteles y baterías, en un lapso relativamente corto, a comparación de las obras que lentamente de habían ejecutado y que muchas veces aún no se concluían cuando ya era necesario darles mantenimiento, como el caso de la muralla de la ciudad de Veracruz.

La actividad constructiva fue intensificándose a lo largo del siglo XVIII como ya no los han podido mostrar la intervención de sus ingenieros militares. La mayor dinámica se generó a partir de la década de los sesenta cuando la cantidad y el nivel de preparación de sus ingenieros se presenta como un factor importante para el desarrollo de la arquitectura militar, limitado ahora más que por el medio, por la toma de decisiones de la Corona en función a los recursos económicos que destinaría a las obras. No obstante, el devenir del siglo presenta diversas obras, reparaciones y ampliaciones de una arquitectura que consolidó el carácter defensivo de la región, por lo que se considera importante tener una perspectiva del patrimonio militar edificado a lo largo del siglo XVIII.

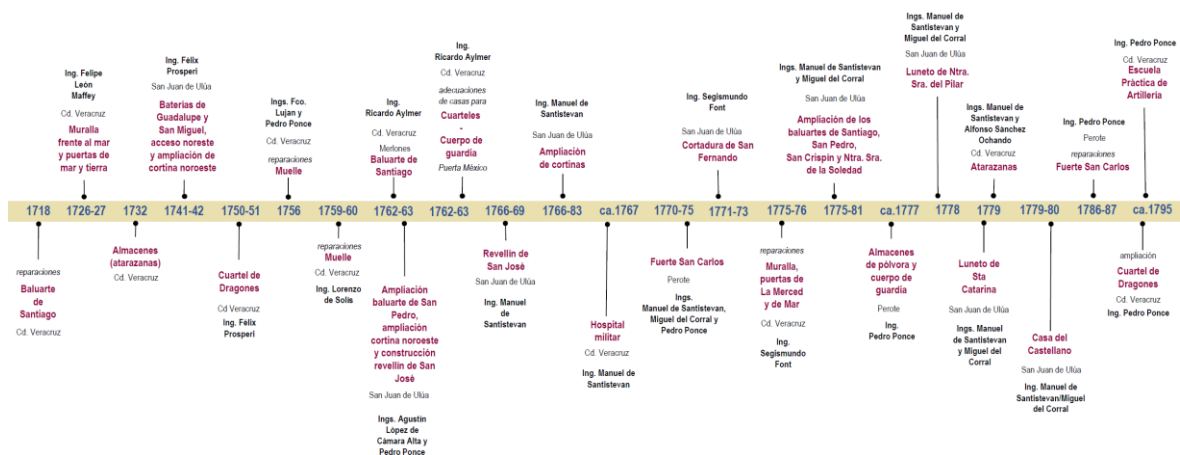


Figura 6. 21 Línea de tiempo sobre las construcciones militares durante el siglo XVIII. Gráfico de Gladys Martínez.

6.3.1 Perfeccionamiento del Fuerte de San Juan de Ulúa

La principal obra militar de Veracruz ha sido desde el siglo XVI el Fuerte de San Juan de Ulúa sobre el islote arrecifal de La Gallega. El conjunto desde sus orígenes hasta principios del siglo XX estuvo constituido por diferentes etapas constructivas cuyo mayor auge se desarrolló durante el siglo XVIII en la búsqueda de corresponder con las máximas del arte de la tipología militar abaluartada (Figura 6.23). Sin lugar a duda, el detonante de la mayor transformación moderna fue el ingeniero Jaime Franck quien a finales del siglo XVII superó las limitantes de las fábricas en agua en el terreno arrecifal por lo que alcanzó a cerrar el recinto con una planta en paralelogramo con semibaluartes. (Figura 6.22) Si bien, su obra fue criticada cuestionando la eficacia por su morfología irregular y dimensiones, ahora es indudable que Franck aportó un eslabón fundamental en la conformación del recinto.

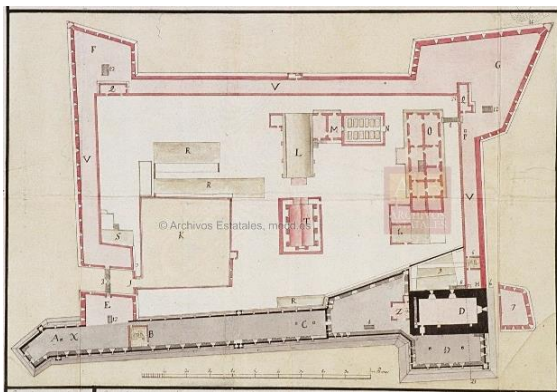


Figura 6. 22 Fragmento del plano Planta y perfil del Castillo de San Juan de Ulúa del Puerto de la Nueva Veracruz... por Antonio Joseph Martínez, 1712. Fuente: Archivo General de Indias



Figura 6. 23 Fragmento del Plano que manifiesta el Estado Actual de la Fortificación del Castillo de San Juan de Ulúa..., autor desconocido, 1785. Fuente: Archivo General Militar de Madrid

En consecuencia, durante el siglo XVIII, los trabajos se enfocaron a mejorar la calidad defensiva a través del perfeccionamiento de su geometría y a la ejecución de obras exteriores e interiores que complementaran el programa arquitectónico, pues la topografía del islote cubierto de agua ya no podría ser un limitante para la ingeniería militar. Entre 1741 y 1742 las obras ejecutadas por Félix Prospero dieron un giro en la funcionalidad de la fortificación al edificar las primeras obras exteriores que protegían tres cortinas a través de dos baterías bajas sobre los canales del norte y sur, un parapeto con banquetas que unía las dos baterías y que permitía la circulación de la artillería entre ellas, además se ubicó un revellín³³⁷, de seis cañones cuya posición central entre las baterías acentuaba el trazo de un eje transversal del conjunto principal. Las obras exteriores se conectaban a través de un puente hacia la cortina noreste en donde se abrió el acceso principal del recinto. (Figura 6.5)

³³⁷ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2446

Este movimiento en el acceso principal implicó la clausura del acceso por el canal del norte a través de la dársena. Además, se amplió la cortina noroeste que miraba hacia el canal del norte³³⁸, la ampliación se realizó hacia la plaza de armas para dar mayor espacio al movimiento de las cureñas. Las modificaciones del Fuerte de San Juan de Ulúa otorgaban cierto equilibrio al conjunto a través de la disposición simétrica de sus baterías exteriores, con lo que se daría un primer paso hacia la regularidad tan buscada del conjunto.



Figura 6. 24 Testimonios de la utilización de cureñas atribuidas a las baterías exteriores de San Juan de Ulúa. 2019



Figura 6. 25 Portada de acceso sobre la cortina noreste del Fuerte de San Juan de Ulúa.

Entre 1762 y 1763 los ingenieros Agustín López de la Cámara Alta y Pedro Ponce, edificaron un revellín con orejones sobre la plataforma del anterior revellín con parapeto que había edificado el ingeniero Félix Prosperí. La nueva obra de revellín se nombró de San Joseph y conformó una estructura de piedra muca terraplenada y unos locales con bóvedas, así como rampas que permitían la circulación a la cubierta. (Figura 6.26)

También la ampliación de la cortina del canal del norte, realizada por Prosperí se sustituyó pues las condiciones de la madera presentaban un deterioro avanzado por la humedad que filtraba la humedad desde la cubierta, por lo que Agustín López la cambió por una

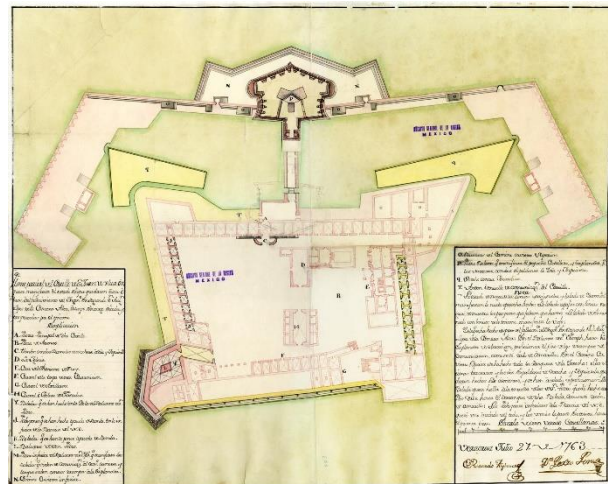


Figura 6. 26 Plano de las obras ejecutadas por Agustín López de la Cámara Alta, levantado por Ricardo Aylmer y Pedro Ponce, 1763. Fuente: Archivo General de la Nación

³³⁸ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2446.

estructura con bóvedas de cañón corrido que daban continuidad a las casamatas de la cortina. Además, realizó una ampliación del baluarte de San Pedro para darle una figura que tuviera más cercanía con la forma de los baluartes de las fortalezas.

A partir de la llegada de Manuel de Santistevan como lo hemos visto en el tema 6.2.3, se analizaron las defensas y se emprendieron diversas obras entre 1766 y 1783 que quedarían registradas en el plano de 1785 como concluidas. (Figura 6.23). Los primeros trabajos consistieron en la sustitución del revellín de San José, iniciándose los trabajos de cimentación en 1766, después de la demolición de la obra precedente de 1762, y probablemente el retiro de las plataformas de Prospero que debieron estar abajo. La construcción del revellín doble que conocemos se realizó en dos fases, la primera de 1766 a 1769 en que se edificó la figura exterior con sus lienzos estructurados por bóvedas y que corresponden al proyecto que desde 1765 Santistevan presentaba a través de planos. La segunda fase corresponde al revellín interior separado del primero a través de una angosta calle militar entre ambos que permitía el movimiento de la artillería.

A los lados del revellín se edificaron dos lunetos: el de Nuestra Señora del Pilar sobre el canal del norte y el de Santa Catarina al sur. Estas obras se realizaron entre 1778 y 1779. El conjunto del revellín doble de San José y sus dos lunetos se registra como terminado en el plano de 1785.



Figura 6. 27 Luneto de Santa Catarina visto desde el revellín de San José. 2019.



Figura 6. 28 Vista del luneto de Nuestra Señora del Pilar desde el baluarte de Santiago. 2019.

Entre 1771 a 1773 Segismundo Font coordinó los trabajos de la cortadura interior conocida hoy como de San Fernando, y en 1773 se realizaba también el glacis. Después del plan de defensa aprobado por junta real en 1774 que incluía propuestas de mejoramiento de Santistevan y Agustín Crame, se iniciaron las obras de perfeccionamiento del conjunto. Se demolieron la iglesia y la habitación del capellán que se ubicaban en el centro del conjunto, lo que permitió dejar libre una gran plaza de armas rectangular que realizaba el conjunto.

Además, se transformaron los semibaluartes, complementando su estructura para lograr la forma pentagonal y el ángulo capital rematado por una garita con el trazo adecuado para optimizar el control visual del territorio y los tiros de cañón desde los parapetos que siguieron el perímetro de los baluartes de acuerdo con la tipología de fortificación moderna. Las obras del baluarte de Santiago se ejecutaron entre 1775 y 1778, del baluarte de Nuestra Señora de la Soledad en 1777, del baluarte de San Crispín en 1779 y el baluarte de San

Pedro. Entre 1766 y 1783 también se ampliaron las cortinas noreste, sureste y el muro de las argollas con la construcción de bóvedas adosadas por el interior. En 1779 se inició la construcción de la casa del castellano, que se terminaría al siguiente año de 1780.

El Fuerte de San Juan de Ulúa durante el siglo XVIII disminuyó su irregularidad y se consolidó como una fortificación abaluartada moderna desplantada sobre un islote arrecifal irregular y arenoso cuyo terreno podría considerarse de resistencia variable por presentar zonas de alta compactación de los corales fosilizados y otras zonas cavernosas por la ausencia o degradación de éstos. Conforme se desarrollaron las etapas constructivas se



Figura 6. 29 Vista aérea del Fuerte de San Juan de Ulúa, autor desconocido.

integraron rellenos de diversos materiales y composición, alcanzando compactaciones diversas. Estas situaciones, produjeron con el paso del tiempo asentamientos diferenciales en la superficie sobre la que se desplantó la cimentación y la estructura del conjunto abaluartado. Si bien los muros, bóvedas y entresijos a base de fábricas de piedra múcar (coral fosilizado) y/o ladrillo están resueltos con la mayor solidez y estabilidad

que demanda una fortificación, los asentamientos diferenciales propiciaron la formación de grietas identificables desde el siglo XVIII que de alguna manera crearon roturas en la estructura que, sin llegar al colapso, permitieron el ajuste de los elementos. Este proceso de deformación puede ser imperceptible en algunas zonas, pero ha tenido un progreso acentuado por vibraciones continuas del tráfico naval contemporáneo y las actividades portuarias circundantes.

6.3.2 Integraciones a la ciudad amurallada de Veracruz

El contexto natural es determinante en la vocación de un asentamiento humano, y constancia de ello se encuentra en el traslado de la ciudad de Veracruz, pues mientras su antigua población se ubicaba a orillas del río Huitzilapan no contaba con ninguna obra defensiva y se caracterizaba por la dinámica de una pequeña comunidad de movimiento comercial. Posteriormente su traslado a la llanura costera frente a San Juan de Ulúa le arrojó a la escena de batalla, integrándose al sistema defensivo puerto – ciudad, por lo que a lo largo del siglo XVII el nuevo asentamiento intentó solventar su papel a través de un amurallamiento con baluartes.

CAPÍTULO 6
 Construcciones militares del siglo XVIII en Veracruz

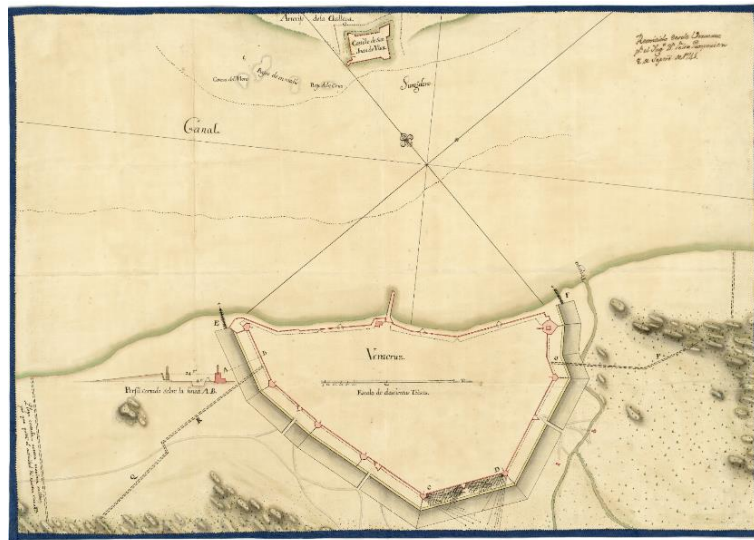


Figura 6.30 Plano de defensa de la Plaza de Veracruz, con estudio de fuegos por Félix Proserpi, 1741. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

Sin embargo, las condiciones de la naturaleza, la falta de materiales y otras circunstancias complicaron en todo momento la ejecución y permanencia de las obras. La ciudad inició el siglo XVIII con una muralla débil e incompleta y baluartes azolvados en pésimo estado, que evidenciaba la indefensión del recinto. (Figura 6.2) La situación geográfica hacía vulnerable la llanura ante los vientos del norte y los huracanes que azotaban la ciudad, cubriendo con las arenas de mar a los elementos defensivos, por lo que las actividades del siglo constantemente refieren el mejoramiento de los baluartes, refuerzo de sus murallas, construcción de los tramos faltantes, mejoramiento de su muelle, conformación de las puertas de la ciudad, y por supuesto la integración de las edificaciones militares accesorias como cuarteles, almacenes y hospital.

El primer informe de las condiciones de la ciudad defensiva lo presentó Felipe León Maffey en un plano de 1726 (Figura 6.2) en el que a través de algunos detalles ilustra la situación de la muralla existente y sus baluartes. Después, se ejecutó la muralla de la marina y se limpiaron los lienzos hacia tierra, se construyeron las puertas de mar, de Acuña y de México, concluyéndose estos primeros trabajos en 1728.

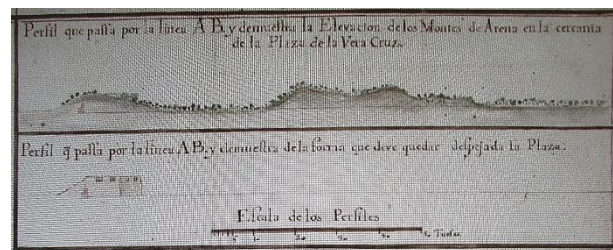


Figura 6.31 Fragmento del plano de la Ciudad de Veracruz por Felipe León Maffey, 1726. En el detalle superior se observa el perfil de arenas cubriendo un baluarte y muralla. En el dibujo inferior se distingue el alzado del baluarte y corte de muralla liberados de arena. Fuente: Archivo General de la Nación.

A mediados de siglo la muralla parece estable, aunque sus dimensiones siguen siendo limitadas, cuenta con 8 baluartes, tres

puertas hacia tierra, un cuerpo de guardia en la Puerta México, una puerta doble como principal acceso al mar y dos rastrillos también hacia el mar, uno de ellos frente al edificio del arsenal o atarazanas. (Figura 6.8). Entre 1775 y 1776, el ingeniero Segismundo Font realizó algunos trabajos de reparación de la muralla de la marina, entre el baluarte de Santiago y el muelle, actividades que probablemente fueron provisionales, pues para 1779 se reporta la integración de una estacada en dicho tramo, ante la situación de una muralla derruida. Posteriormente se llevaron trabajos de mejoramiento, sustituyendo los tramos de estacada sobre parapeto y mejorando la obra al realizar todo el elemento de fábrica de piedra muca.

Los baluartes principales ubicados en los puntos extremos norte y sur sobre la línea de playa, frente al islote de La Gallega, fueron los primeros en edificarse: el baluarte de la Caleta al extremo norte, también llamado de la Concepción, y el baluarte del sur, también llamado de Santiago que además fungió como almacén de pólvora. Estas edificaciones construidas durante el siglo XVII, tuvieron intervenciones de mantenimiento en el XVIII, pues ante su función principal de resguardo y protección del Fuerte de San Juan de Ulúa, era prioritario que estuvieran en las mejores condiciones.

En 1718, se realizaron trabajos de rehabilitación del Baluarte de Santiago cuya planta en heptágono irregular presentaba el desplome de unas de sus caras. Otra intervención se registró en marzo de 1763 cuando el ingeniero militar Ricardo Aylmer reportó³³⁹ haber realizado la reconstrucción de algunos merlones que se encontraban destrozados desde el año anterior. En el caso del Baluarte de la Concepción, su ubicación en la zona más desfavorable de la ciudad le hacía vulnerable al recibir directamente los vientos del barlovento, lo que hizo necesario la ejecución de obras por León Maffey, quien al desplantar la muralla sobre la línea de playa levantó un parapeto que rodeó el baluarte para generar una protección ante los vientos y las arenas. Sin embargo, para 1758, este elemento se había perdido y nuevamente las arenas azolvaban el baluarte, entraban al recinto e incluso interrumpían el acceso a la puerta México, por lo que en 1759 Lorenzo de Solís propuso la construcción de otro parapeto que rodeara al baluarte y cuyas obras serían ejecutadas hasta 1761.³⁴⁰

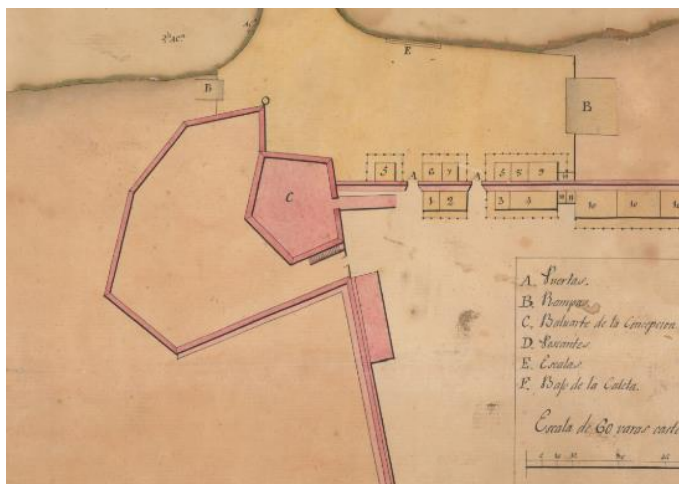


Figura 6. 32 Baluarte de la Concepción con el parapeto que le circunda como protección de los vientos y arenas. Fragmento del plano del proyecto para unos cuarteles y muelle contiguos, s/f, autor desconocido. Fuente: Archivo General Militar de Madrid.

³³⁹ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2451.

³⁴⁰ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Obras Públicas, Volumen 366, f. 59.

En cuanto a las obras militares accesorias de la ciudad se han identificado la conformación de las siguientes edificaciones en el siglo XVIII:

1. Cuartel de Caballería y Dragones
2. Cuartel de Infantería del Batallón de la Corona
3. Cuartel de Milicias
4. Escuela Práctica de Artillería
5. Maestranza de Artillería
6. Atarazanas o almacenes del arsenal
7. Almacén de maderas
8. Hospital Militar de San Carlos.

El desarrollo de los cuarteles durante el siglo XVIII es algo confuso, sin embargo, se ha interpretado que primero existieron unos cuarteles de caballería extramuros, identificados por León Maffey en sus planos de 1726 y 1727; posteriormente durante la estancia de Félix Prospero los cuarteles se reubicaron adjuntos al tramo de muralla sureste, entre la puerta de la Merced y el baluarte de Santa Bárbara, encontrándose en obra a la salida del ingeniero en 1751. La planta con figura pentagonal a diferencia de las tipologías comunes de cuarteles de perfil rectangular pudo haberse diseñado así para mantener la vigilancia adecuada del territorio exterior a modo de baluarte. Esta construcción ya concluida se registró en el plano de Francisco Luján de 1755. A finales del siglo, Pedro Ponce amplió los cuarteles agregando unas crujías dispuestas en planta rectangular y un segundo nivel al edificio de planta pentagonal. El proyecto quedó registrado en el plano fechado en 1795.

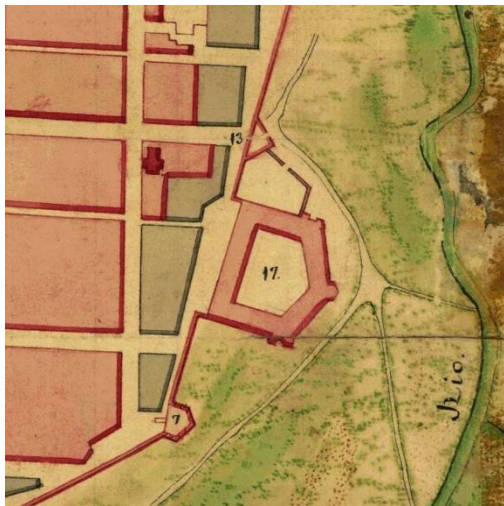


Figura 6. 33 Cuartel de Dragones y Caballería identificado con el número 17 en el Plano de 1755 de Francisco Luján y Agustín López de la Cámara Alta.



Figura 6. 34 Cuartel de Dragones y Caballería identificado con la letra S en el plano de 1800 de Manuel Agustín Mascaró.

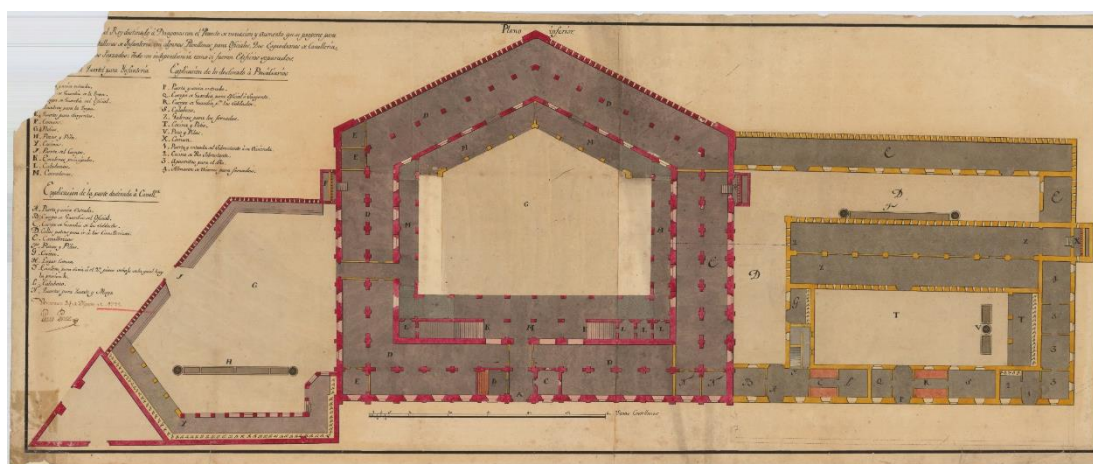


Figura 6. 35 Proyecto de ampliación del Cuartel de Dragones y Caballería por Pedro Ponce, 1795. Fuente: Archivo General Militar de Madrid.

Aunque Lorenzo de Solís y Agustín López de la Cámara Alta proyectaron un Cuartel de Infantería en la Caleta dentro de la ciudad amurallada, se desconoce si se ejecutó dicho proyecto, ya que Ricardo Aylmer informó en 1763 sobre la habilitación de cuatro casas rentadas para cuarteles de infantería y posteriormente cuando Miguel del Corral se encontraba a cargo de la plaza destacó los altos gastos por la renta de casas como cuarteles. Sin embargo, era evidente que ante el incremento de las tropas durante la segunda mitad del siglo, hacía necesaria la disposición de espacios para albergarlas, por lo que debieron mantenerse como se señala en edificaciones rentadas o acondicionadas pero probablemente ninguna obra se ejecutó con el alcance del Cuartel de Dragones, anteriormente señalado.

En 1800 Manuel Agustín Mascaró identificó en el plano de la ciudad las manzanas en donde se ubicaban el Cuartel de Infantería del Batallón de la Corona en la zona de la Caleta frente al rastrillo norte de la muralla de la marina; el Cuartel de Milicias en la zona cercana a los almacenes de maderas; la Escuela Práctica de Artillería entre el Baluarte de la Pólvora y el Baluarte de San José.

Al respecto de la maestranza de artillería, Miguel del Corral describió en 1783 que se encontraba en “una casa muy maltratada, parte arruinada, sin almacenes, corto el número de cobertizos”³⁴¹ ubicada en la esquina de la calle de la Amargura y de la Condesa. Años más tarde, el ingeniero militar Manuel Agustín Mascaró elaboró un plano para el Cuartel de Artilleros que estaba en la Casa del Rey y hace referencia a esta edificación como la maestranza vieja de Artillería, sin embargo, se desconoce la ejecución de la obra proyectada en 1798, pues en el plano del Proyecto de ampliación de la Ciudad de Veracruz

³⁴¹ Eder Gallegos Ruiz, “Apuntes sobre la Real Maestranza de artillería, Veracruz, 1762-1798”, en *Tiempo y Espacio*, Número 67, vol. XXXVI, enero- junio 2017, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Centro de Investigaciones Históricas Mario Briceño Iragorry, pp. 53-54, Consultado en https://www.academia.edu/34352818/Apuntes_sobre_la_Real_Maestranza_de_artiller%C3%ADa_Veracruz_1762-1798.

(1800), el mismo ingeniero ha ubicado todos los cuarteles existentes en la plaza, pero ha omitido señalar la maestranza en su simbología. Ya para 1857, en un plano de Veracruz y sus alrededores se ubicó la maestranza dentro de la Escuela Práctica de Artillería, junto al Baluarte de Santiago.

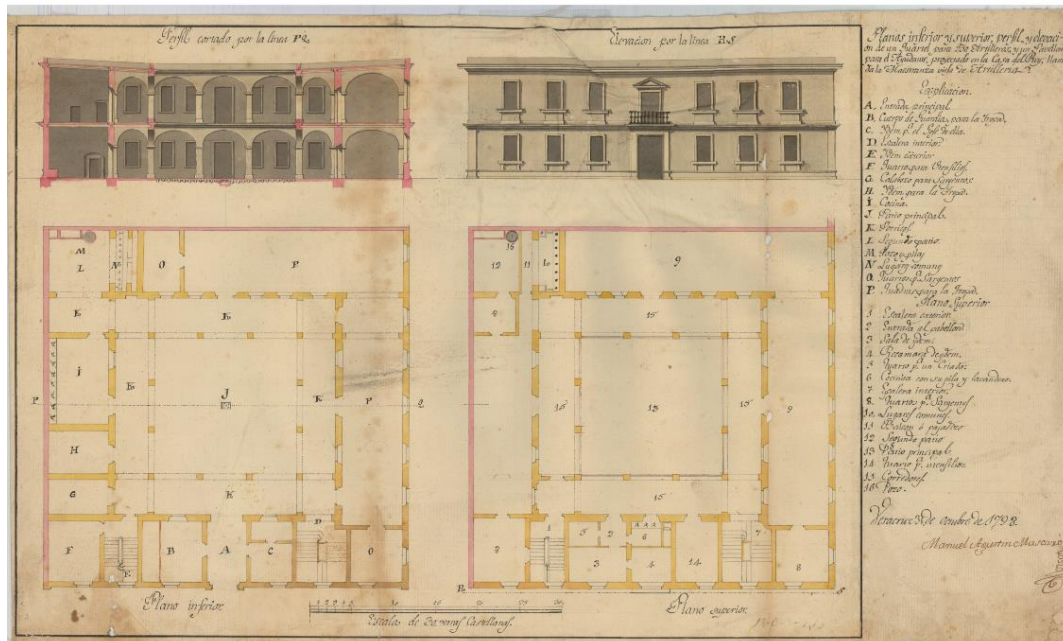


Figura 6. 36 Plano de un Cuartel para Artilleros proyectado en la Casa del Rey, llamada la maestranza vieja de artillería, por Manuel Agustín Mascaró, 1798. Fuente: Archivo General Militar de Madrid.

Por otra parte, al respecto de las atarazanas y almacenes también existen datos de la ejecución de obras para su fin durante el siglo XVIII. En primer lugar, León Maffey señaló la falta de condiciones para el servicio del antiguo arsenal en su plano de 1727, a partir de entonces, seguramente iniciarían las gestiones para la sustitución del tinglado, pues en 1732 se informó que se han concluido los almacenes de tres naves para guardar la madera necesaria para los navíos del Rey³⁴². En un plano de Félix Prospero de 1737 quedaba registrado el nuevo arsenal en la zona donde se encontraba el antiguo, representado por una planta rectangular con un punteado que se interpreta como la proyección de una cubierta y pórtico. Esta representación continuaría igual en el plano de 1755 de Francisco Luján y Agustín López de la Cámara Alta. En 1764 Manuel de Santistevan realizó un plano para el almacén de maderas del Rey. En 1779 se concluyeron las obras del edificio que actualmente se reconoce como las Atarazanas, pues en su portada se encuentra fechado, tanto este edificio como el almacén de maderas quedaron ubicados en un plano del ingeniero Alfonso Sánchez Ochando, rubricado por Manuel de Santistevan en el mismo año.

³⁴² Judith Hernández Aranda, "Las Atarazanas de Veracruz", en *Arqueología Mexicana*, serie Tiempo Mesoamericano IV, volumen VIII, número 46, noviembre – diciembre 2000, p. 36.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

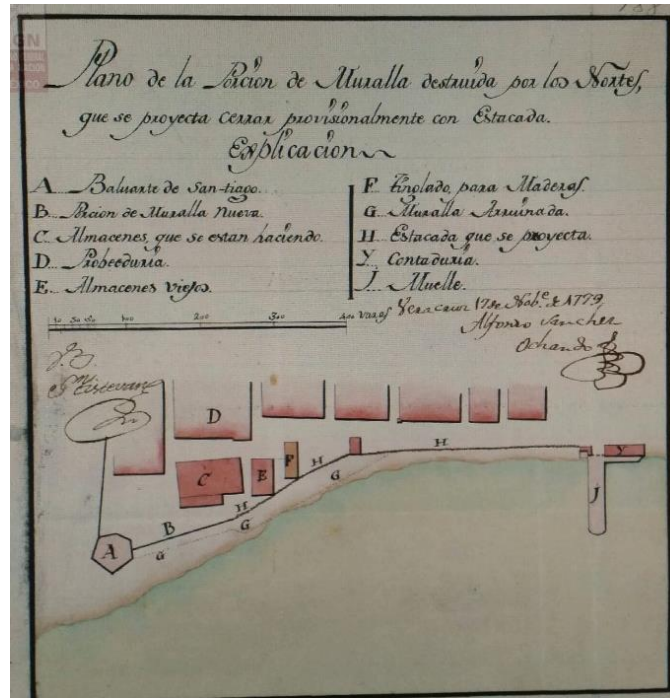


Figura 6. 37 Con la letra C se identifican los almacenes que se están edificando (actuales atarazanas), con la letra E los almacenes antiguos, y con la letra F, los almacenes de madera. Plano de la porción de la muralla..., por Alfonso Sánchez Ochando y Manuel de Santistevan, 1779. Fuente: Archivo General de la Nación.

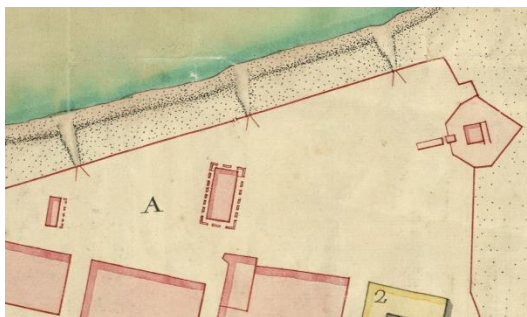


Figura 6. 38 Ubicación del arsenal en el Plano de la Ciudad de Veracruz por Félix Prosperí, 1737.



Figura 6. 39 Con la letra b se identifican los Reales Almacenes; con la letra X la Escuela Práctica de Artillería, con letra e, se señala el Baluarte de Santiago. Fragmento del Plano de la Ciudad de Veracruz por Manuel Agustín Mascaró de 1800.

Por último, cabe destacar que al respecto del hospital militar, en la Fortaleza de San Juan de Ulúa se contaba con áreas destinadas para albergar a sus soldados enfermos y que la ciudad de Veracruz a principios del siglo XVIII contaba con un hospital para hombres y otro para mujeres. No obstante, el incremento de las tropas, así como el clima húmedo y caluroso propiciaron el desarrollo de enfermedades entre gran cantidad de militares, por lo que fue necesaria la habilitación de un hospital militar en la ciudad de Veracruz, ubicándolo en el sitio del hospital de mujeres, junto a la iglesia de Loreto en los límites suroeste de la ciudad. En 1767, Manuel de Santistevan realizó un proyecto para la adecuación de unas

casas como hospital de San Joaquín, María y José, sin embargo, el nosocomio se relaciona como Hospital Militar de San Carlos.

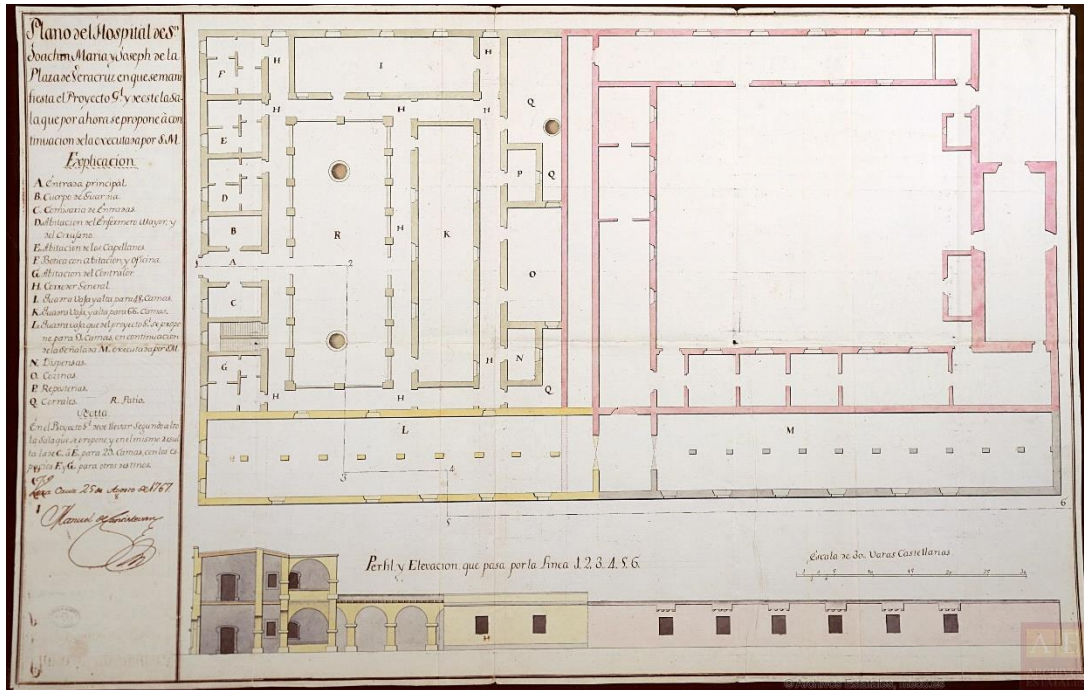


Figura 6. 40 Plano del Hospital de San Joaquín, María y José de la Plaza de Veracruz en que se manifiesta el proyecto G. y de este la sala que por ahora se propone a continuación de la ejecutada por su S.M., rúbrica de Manuel de Santistevan, 1767. Fuente: Archivo General de Indias.

Por último, este panorama sobre las obras de arquitectura militar permite reconocer cómo durante el siglo XVIII se entretajeron las edificaciones con los conjuntos religiosos, comerciales, de producción y demás construcciones de manera que se consolidó la ciudad portuaria y logró un desarrollo considerable.

6.3.3. Perote y sus construcciones militares

Ante los riesgos bélicos que enfrentaba el virreinato en el siglo XVIII, Perote ofreció las cualidades para puesto militar defensivo, ya que era un asentamiento español consolidado por un buen número de familias, con servicios básicos para el desarrollo de la vida y un clima benigno, además de que la cercanía con la zona montañosa y el volcán Nauhcampatpetl, ofrecieron también la posibilidad de contar con los recursos materiales para la construcción de las obras a bajo costo. Después de algunos informes y análisis se eligió el sitio para la construcción de un fuerte defensivo que se articulara con las defensas de Veracruz y San Juan de Ulúa en el Camino Real hacia la capital de la Nueva España.

Así entre 1770 y 1775 se ejecutaron las obras de construcción de la obra simbólica del periodo, cuya tipología corresponde a un fuerte de frontera o interior³⁴³.

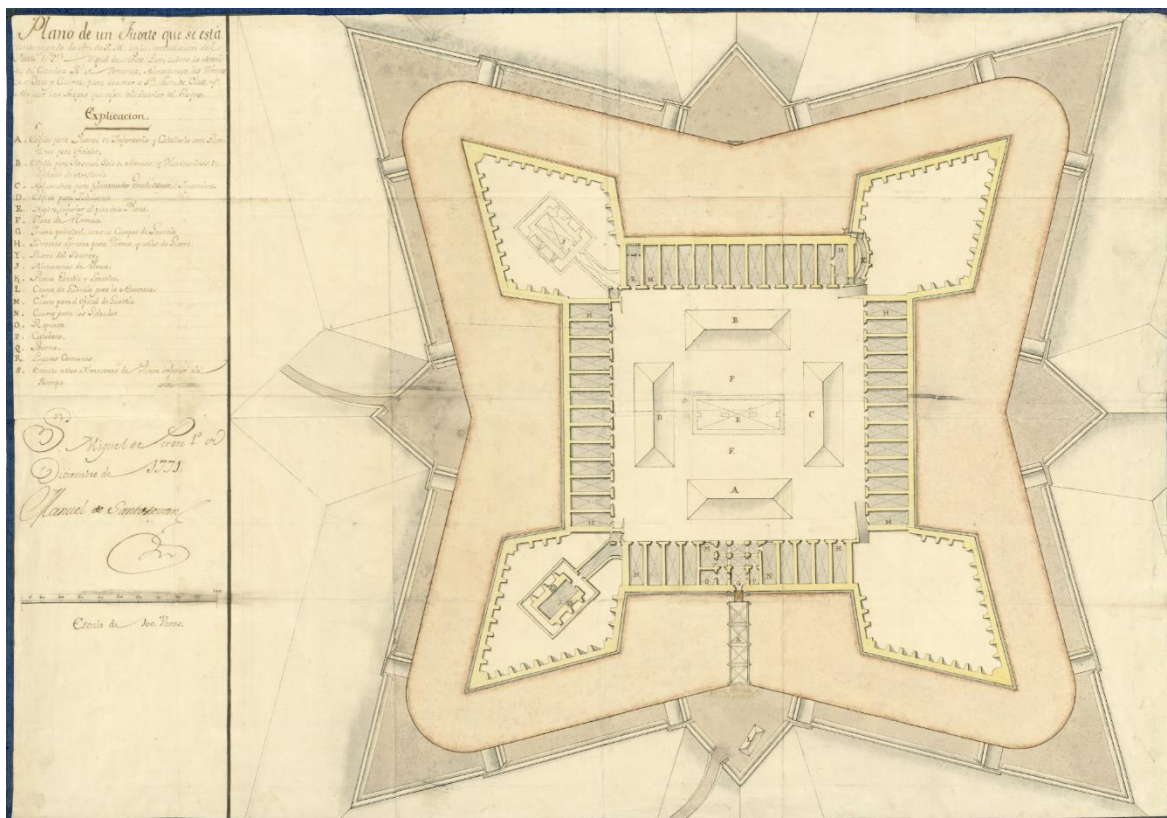


Figura 6. 41 Plano del Fuerte que se está construyendo por Orden de S. M. en la inmediación del Pueblo de San Miguel de Perote, por Manuel de Santistevan, 1771. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

La tipología de fortificación permanente abaluartada que presenta San Carlos logra que sus defensas principales están formadas por baluartes unidos a cortinas, los cuales cumplen con una de las máximas de la fortificación: que todos sus frentes sean defendidos entre sí. La planta de forma cuadrada tiene un baluarte en cada vértice, con sus ángulos capitales orientados a los cuatro puntos cardinales³⁴⁴. El conjunto se rodea por un foso, contramuralla y glacis. El acceso está resguardado con un cuerpo de guardia y un puente que controlaba el ingreso a la fortificación. Al interior las cuatro murallas están estructuradas con casamatas de bóvedas de cañón corrido. La plaza de armas es de planta cuadrada, rodeada de edificios militares en sus cuatro lados que a su vez se separan por una calle militar de las cortinas con casamatas. De los cuatro baluartes, dos de éstos se construyeron completamente rellenos y los otros dos fueron preparados con almacenes de pólvora o a su interior. Los cuatro baluartes tienen garitas en sus ángulos capitales y toda la fortificación

³⁴³ Sanz Molina, *Tres fortificaciones...*, p. 373.

³⁴⁴ *Ibid.*, p. 387.

presenta un parapeto en cubierta, compuesto por merlones y troneras. De esta manera, el control visual del Fuerte es una de sus cualidades principales.

El 25 de junio de 1770³⁴⁵ se inició el trazo del Fuerte de San Carlos, siguiendo el proyecto del Ingeniero militar Manuel de Santistevan, y apoyado en la construcción por el teniente coronel Don Miguel del Corral y por el capitán de ingenieros Pedro Ponce. De esta manera se conformó un excelente equipo de ingenieros militares que pusieron en práctica el desarrollo de una metodología de trabajo en donde la organización y planeación determinó las fases del proyecto y el ritmo que permitió concluir la construcción del Fuerte en diciembre de 1775.³⁴⁶

Un aspecto importante es que la construcción de los muros se realizó dividiendo por una diagonal el conjunto para ejecutar en dos fases los trabajos, de manera que esto permitiera el fraguado de los elementos, se optimizara la mano de obra, el suministro de materiales y se agilizaron los tiempos de construcción. Por consiguiente, la línea diagonal dividió en dos zonas de trabajo para levantar los muros, la primera corresponde el frente de levante y del norte y la segunda el frente de poniente y del sur.³⁴⁷ Y así se ejecutaron las obras.

La obra es muy interesante, las soluciones constructivas y las técnicas aplicadas, por lo que en el siguiente capítulo se detallarán las soluciones constructivas de sus elementos. En la figura 6.42 se ha representado el cronograma de ejecución de los trabajos según la dinámica establecida por el ingeniero director de fortificaciones Manuel de Santistevan.

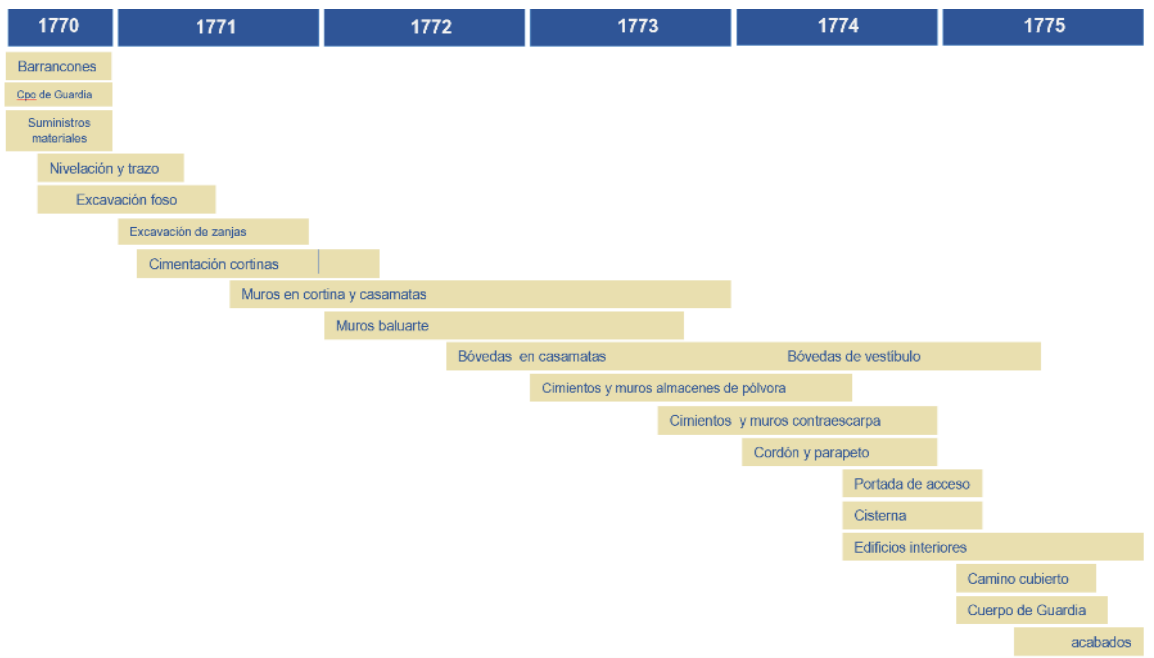


Figura 6. 42 Cronograma que representa la ejecución de los trabajos de construcción del Fuerte de San Carlos, basada en las descripciones de la Relatorías de obra de Manuel de Santistevan y en los datos de Sanz Molina (2002). Gráfico elaborado por Gladys Martínez.

³⁴⁵ Miguel Angel Sánchez Lamego, *El Castillo de San Carlos de Perote*, Xalapa, Citlalpetel, 1973.

³⁴⁶ Sanz Molina, *San Carlos de Perote...*, p.160.

³⁴⁷ Sanz Molina, *Tres fortificaciones...* p.412.

El fuerte de San Carlos como se ha mencionado en el tema 5.4, es la edificación principal del sistema defensivo de Perote en el que también existieron otras edificaciones como un cuartel de dragones, dos almacenes de pólvora y un cuerpo de guardia. En el caso del cuartel se desconoce la fecha de su construcción, por lo que no podríamos afirmar su edificación en el siglo XVIII, por el contrario, en el caso de los almacenes de pólvora y el cuerpo de guardia ubicados en una posición estratégica cercana a Perote y al Fuerte de San Carlos, se tienen ciertos datos que indican su edificación en el siglo XVIII.

Un plano de Pedro Ponce en 1777 indica el proyecto de los almacenes de pólvora y del cuerpo de guardia, por lo que cabe la posibilidad que en estas fechas fueran edificados. Es importante recordar que aunque la terminación de San Carlos se reporta en 1775, algunos trabajos continuaron, dándose por concluidos en su totalidad en 1777. Quizá este periodo de obras posteriores fuera en el que se ejecutaron los almacenes y cuerpo de guardia en la región intermedia entre las haciendas de Aguatepec y Tenex-tepec y a tan solo tres cuartos de legua de la fortificación.



Figura 6. 43 Acceso a uno de los almacenes de pólvora externos al Fuerte de San Carlos, adaptado actualmente como vivienda residencial. 2017.



Figura 6. 44 Estado actual del cuerpo de guardia edificado por Pedro Ponce.

Las condiciones del clima extremo y nevadas de la región del Cofre de Perote generaron afectaciones en las construcciones militares por lo que en 1786 y 1787 se realizaron reparaciones en las cubiertas de los edificios militares del San Carlos utilizados como pabellones y en las cubiertas de los almacenes de pólvora externos. Para ejecutar las obras fue asignado Pedro Ponce, quien planteó propuestas, presupuestos y realizó las correcciones a las obras.

Las obras militares de Perote fueron edificaciones que enriquecieron el repertorio formal de la región y complementaron la dinámica social de su población. Ante la riqueza del contexto, Perote desarrolló haciendas muy productivas que encontraron la posibilidad de una distribución ágil por el Camino Real y sus vertientes. De esta manera, la arquitectura militar se combinó con las obras de producción, obras religiosas, comerciales y civiles que armonizaron una villa caracterizada desde su origen por generar vínculos con otras regiones gracias a su posición geográfica y medio natural.

6.4 Pérdida y permanencia del patrimonio militar del siglo XVIII

La perspectiva histórica sobre la arquitectura militar ha expuesto la participación de los ingenieros y el surgimiento de las obras en los diferentes contextos naturales y sociales resaltando la importancia del sistema defensivo veracruzano por los valores formales, tipológicos, técnicos y sociales que representa y que sin lugar a duda constituyen parte del patrimonio cultural de nuestro país. Ante ese panorama, parece incongruente buscar las edificaciones y encontrarse con la mutilación y pérdida de varias edificaciones militares. No obstante, esa situación ha motivado a investigadores y profesionales a enriquecer los campos de conocimiento que permitan ilustrar sobre el valor de las obras y detener el proceso que vulnera a las edificaciones.

El desarrollo de la arquitectura militar alcanzado en el siglo XVIII, al siguiente siglo enfrentó los cambios drásticos de un México Independiente que trató de reorganizarse en todos los aspectos, sobre todo en el de las milicias que ejercieron el control del territorio. Por tanto, la custodia de las edificaciones se trasladó a las nuevas organizaciones. Durante el siglo XIX la fragilidad de un Estado Independiente propició diversos enfrentamientos bélicos tanto internos como externos al país naciente, por lo que a pesar de los cambios institucionales todavía las fortificaciones intentaron atrincherar las fuerzas defensivas de la nación. Sin embargo, el auge del desarrollo económico a finales del siglo empezó a dar los primeros cañonazos sobre las murallas hasta derribarlas y perder con ello la batalla por la supervivencia que había resistido al crecimiento extramuros de una ciudad portuaria.

El paso del siglo XX fue significativo para la mayoría de las instituciones y eso repercutió en las nuevas funciones de la arquitectura militar. Lamentablemente la composición arquitectónica que exalta el dominio científico, tipológico o simplemente constructivo de una época, se volvió el principal obstáculo para la reutilización y conservación de la arquitectura militar. Así que iniciaron las más drásticas transformaciones, los cambios de uso radicales y las demoliciones.

Muchas de las obras proyectadas por los ingenieros bajo la idea de atender las necesidades de la edad moderna, hoy son consideradas inútiles y ante la falta de proyectos que las integren a las nuevas dinámicas sociales las hacen susceptibles del abandono o el deterioro. La única posibilidad de salvación la otorgó la visión monumentalista que trató de rescatar algunas edificaciones con el uso cultural, pues finalmente las obras constituyen parte de nuestras raíces novohispanas. Sin embargo, en un actual siglo XXI con los enormes desafíos de una economía que no soporta la solvencia de tantos museos, es difícil insertar a las obras que quedaron fuera de la protección en las políticas de conservación, pues incluso las obras acogidas en el siglo XX ahora están tambaleando en la incertidumbre de su custodia.

La pérdida del patrimonio militar ha acotado los alcances de esta investigación en relación con el trabajo de campo que se podría realizar, ya que el estudio de las técnicas constructivas implica el acercamiento físico al elemento construido y el registro de los datos que presenta. En ese sentido ha sido sumamente contrastante la cantidad de documentos y planos históricos a diferencia de la pérdida de obras.

La ciudad de Veracruz ha perdido la gran mayoría de sus elementos militares que delimitaron su asentamiento, pues no se conserva ningún lienzo de su muralla, sólo un pequeño testimonio que se ubicaba junto a la puerta de mar se resguarda dentro de las instalaciones de aduana del puerto cuyo acceso es restringido.³⁴⁸ Tampoco existe alguna de las tres puertas de tierra de la muralla, ni su puerta doble de mar, mucho menos los dos rastrillos de la muralla frente al mar.



Figura 6. 45 A la izquierda el único fragmento reconocido como parte de la muralla de Veracruz.

De los 8 baluartes y un revellín que tenía la muralla sólo se conserva el Baluarte de Santiago, al sur de la traza original, pero es una obra proyectada y construida en el siglo XVII, cuyos elementos interiores y merlones se han modificado durante los siglos XVIII y XIX. De acuerdo con las intervenciones de restauración realizadas en el año 2018, se identificó una fábrica distinta en las cubiertas abovedadas del caballero, espacio utilizado para almacenar la pólvora. Asimismo, se identificó y se comprobó en algunos planos la ampliación de los locales para pertrechos en el siglo XVIII y en el siglo XIX. Las continuas afectaciones que ha sufrido a lo largo de su historia le han generado reparaciones continuas, en los gruesos muros de sus caras, flancos, parapetos, muros del caballero, locales de cuerpo de guardia y almacén de pertrechos, por lo que cada elemento presenta fragmentos de diversas reparaciones, modificaciones de anchos, proporción de vanos, cubiertas, tapiado o alteración de vanos. Todo ello en conjunto dificulta la lectura constructiva de la temporalidad. Actualmente el Baluarte de Santiago se encuentra fuera de uso, aunque bajo la custodia del Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Figura 6. 46 Baluarte de Santiago que conserva un pequeño testimonio del arranque del lienzo de la muralla datada en el siglo XVII y que iniciaba a partir de uno de los flancos. 2018.

En el caso de los cuarteles, el principal conjunto arquitectónico destinado a las tropas en el siglo XVIII fue el Cuartel de Dragones y Caballería que ha sido demolido y actualmente se

³⁴⁸ La imagen presentada pertenece a una nota periodística consultada en <http://veracruznews.us/2018/11/14/visitan-el-puerto-de-veracruz-los-ganadores-del-xviii-concurso-nacional-de-expresion-literaria-la-juventud-y-la-mar/>

encuentra el Teatro Reforma en el sitio que ocupara la construcción militar, por lo que es imposible encontrar algún referente constructivo sin un procedimiento de prospección arqueológica en el terreno, lo cual sólo nos daría sólo indicios del desplante de su cimentación. Los demás cuarteles que según los informes de los ingenieros Ricardo Aylmer y Miguel del Corral se encontraban ubicados en casas rentadas, actualmente han sido transformados. En el caso de la Escuela Práctica de Artillería delimitada por unos paredones contiguos al Baluarte de Santiago fue demolida para dar paso a una vialidad.



Figura 6. 47 Vista exterior de la única nave original del siglo XVIII que se conserva del edificio de las Atarazanas, 2019.



Figura 6. 48 Interior de la nave original de las Atarazanas que actualmente se ocupa para exposiciones del centro cultural, 2019.



Figura 6. 49 Vista del patio interior del centro cultural que conserva en su muro el testimonio de la arcada de acceso de una de las naves de las Atarazanas. 2019

Los únicos edificios militares que lograron salvar parte de su estructura fueron el edificio de las atarazanas, que conserva solo una de las naves de su conjunto original, como testimonio de la edificación de 1779. La función del inmueble como centro cultural a cargo del gobierno estatal le ha permitido ser intervenida, remodelada y restaurada. Por tanto, conserva algunos elementos característicos de su construcción. En cuanto al Hospital Militar de San Carlos, actualmente a cargo del Ejército ha sido recuperado a pesar de las transformaciones y mutilaciones realizadas durante el siglo XX, por tanto, hoy en día quedan algunas áreas de su edificación, aunque se han sustituido elementos como cubiertas y muros, ciertas zonas permiten distinguir el trabajo constructivo de la obra militar.

Una de sus salas que antaño albergara soldados enfermos, actualmente es ocupada como sala para exposiciones temporales y eventos de difusión cultural.



Figura 6. 50 Fachada principal y acceso al Hospital Militar de San Carlos por la calle Aquiles Serdán. 2019.



Figura 6. 51 Vista interior del pabellón principal del conjunto actual del Hospital Militar de San Carlos. 2017.

El Fuerte de San Juan de Ulúa es el mejor conservado en su interior, a pesar de las condiciones de deterioro por la humedad y requerimientos de mantenimiento constante. El conjunto militar se encuentra en custodia del Instituto Nacional de Antropología e Historia, cuenta con un museo en la casa del gobernador y todo el conjunto puede ser visitado, además ha sido escenario de eventos culturales y encuentros académicos que resaltan su valor arquitectónico. La principal afectación del conjunto ha sido la invasión del recinto portuario, el arsenal militar y otras plantas industriales que invadieron su glacis, contaminan sus elementos y afectan la estructura con el tránsito y movimiento de las grandes embarcaciones. Afortunadamente la ampliación del puerto de Veracruz ha movilizó las maniobras de los grandes buques y esto reduce de alguna manera el índice de afectación.



Figura 6. 52 Baluarte de San Crispín, al fondo se observan las instalaciones portuarias e industriales. 2018.

El Fuerte de San Carlos de Perote ha quedado detenido en el proceso de su restauración ante la falta de apoyo económico para intervenir el extenso conjunto militar. El último uso

como cárcel dejó diversas alteraciones en el conjunto que se trabajaron en el año 2008 a fin de liberar los anexos y consolidar algunos elementos en peligro de colapso, sin embargo, las siguientes fases del proyecto de intervención ya no fueron realizadas y congelaron al conjunto en una espera que se ha prolongado más de una década. La fortificación abaluartada más representativa del siglo XVIII por la tipología defensiva hoy se encuentra debatiendo entre el desuso, el abandono y la vulnerabilidad de su custodia. El ayuntamiento de Perote y la sociedad civil han realizado gestiones para la custodia de la fortaleza, sin embargo, el edificio requiere urgentemente de acciones profesionales de restauración para lograr su efectiva conservación. Por las dimensiones y complejidad del conjunto se requiere de un plan maestro de manejo que de manera creativa y organizada emprenda acciones en corto, mediano y largo plazo para reactivar el uso, conservar el edificio y alcanzar el funcionamiento autosustentable.



Figura 6. 53 Muralla y parapeto del Forte de San Carlos. 2019.



Figura 6. 54 Pérdida de estructuras de entrepiso en edificios militares



Figura 6. 55 Fachada interior de las cortinas con casamatas. 2019



Figura 6. 56 Condiciones de la estructura de entrepiso en pasillos de edificios militares. 2019

Las edificaciones accesorias al Fuerte de San Carlos, cuya ubicación fuera elegida por su cercanía estratégica hoy se pierden en la invasión de su población. Los dos almacenes de pólvora han sido apropiados por particulares adecuándolos como viviendas cuyos habitantes no permiten el acceso a las edificaciones. El conjunto identificado como polvorín 1 ha tenido la “suerte” de dar cabida a una sola vivienda que con un carácter residencial ha adecuado los espacios y aún conserva con mayor legibilidad ciertos testimonios como sus garitas, su acceso y los muros de su estructura exterior e interior. En cambio, el polvorín 2 ha sido fragmentado en varias viviendas, sus muros han sido mutilados en algunos tramos o bien demolidos para dar paso a nuevas estructuras, sin embargo, aún existen algunos elementos que permiten reconocer la tipología de la obra. Por último, el cuerpo de guardia se encuentra prácticamente en el abandono sujeto al vandalismo a pesar de que el edificio se ha tratado de recuperar es evidente que fue objeto de una mala intervención que no resaltó sus cualidades formales.



Figura 6. 57 Fachada principal del cuerpo de guardia ubicado en la localidad de Francisco I Madero, Perote. 2019.



Figura 6. 58 El abandono del inmueble permite el grafiti en sus muros. 2019.

CAPÍTULO 6
Construcciones militares del siglo XVIII en Veracruz



Figura 6. 59 Testimonio de la estructura de cubierta del almacén de pólvora 1 en la localidad de Francisco I Madero, Perote, 2019.



Figura 6. 60 Al pie de una de las garitas del almacén de pólvora 1, se observan restos de piedra labrada producto de algunos retiros en el elemento. 2018



Figura 6. 61 Garita del almacén de pólvora 2 en la localidad de Francisco I Madero, Perote. 2018.



Figura 6. 62 Muro exterior y acceso principal alterados por la subdivisión del almacén en viviendas. 2018.

En las tablas 6.2 a la 6.5 se resume la situación de pérdida o permanencia de las obras militares ejecutadas durante el siglo XVIII.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Tabla 6.2 Situación de las obras del siglo XVIII en San Juan de Ulúa		
Elemento arquitectónico	Existente	Condiciones
Baterías de Guadalupe y San Miguel	no	Escasos testimonios ya intervenidos de las colisas
Portada de acceso principal	sí	Restaurada
Revellín de San José por López de la Cámara Alta	no	
Revellín de San José por Santistevan	sí	En deterioro
Luneto de Nuestra Señora del Pilar	sí	En deterioro
Luneto de Santa Catarina	si	Sin acceso posible
Cortadura interior de San Fernando	si	Mutilada
Casa del castellano	si	Transformada a principios del siglo XX
Ampliación de cortinas y baluartes	si	En deterioro
Glacis	no	

Tabla 6.3 Situación de las obras del siglo XVIII en la ciudad de Veracruz		
Elemento arquitectónico	Existente	Condiciones
Muralla frente al mar por León Maffey	no	
Puertas de mar	no	
Puerta Nueva o de Acuña	no	
Puerta México y cuerpo de guardia	no	
Almacenes del arsenal (1732)	no	
Cuartel de dragones	no	
Cuarteles en casas rentadas	no	No identificadas
Hospital militar de San Carlos	si	Transformado y mutilado
Puerta La Merced (reparaciones)	no	
Atarazanas (1779)	sí	Transformado y mutilado
Escuela Práctica de Artillería	no	
Maestranza de artillería	no	

CAPÍTULO 6
Construcciones militares del siglo XVIII en Veracruz

Tabla 6.4 Situación de las obras del siglo XVIII en Perote			
Recinto	Elemento arquitectónico	Existente	Condiciones
Fuerte de San Carlos	Cortinas y baluartes	si	En deterioro y sin uso
	Cuerpo de guardia	si	En deterioro
	Edificios militares	si	En deterioro, pérdida de elementos y sin uso
	Iglesia	si	En deterioro y sin uso
	Foso, camino cubierto, camino serpenteante, traveses	si	En deterioro y abandono
Polvorín 1	Almacén de pólvora	si	Mutilado y transformado, sin acceso posible.
	Garitas y muro exterior	si	
Polvorín 2	Almacén de pólvora	no	Alteración total
	Garitas y muro exterior	si	1 garita se conserva y el muro se ha mutilado
Cuerpo de Guardia	Pórtico y pabellón	si	En deterioro, sin uso, intervención no adecuada
	Cubiertas	no	Sustituidas

Tabla 6.5 Situación de las obras del sistema defensivo de costa y caminos reales en el siglo XVIII		
Elemento arquitectónico	Existente	Condiciones
Batería de Antón Lizardo	fragmentos	En abandono y mutilad, Datación no identificada de las ruinas.
Batería de Alvarado	no	
Batería de Vergara	no	
Batería de Mocambo	no	
Batería de Hornos	no	
Cuartel de La Antigua	si	En abandono y no identificadas la obras del siglo XVIII
Cuartel de Xalapa	no	Transformado el cuartel antiguo con otra función. Acceso denegado a las nuevas instalaciones.
Cuartel de Perote	si	Acceso denegado con imposibilidad de identificar elementos construidos en el siglo XVIII.

6.5 El legado de las fortificaciones abaluartadas

Derivado de la situación que guardan las construcciones militares existentes, se ha limitado el campo de estudio de las técnicas constructivas a las obras que, una vez fundamentada su construcción durante el siglo XVIII, se encuentran en disponibilidad para realizar el trabajo de campo necesario que permita identificar dimensiones, materiales y composición de los elementos, aunque no se realicen trabajos de exploración física que incluyan labores de estratigrafía, calas o toma de muestras, es sumamente importante contar con la accesibilidad a los inmuebles para el registro y toma de datos bajo métodos organolépticos.

Esta situación y la pérdida del patrimonio militar conduce a la toma de decisión sobre las fortificaciones abaluartadas como los ejemplos pertinentes de analizar. Por consiguiente, los conjuntos militares de San Juan de Ulúa y San Carlos de Perote presentan la posibilidad de realizar gestiones para el desarrollo del trabajo de campo y la posibilidad de identificar elementos constantes y técnicas constructivas, a la vez de que los recorridos históricos de la intervención de sus ingenieros y la construcción de las obras han permitido la realización de una lectura de las etapas constructivas, en el caso de San Juan de Ulúa, reto que se enfrentaba al inicio de esta investigación. Por otra parte, dentro del repertorio de elementos que integran los conjuntos militares abaluartados se ha considerado que los elementos que cumplen una función estructural son una parte indispensable del estudio, por lo que la investigación se centrará en las técnicas aplicadas a las cimentaciones, apoyos y cubiertas principalmente.

A pesar de que el campo de estudio resultó aparentemente más limitado de lo que al inicio de la investigación se esperaba, la variedad de elementos estudiados que con anterioridad no han sido analizados constructivamente, pueden ofrecer datos importantes que incluso se pueden contrastar con las edificaciones visitadas durante las estancias académicas en La Habana, Cuba y en España, por lo que una vez evaluadas las potencialidades y limitantes de esta investigación se consideran suficientes las fortificaciones abaluartadas de Veracruz para el registro y análisis de las técnicas constructivas. Es preciso también considerar que las obras accesorias no incluidas por el momento han abierto líneas de investigación que se continuarán posteriormente.

En cuanto al registro de datos, para dar un efectivo control del avance en trabajo de campo y gabinete se ha seguido una estructura que a la vez a ofrecido de manera directa la determinación de los productos de la investigación. Aquí ha sido muy importante la integración de los aspectos históricos, morfológicos y técnicos.

El estudio historiográfico ha sido fundamental para entender por qué se construyó determinado elemento, el momento histórico, la toma de decisiones con respecto a los materiales o las soluciones estructurales. Además, ha sido un apoyo para distinguir las acciones técnicas, los resultados y los agentes intencionales. Este estudio ha requerido de:

- Historia de la construcción del elemento u obra
- Ingenieros participantes
- Cartografía histórica

En cuanto al estudio morfológico, a medida que se profundizó en la técnica moderna se hizo indispensable su análisis en el elemento, sobre todo en el estudio de las cubiertas, el cual se fundamenta en la geometría de los componentes del sistema estructural. Para realizar un efectivo análisis se ha procedido a realizar diversos levantamientos, principalmente en los elementos arqueados, pues la identificación del campo de estudio ha tenido como constante un lenguaje arquitectónico fundamentado en la estructuración de arcos, bóvedas y cúpulas.

- Levantamiento del elemento
- Identificación de la geometría del elemento (trazo)

El estudio técnico ha incluido la identificación de los materiales, materiales básicos para la composición de los sistemas constructivos y determinantes en la aplicación de las técnicas. En ese rubro ha sido fundamental el análisis de fuentes documentales que en sus relatorías nos indican sobre las principales fuentes de extracción o el debate sobre el uso de determinados materiales ante problemáticas tan fuertes como la carencia de piedra en la costa, la calidad de la cal, o los suministros en poco tiempo. Además, el registro de las soluciones técnicas ha revelado la conformación de los aparejos utilizados, y las reglas estructurales para el trazo de las geometrías que garanticen la estabilidad y resistencia estructural.

- Los materiales de construcción
 - Identificación del tipo de material
 - Fuentes probables de extracción
- Tecnologías constructivas
 - Los aparejos o conformación del sistema constructivo

La extensión del trabajo de campo en combinación con el trabajo documental ha llevado a establecer también una metodología de registro de datos que contiene: representación gráfica, análisis y procesamiento de datos. Una vez identificadas las técnicas constructivas y relacionadas con sus ejecutantes, se procederá a la interpretación de los resultados, por lo que se realizarán agrupaciones por tipologías o variantes, que permitan realizar una lectura sobre los atributos de las técnicas, el enfoque que se tuvo en la ejecución de las obras y las aportaciones más significativas en el ámbito constructivo, arquitectónico y militar.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

**CAPÍTULO 7. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS
EN LAS FORTIFICACIONES ABALUARTADAS DE
VERACRUZ**

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

7.1 Materiales constructivos

Los diferentes contextos en que se ubican las fortificaciones abaluartadas de Veracruz posibilitaron el uso de variados materiales constructivos que indirectamente contribuyeron a la expresividad de las estructuras que hoy conocemos. A pesar de que ambas obras representan una tipología abaluartada, ante la pérdida de sus aplanados han quedado expuestas las fábricas de murallas y parapetos evidenciando las diferencias entre ambas obras. En el Castillo de San Juan de Ulúa la utilización del coral fosilizado es representativa de los sistemas de costa, pues ante la escasez de material pétreo se recurrió a la explotación de los bancos arrecifales. En contraste a lo que ocurre en el valle de Perote, la región proveyó de canteras blancas y rosas, piedra basáltica y maderas del bosque de coníferas ubicado en las faldas del volcán Nahcampaetpetl, por lo que se encuentra mayor variedad de materiales en los elementos arquitectónicos. Por otra parte, el manejo del ladrillo en ambas zonas proporcionó tanto la facilidad de adaptarse a las formas abovedadas y sus apoyos, así como una conexión entre la expresión constructiva de las fortificaciones de Veracruz.

Los materiales utilizados en las fortificaciones son la evidencia del contraste de las regiones veracruzanas, pero también el resultado de relaciones comerciales y gestiones con otros territorios como Campeche y La Habana, lugares a los que se recurrió para el suministro de la cantería de las obras de la costa. San Juan de Ulúa presenta una gama de materiales diferentes tanto por su naturaleza como por su lugar de extracción, pues la complejidad de los bancos arrecifales se compensó con el suministro de otras fuentes, cuyas rocas han quedado imperceptibles ante la riqueza de los corales.

Los materiales constructivos son de origen orgánico e inorgánico. En el primer grupo se encuentran los característicos corales calizos de las obras de la costa veracruzana, arenas de corales y moluscos, así como la variedad de maderas de los bosques tropicales y húmedos. En el grupo de los materiales inorgánicos se encuentran principalmente las rocas sedimentarias e ígneas de diferentes lugares como Campeche, Córdoba, La Habana, Vergara, Roca Partida, además de la región de Perote que suministró perfectamente la piedra para la construcción de la Fortaleza de San Carlos. Entre los materiales de origen inorgánico también se encuentran las arenas de rocas pomez y los materiales artificiales a base de arcillas como el ladrillo, teja y solera.

En base a la forma previa de los materiales antes de su manipulación para integrarse en los elementos arquitectónicos, se clasifican en materiales amorfos y conformados. Los materiales amorfos se subdividen en básicos y compuestos. En los primeros se encuentran

las arenas y la cal en pasta; en los compuestos, se consideran los morteros y hormigones. Aquí cabe señalar que el término *hormigón* es común entre los ingenieros militares y ha quedado registrado en las relaciones de obra de la arquitectura militar veracruzana. Como hormigón se identifica a la mezcla semiseca a base de cal, arena y un agregado como pedacería de ladrillo que permite tender un solado o un piso que al fraguar adquiere una eficiente resistencia estructural. Esta aclaración se realiza por la actual referencia que entre constructores se tiene al vincular a todo hormigón con el cemento como material. En el siglo XVIII todos los hormigones son elaborados a base de cal de piedra.

En el grupo de materiales conformados se encuentran aquellos que llegaron al sitio de la obra con una forma regular o irregular, que generalmente se redefinió en el sitio para su integración a un elemento específico y como parte de un sistema constructivo. Por ejemplo, los materiales pétreos llegaron en bloques que se tallaron, escuadraron y en algunos casos, labraron en formas diferentes. El sentido de clasificar los materiales en amorfos y conformados permite identificar la técnica de transformación que pasaron para su integración en la composición de diferentes materiales en los elementos arquitectónicos.

Tabla 7.1 Clasificación de materiales por su forma previa a la manipulación				
Grupo	Materiales		Presentación	Técnica general de transformación
Amorfos	<i>Básicos</i>	<i>Arenas</i>	<i>Pulverizados y granulados</i>	<i>Conformación</i>
		<i>Cal en pasta</i>	<i>Pasta</i>	<i>Conformación</i>
	<i>Compuestos</i>	<i>Morteros</i>	<i>Pasta</i>	<i>Tendido</i>
		<i>Hormigones</i>	<i>Pasta</i>	<i>Tendido</i>
				<i>Moldeado</i>
Conformados	<i>Pétreos</i>		<i>Bloques, cantos rodados</i>	<i>Adición con aglomerantes</i>
	<i>Coralinos</i>		<i>Piezas según origen, cantos</i>	<i>Adición con aglomerantes</i>
	<i>Maderas</i>		<i>Rollizos o escuadradas</i>	<i>Fijación</i>
	<i>Cerámicos</i>		<i>Piezas</i>	<i>Adición con aglomerantes</i>

De esta manera los materiales amorfos como las arenas y la cal en pasta se incorporaron como parte de un sistema compuesto para posteriormente ser aplicados sobre un soporte bajo la técnica de tendido. En el caso de los materiales conformados, todas las piedras y corales pasaron por un proceso de corte y tallado que permitió la definición de piezas de tamaño similar que se integraron por adición apoyado de aglomerantes producto de materiales amorfos, definiéndose los procesos de la cantería o mampostería. También los ladrillos fueron integrados al elemento arquitectónico mediante la adición de piezas ya estandarizadas, aunque de fabricación artesanal, por lo que encontraremos diferencias milimétricas en sus dimensiones.

En los casos de las fábricas de ladrillo, coral o piedra, la técnica general de transformación es la adición de las piezas. No obstante, los aparejos han sido un aspecto sumamente importante para la especificación de las técnicas constructivas. La edificación del elemento

se basa en la disposición de piezas de un material o su combinación con otros materiales siguiendo un patrón basado en las posibilidades de la forma del coral, piedra o ladrillo, que permitió un acomodo y su repetición en serie para asegurar la *trabazón*. Por lo tanto, el fin de la aplicación de un aparejo es la solidez del elemento, condición muy cuidada en el caso de las fortificaciones.

En el caso particular de las maderas, cabe destacar que son materiales conformados cuya técnica de transformación fue la fijación y ensamblaje de sus piezas. Los tamaños son variables y por referencias documentales tenemos que llegaron a la obra con diferentes secciones de corte, según sus usos, por lo que su aplicación fue variada. Además, en la construcción las maderas se clasifican por su dureza que está relacionada con su peso específico. Sin embargo, en el caso de esta investigación no podemos llegar hasta conocer el peso específico de las maderas empleadas, pues al ser un material perecedero la información disponible sobre la utilización de vigas, tablas, estacas y palizadas, se basa en las referencias de los documentos históricos que las mencionan por sus nombres comunes, por lo que de manera general se han distinguido las maderas empleadas.

Tabla 7.2 Maderas empleadas en las obras de fortificación de Veracruz			
Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)			
Origen	Clasificación por dureza	Nombre común	Fortificación
Bosque tropical	Dura	Zapote o chicozapote	SJU
Bosque templado -frío	Dura	Encino	SCP/SJU
Bosque templado-frío	Blanda	Ocoyolote	SCP
Bosques tropicales	Blanda	Cedro	SJU
Bosque templado -frío	Blanda	Pinotea	SJU

Por otra parte, la investigación sobre los tipos de materiales utilizados en las fortificaciones de Veracruz se ha basado en métodos organolépticos en sitio, a través del trabajo de campo consistente en levantamiento gráfico de los materiales y posteriormente, su vinculación con las fuentes documentales de textos históricos como las relatorías de obra, informes o cartas que hacen referencia a los materiales, negociaciones o gestiones para el suministro, y presupuestos de obra, además de la revisión de investigaciones sobre materiales tanto de fortificaciones como de obras virreinales, así como estudios de geología y arrecifes. Todas las fuentes han aportado algún dato que permitió tener en conjunto un panorama de los tipos de materiales utilizados en las fortificaciones de Veracruz. Las tablas 7.3 y 7.4 presentan una lista de los materiales de manera general para posteriormente dar mayores referencias sobre los principales.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Tabla 7.3 Materiales conformados utilizados en las fortificaciones de Veracruz.					
Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)					
Origen	Material	Clasificación	Tipo o especie	Fuente de extracción o procesamiento	fortificación
Natural orgánico	Coral	Scleractinia suborden faviina	Diploria	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural orgánico	Coral	Scleractinia, suborden faviina	Colpophyllia natans	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural orgánico	Coral	Scleractinia, suborden faviina	Montastrea annularis	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural orgánico	Coral	Scleractinia, suborden faviina	Montastrea cavernosa	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural orgánico	Coral	Scleractinia, suborden fungiina	Siderastrea radians	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural orgánico	Coral	Scleractinia, suborden fungiina	Porites astreoides	Sistema Arrecifal Veracruzano	SJU
Natural mixto	Piedra	Sedimentaria bioquímica	Caliza	Campeche	SJU
Natural mixto	Piedra	Sedimentaria bioquímica	Caliza arrecifal	La Habana	SJU
Natural inorgánico	Piedra	Sedimentaria detrítica o clástica	Calcarenita: arenisca con fragmentos calizos	La Habana	SJU
Natural mixto	Piedra	Sedimentaria detrítica	Caliza lutita	Peñuela, Córdoba	SJU
Natural mixto	Piedra	Sedimentaria	Caliza arrecifal	Punta de Vergara	SJU
Natural inorgánico	Piedra	Ígnea extrusiva	Basalto	Perote	SCP
Natural inorgánico	Piedra	Ígnea extrusiva	Toba riolítica	Perote	SCP
Natural inorgánico	Piedra	Sedimentaria detrítica	Cantos rodados (de río)	Perote	SCP
Natural inorgánico	Piedra	Ígnea extrusiva	Pumicita	Perote	SCP
Natural inorgánico	Piedra para conglomerante	Sedimentaria química carbonatada	Caliza dolomía	San Antonio Limón-Tenextepec-Aguatepec (entre límites de las haciendas)	SCP
Natural inorgánico	Piedra para conglomerante	Sedimentaria	Caliza (cal de tierra)	Xalapa	SJU
Natural orgánico		Sedimentaria bioquímica	Caliza arrecifal (cal de mar)	Sistema arrecifal veracruzano	SJU
Natural inorgánico		Sedimentaria	Caliza	Río Tonto (Tuxtepec)	SJU
Artificial	Arcilla	Cerámicos	ladrillo	Tejería	SJU
Artificial	Arcilla	Cerámicos	ladrillo	Tlacotalpan - Alvarado	SCP
Artificial	Arcilla	Cerámicos	Solera, ladrillo y teja	Perote	SCP

Tabla 7.4 Materiales amorfos utilizados en las fortificaciones de Veracruz. Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)					
Origen	Material	Clasificación	Tipo	Fuente de extracción o procesamiento	fortificación
Natural orgánico	Arena	De mar	Calcáreas: corales y restos de moluscos	Isla Sacrificios	SJU
Natural inorgánico	Arena	Ígnea	Pómez	Perote	SCP
Natural mixto	Arena	De mar	Desagregación de rocas, sedimentos, fragmentos de corales y moluscos	Costa y lagunas arrecifales del Golfo de México	SJU
Artificial	Compuesto a base de cal	mortero	Mezcla para unión (junteo)	Preparación en sitio de la obra	SJU/ SCP
			De revestimiento: aplanados, bruñidos, enlucidos		
		hormigón	Solados y estructuras		

7.1.1 Arenas

Las arenas utilizadas en las fortificaciones de Veracruz se obtuvieron de las zonas más cercanas a las obras por lo que tendremos dos tipos principales: las de mar para las construcciones en costa y las extraídas de bancos arenales de pómez para las obras en Perote. A su vez, las arenas de mar fueron calcáreas o mixtas, es decir compuestas por fragmentos de corales y moluscos o producto de la combinación de desagregación de piedras naturales mezcladas con fragmentos calcáreos.

Al respecto de las arenas de mar, la mayoría de los tratados de construcción recomiendan no usarla por el contenido de sales, sílice y sedimentos que favorecen la humedad y el desarrollo de las eflorescencias, por lo que se seca con dificultad y es soluble a causa del agua, lo que hace que se escurra y no favorezca el fraguado. Otros tratados recomiendan que las arenas de mar se enjuaguen con agua dulce para reducir la cantidad de sal y mejorar su comportamiento. Sin embargo, también en la tratadística se ha mencionado que la calidad de las arenas de mar depende de su ubicación, del tipo de arena, los vientos o la composición de materiales, ya que en algunos casos pueden incluso solidificarse.³⁴⁹

En San Juan de Ulúa desde finales del siglo XVI durante la visita de Bautista Antonelli dejó la recomendación de utilizar arena de mar de la isla de Sacrificios. En el siglo XVIII, hay documentos que hacen evidente la extracción del material del mismo sitio, como el testimonio de Miguel de Zaragoza que en 1782 señala al respecto de las obras:

³⁴⁹ León Battista Alberti señaló en su tratado *De Re Aedificatoria*, libro II, que existe un lugar en la costa entre las ciudades de Orope y Áulide en donde la arena por su contacto constante con el mar se solidifica y se convierte en piedra.

“.. en cuanto a la Arena para mezclar las cales, esta se conduce de una Ysla distante trecho corto como de una legua de este Castillo; que llaman sacrificios, para la conducción de esta cirve qualquiera canoa inutil, y de poco costo por su inmediacion...”³⁵⁰

La isla de Sacrificios es una plataforma de arrecifes maduros que acumuló arena calcárea compuesta por corales y restos de moluscos en su superficie. Todos los cayos arrecifales del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano han acumulado arena calcárea, algunos la conservan con mayor pureza y otros mezclados con la arena gris de la playa. Quizá por esta razón es que se identifican dos tipos de arenas de mar en las mezclas de los elementos del Fuerte de San Juan de Ulúa, pues aunque no se han identificado otras fuentes de extracción, es muy probable que algún asentista recurriera a la explotación de otras zonas.

En el caso de la fortificación de San Carlos de Perote, la región presenta una riqueza de materiales de rocas ígneas, y por consiguiente existen bancos de arenas de material pumicita, comúnmente conocido como pomez. Esta arena es blanca, limpia y muy fina, características que favorecieron la adecuada conformación de las mezclas en las obras.

7.1.2 Cales

Se conoce como cal al óxido de calcio (CaO) que es un material alcalino de color blanco que procede de la calcinación de rocas calizas, y que al contacto con el agua, se hidrata y produce hidróxido de calcio [Ca(OH)₂]. La cal proviene de un recurso natural abundante conocido como roca caliza, cuyo nombre químico es Carbonato de Calcio (CaCO₃). Esta roca es una sedimentaria y porosa formada por carbonatos de calcio, pero cuando tiene alta proporción de carbonatos de magnesio se le conoce como dolomita.³⁵¹

La cal se utilizó como material amorfo y también como conformado. Generalmente la cal se utilizó en pasta de hidróxido de calcio, como integrante de mezclas de morteros y hormigones, pero también se han encontrado referencias en las relaciones de obra de que las piedras calizas se integraron como piezas de cantería antes de su apagado en los muelles o en las cimentaciones de las fortificaciones, indicándose que la dureza de la cal como una de las cualidades del material para su empleo.

³⁵⁰ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2962, *Testimonio de Don Miguel de Zaragoza manifestando la cresida ganancia de Don Franciso Duran en la contrata de Piedra y Arena para las obras de fortificación del Castillo de San Juan de Ulúa*, 1782.

³⁵¹ Rosario Tovar Alcazar, *La cal: ciencia, técnica y arte*, México, Trillas, 2016, p.18.

En el caso del Fuerte de San Carlos de Perote, se tienen referencias de la ubicación de los antiguos hornos de cal que suministraron la obra, los cuales se encontraban en los límites de las haciendas de San Antonio Limón, Aguatepec y Tenextepec, con probable fuente de extracción el cerro conocido hoy como La Pedrera ubicado dentro del territorio de esta última hacienda que presenta un banco de caliza dolomía del tipo de rocas sedimentarias de precipitación química carbonatada. Desde la época virreinal, Tenextepec ha sido una región productora de cal para la construcción que sigue vigente.



Figura 7. 1 Ubicación de las ruinas del horno de cal del Castillo de San Carlos, Fragmento del plano de la Hacienda San Antonio Tenextepec, 1889. Fuente: Mapoteca Orozco y Berra.

En el caso de las fortificaciones de Costa, se tienen registros de que se emplearon diversas fuentes de cal y que principalmente se clasificaron como: cal de tierra y cal de mar. La cal de tierra era aquella piedra de cal proveniente de bancos en territorios no costeros y la cal de mar fue la caliza extraída de los bancos arrecifales ubicados en los islotes o línea costera de la región. Las referencias que se tienen señalan que en las obras de fortificación de la ciudad de Veracruz, ejecutadas por el ingeniero italiano León Felipe Maffey entre los años 1726 y 1727, se utilizó cal suministrada desde Xalapa³⁵². Sobre la cal de tierra, específicamente de Xalapa se mencionan diversas ventajas, enfatizando un costo más bajo en relación con la cal de mar, pues la extracción era más rápida y los procesos de suministro podían ser de mayor volumen, lo cual no retrasaba las obras. No obstante, por tratarse de un medio físico diferente, siempre se cuestionó la pertinencia de su uso en Veracruz.

En 1756, se discutió ampliamente el uso de mezclas con cal de tierra en las obras del muelle de Veracruz, y tras diversas revisiones por parte de los ingenieros encargados de obras, finalmente Agustín López de la Cámara Alta, determinó que aunque fuera excelente la cal de tierra proveniente de Xalapa, se debía utilizar la cal de mar en los elementos que estuvieran expuestos al agua, pues la piedra estaría en su ambiente común y que la cal de tierra solamente se debía emplear en mezclas que no tuvieran contacto directo con este tipo de agua, pues no se consideraban compatibles.³⁵³

El dictamen también revela que desde el siglo XVI siempre se obtuvo cal de la calcinación de las rocas calizas de mar, muy probablemente se refieren a los fósiles de coral, por lo

³⁵² Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Historia, Vol. 362, f. 125

³⁵³ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Obras Públicas, Vol. 29, f. 34

que su eficiencia había quedado demostrada con el paso del tiempo.³⁵⁴ Debido a la variedad de corales utilizados en la construcción de fortificaciones, aún no se ha distinguido cuál de las especies corresponde a la piedra de cal que se sacaba de los arrecifes muy cercanos a la fortificación³⁵⁵ y que se llevaba a los hornos para obtener cal viva, agregándole incluso conchas de moluscos para enriquecer las mezclas.

Por otra parte, Calderón Quijano³⁵⁶ menciona como parte de los materiales propuestos por Fernando Jerónimo de Pineda en 1734 para el refuerzo de las defensas de San Juan de Ulúa, se recomendó el uso de una cal sacada de la laja de la Cabeza de Macho, argumentando que ésta fraguaba muy bien con la piedra de aquellos arrecifes. Lamentablemente no se han encontrado mayores referencias sobre este dato. Por otra parte, a finales del siglo XVII, Jaime Frank enlista en sus gastos el uso de cal proveniente de Córdoba³⁵⁷, por lo que puede relacionarse con el uso de la cantería Peñuela que es una caliza o bien de algún banco en la región que se caracteriza por la producción actual de cal hidratada para uso constructivo.

Después del reconocimiento de canteras que Miguel del Corral realizó en Alvarado y Tlacotalpan señaló la existencia de buenas canteras a orillas del río Tonto o Tuxtepec, por lo que procedieron a la construcción de hornos para fabricar cal y suministrar para las obras de Veracruz. La cal después de la calcinación en los hornos era trasladada por el río hasta Tlacotalpan en donde otras embarcaciones se la llevaban por la costa hacia el puerto de Ulúa. Por la fecha a que se hace referencia en el documento³⁵⁸, 1767, este material se utilizó en los trabajos del revellín de San José. Asimismo, también en esta región se construyeron hornos de ladrillo para el mismo fin.

La cal además de utilizarse como conglomerante, también se utilizó como cantería, según los reportes de avances de obra, se menciona el uso de la piedra de cal como material de las mamposterías base, lo cual nos señala que era un material resistente apropiado para dar solidez a los elementos estructurales.

7.1.3 Morteros y hormigones

Las mezclas utilizadas en las fortificaciones de Veracruz fueron realizadas a base de cal, tanto para Perote como para San Juan de Ulúa, las proporciones y composición de materiales fueron similares a excepción del tipo de arena que como se ha señalado correspondió con cada región. Entre las mezclas más utilizadas tenemos a los morteros que se utilizarán para efectuar adiciones entre los materiales conformados o como recubrimientos de protección a muros y otros elementos de fábricas de coral, piedra o ladrillo. En las referencias de obra se señala el uso de la cal en pasta terciada, por lo que

³⁵⁴ *Idem.*

³⁵⁵ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2962.

³⁵⁶ Calderón Quijano, *Historia de las Fortificaciones en Nueva España...*, p. 129.

³⁵⁷ Judith Hernández Aranda y Roberto Jesús Ávila Hernández, «Jaime Franck: Autos legales sobre su obra en San Juan de Ulúa (1692-1693) en Revista Ollín, nueva época, núm. 15, enero-junio 2015, Veracruz, p. 15

³⁵⁸ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2454.

se interpreta una proporción de 1 a 3 cal - arena, también se realizaron mezclas finas a base de polvo de ladrillo para enlucir interiores de paredes y bóvedas³⁵⁹.

En cuanto a los hormigones de cal, se trata de mezclas vaciadas sobre terreplenes, rellenos de mampostería ordinario o suelos para sellar estructuralmente los elementos. Las mezclas integraban cal apagada en pasta, polvo de ladrillo, arena gruesa, áridos de cal viva y muy poca agua, ya que se tenía que aplicar casi en seco para que el vaciado no generara el proceso de activación de la cal viva de manera inmediata, sino con el proceso de absorción de la humedad del ambiente, lo que generaba su cohesión al paso del tiempo. Este tipo de mezclas se identifican en las relaciones de obra como hormigón pisado.³⁶⁰

7.1.4 Pétreos

7.1.4.1 Cantería de Campeche

Desde el siglo XVI, el Ing. Cristóbal de Eraso al darse cuenta de la falta de piedra para la construcción del muelle y torre en San Juan de Ulúa, recomendó la cantería de Campeche. El suministro de este material continuó a lo largo de los siguientes siglos de manera que para el siglo XVIII se han encontrado todavía diversas referencias documentales sobre el abastecimiento de ese tipo de cantos, sin describir el lugar específico del banco o el tipo de roca empleada; llama la atención que a lo largo de tres siglos Campeche fuera una fuente externa constante de abastecimiento del material constructivo. Actualmente es difícil distinguir dentro de todo el conjunto qué elementos fueron construidos con dicha piedra, pero evidentemente se trató de un material que tenía mayor dureza y resistencia que los corales de la región, además de un fácil corte para los operarios, reduciendo el costo de mano de obra lo cual compensaba relativamente el precio de su traslado y suministro.

Campeche está asentado sobre una base continental formada por la acumulación de fragmentos finos y gruesos de carbonato de calcio y magnesio de origen marino³⁶¹, por lo que las canteras ubicadas en la región están constituidas por rocas sedimentarias bioquímicas de calizas con diversa dureza, llamándole sahcab a la caliza de menor resistencia que se desmorona fácilmente, pero que ha sido característica en la región para su uso en rellenos y mezclas.

Campeche y Veracruz tienen similitudes tipológicas por conformar a las principales plazas de fortificación de la Nueva España, pero además porque seguramente comparten el mismo material pétreo en algunos elementos. La arquitectura militar y novohispana de Campeche está edificada con piedra caliza y sahcab. Francisco López ha señalado que las murallas se construyeron con el sistema constructivo de muros encofrados de piedra caliza y relleno mixto³⁶².

³⁵⁹ Sanz Molina, *Tres fortificaciones...*, p. 574.

³⁶⁰ *Ibid.*, p. 458

³⁶¹ <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM04campeche/mediosfisco.html>

³⁶² Francisco Javier López Morales, "Campeche, centro histórico fortificado Patrimonio mundial de México" en *Revista Javeriana APUNTES*, volumen 17, números 1-2, pp. 90-97.

Actualmente continua la extracción de piedras calizas por lo que el Servicio Geológico Mexicano ubicó en 2017, cuatro zonas de explotación de materiales de canteras: Candelaria, Xpujil, Campeche-Hopelchem y Calkini-Celestún³⁶³. De éstas, la zona de Campeche- Hopelchem es donde se ubica la extracción de materiales de mayores dimensiones, puesto que en las otras se identifica la extracción de polvo, arenas, caliche, caliza para gravas, etc. Hasta el momento no se ha identificado de cuál cantera se extrajo el material llevado a Veracruz, y sólo se tienen algunos nombres de asentistas como el de Miguel Losilla, quien entre 1790 y 1791 enfrentó un pleito legal ante la falta de cumplimiento de un contrato de suministro de cantos para el muelle de Veracruz.³⁶⁴

En 1757, para tasar el costo de la vara cuadrada en las obras del muelle, el maestro mayor de la ciudad de Veracruz, Don Joseph Camacho contrató a unos maestros canteros para que labraran unas piezas en bruto y a través de una prueba del rendimiento del material y la mano de obra, se podría calcular el costo que generaría su suministro y corte a la Real Hacienda.³⁶⁵

Para 1763³⁶⁶, el ingeniero Agustín López de la Cámara Alta mencionó el uso de cantos de Campeche para las obras que ejecutaba en la ampliación de la cortina Noroeste, el Revellín de San Joseph y la ampliación del semi baluarte de San Pedro. Asimismo, el Ing. Manuel de Santistevan en 1768³⁶⁷, mencionó en algunas relaciones del avance de la obra del revellín nuevo, el uso de sillares de cantería de Campeche. Los grandes bloques se compraban en pies cúbicos y se cortaban en sitio de obra, bajo la dirección de los maestros canteros, quienes labraron sillares para las rafas de las escarpas, dovelas y enmarcamientos de vanos con la caliza que asemeja una piedra conchuela.

Cabe destacar que en el siglo XVIII se habla que el suministro de la piedra de Campeche tardaba aproximadamente 3 meses en trasladarse por mar, pero que ello también dependía de que encontrar navíos disponibles para el flete, por lo que el abastecimiento del material era lento y no se podía avanzar mucho en las obras, así que siempre fue necesario considerar otras opciones.

³⁶³ Servicio Geológico Mexicano, *Panorama minero del Estado de Campeche*, México, 2017, pp. 8-9

³⁶⁴ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Obras Públicas, vol. 38.

³⁶⁵ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Obras Públicas, vol. 19.

³⁶⁶ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Historia, vol. 356.

³⁶⁷ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Historia, vol. 355.

7.1.4.2 Cantería de La Habana



Figura 7. 2 Sillares labrados de roca caliza arrecifal que forman un parapeto en el Castillo de los Tres Reyes del Morro, La Habana, Cuba. 2018.

La relación política y comercial entre La Habana y el virreinato de la Nueva España también involucró el intercambio y comercialización de materiales para la construcción. En 1756, Don Jorge Abarca manifiesta un reconocimiento de las canteras más adecuadas para la extracción de cantos a utilizar en el muelle de Veracruz y cita “... *devo hacer presente a V.S. que la que se halla contigua al Castillo del Morro, es la de mejor calidad, y más a proposito y commodo para su embarco, pero en el acto de la practica se hará trabajoso por el excesivo largo y ancho y aviendose ajustado las q^e. se remitieron en tiempo de mi antecesor, Dn. Antonio de Arredondo...*”³⁶⁸

Lo anterior es un testimonio de un probable origen de las piedras provenientes de La Habana, continuamente referenciadas en las relaciones de obras, avances, informes y presupuestos de reparos y ampliaciones en San Juan de Ulúa y la ciudad amurallada de Veracruz durante el siglo XVIII. La piedra de las cercanías del Castillo del Morro muestra ciertos fragmentos de conchíferas, lo cual la asemeja a nuestros sistemas de fortificación en costa y con este material está construido toda la fortificación de los Tres Reyes del Morro y la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña.

La caracterización geológica de la región de La Habana se distingue por dos niveles estructurales: el *Cinturón Plegado Cubano* representado por el complejo de rocas efusivas – sedimentarias, así como las ofiolíticas y el *Neoautóctono*, representado por un complejo terrígeno y terrígeno carbonatado de génesis clástico. Este último representado por calizas, calcarenitas y areniscas asociadas a la Formación de Peñalver que descansan sobre el complejo de rocas efusivas sedimentarias y ofiolíticas, litologías que han dado origen a un relieve diferencial, sobre una estructura geológica compleja.³⁶⁹ Las canteras explotadas en la región de La Habana corresponden al nivel neoautóctono que está formado por sedimentos poco deformados del Eoceno Medio al Reciente, por lo que la materia prima son las calcarenitas, unas rocas sedimentarias areniscas con fragmentos calizos. Sin embargo, si consideramos la referencia del suministro de piedra en la región contigua al Castillo del Morro, por su cercanía con el litoral costero puede tratarse de una caliza arrecifal.

³⁶⁸ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Obras Públicas, vol. 29, f.47.

³⁶⁹ Jesús Manuel López-Kramer et al, “Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque”, en *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, enero – junio, 2015, vol. 16, no. 1, pp 40-52

Por otra parte, se ha identificado que en la arquitectura colonial de La Habana fue común el uso de una cantería llamada de San Miguel³⁷⁰. Este material constructivo corresponde a una piedra arenisca calcárea de tonalidades crema-amarillo y relativa dureza, fue ampliamente utilizado de las edificaciones, losas de pavimentos, pasos de escaleras, sardineles, brocales de pozos y aljibes, quicaleras, tapas de sumideros, portadas, así como para esculturas, cartelas epigrafiadas y moldurados de vanos³⁷¹. La cantería de San Miguel se ha ubicado geológicamente dentro de la Formación de Peñalver que se distribuye desde los límites de Pinar del Río, La Habana y hasta Matanzas.

En las descripciones de los ingenieros Lorenzo Solís, Agustín López de la Cámara Alta, y de Manuel de Santistevan, se ha hecho mención de que se utilizaron cantos de la Habana, pero no se ha identificado si corresponde a la cantería de San Miguel o a otro banco, sin embargo la dureza y a la vez facilidad para el corte y talla, generaron que durante el siglo XVIII fuera un material recurrente en las obras de reparación del muelle, del refuerzo del andén noroeste del Castillo de San Juan de Ulúa, así como durante la construcción de las defensas exteriores: revellín de San José y lunetos. Por lo tanto, al igual que en Campeche, la extracción de piedra se realizó en diversas canteras, de manera que es muy probable que se tuviera suministro tanto de la caliza arrecifal con fragmentos de corales y conchas de mar, como de las calcarenitas que son rocas sedimentarias areniscas con fragmentos calizos.

7.1.4.3 Cantería de Córdoba

Desde el siglo XVII se utilizó cantería de Peñuela en el recalzo del Castillo de San Juan de Ulúa, específicamente en la reestructuración de la Torre Vieja y del muro de las argollas. Durante el siglo XVIII algunos documentos hacen referencia al uso de cantería de Córdoba, que se relaciona con la piedra Peñuela utilizada en el siglo anterior, pues podría tratarse del mismo banco o bien de un material similar en la región.

Actualmente al sur y sureste de la ciudad de Córdoba se encuentran bancos de explotación de calizas con un alto grado de carbonato de calcio, provocado probablemente por la precipitación de carbonatos en sus mantos tras el aumento de niveles de agua oceánica durante el mesozoico y la formación de plataformas marinas del cretácico³⁷², de manera que los sedimentos también se acompañaron de fósiles. La composición geológica de Córdoba es una estructura en donde predomina una secuencia homoclinal de calizas de la Formación Orizaba, mismas que forman el depósito y secuencia de estratificación masiva constituida por la variedad de caliza fosilífera aconchado denominado tipo Peñuela, de

³⁷⁰ Roger Arrazcaeta Delgado et al, "Piedra de San Miguel": testigo del límite cretácico-terciario (K/T) en la arquitectura colonial de la Habana vieja, en *II Seminario Internacional de Arqueología*, Gabinete de Arqueología (OHCH), La Habana, Cuba, consultado en www.researchgate.net/publication/279530703_Lajas_San_Miguel_-_testigos_del_Limite_Cretacico_-_Terciario_KT_en_la_Arquitectura_colonial_de_la_Habana_Vieja

³⁷¹ *Idem*.

³⁷² Rodríguez Elizarrarás et al, *op. cit.*, p. 52-54

fondo gris fosilífero³⁷³, y que, según la carta geológica minera de la región, el tipo de material es una caliza lutita³⁷⁴.

Peñuela se reconoce como diminutivo de peña o peñasco, por lo que dicha denominación le fue asignada a un cerro al sureste de la ciudad de Córdoba desde la época virreinal. Este cerro es un banco de material calizo explotado actualmente para la producción de cal y sus derivados para la construcción principalmente: cal hidratada, sello, arena, cal química, grava, balastro. Frente a Peñuela que también se desarrolló como un asentamiento humano contiguo, se encuentra el cerro y la población de Cuauhtémoc, otro banco de roca caliza. Tanto el cerro Cuauhtémoc como Peñuela, tienen las mayores cantidades de caliza que abastecen no solo la región veracruzana, sino a distintas zonas del país. Al tratarse de una caliza de alto nivel de carbonato de calcio, el giro principal es la producción de cal para la construcción.

Las características del material son: la densidad promedio de 2.66 g/cm³, absorción al agua 0.43%, resistencia a la compresión de 1,607.82 kg/cm², calidad de corte es regular, aristas no dañadas y superficie porosa.³⁷⁵ Como se observa este material posee gran resistencia a la compresión por lo que fue utilizado en elementos estructurales, por ejemplo, en los recalzos de banquetas de cortina y piezas de contrapeso en el sistema de voladizo de los garitones.

Por otra parte, la sedimentación logró en ciertas zonas una fusión considerable que mejoró la dureza del material por lo que encontraremos el suministro de la piedra sedimentaria de tal dureza semejante a un mármol, y de hecho en el medio comercial de los mármoles y canteras es común la venta de un “mármol Peñuela” en tonos café, gris, que puede provenir de diversas regiones. Sin embargo, es importante considerar que las características principales del material extraído en Córdoba fueron su calidad y dureza, por lo que las referencias históricas señalan su uso en recalzos y fábricas de muros.



Figura 7. 3 Caliza fosilífera tipo Peñuela del cerro Cuauhtémoc

³⁷³ Coordinación General de Minería, Cerro Cuauhtémoc, *Ficha técnica del mineral caliza fosilífera*. 2011.

³⁷⁴ Servicio Geológico Mexicano, *Carta geológica minera de Orizaba E14-6*, 2001, consultada en: http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/98_E14-6_GM.pdf

³⁷⁵ *Idem*.

7.1.4.4 Cantería de Vergara



Figura 7. 4 Punta y bahía de Vergara, fragmento del plano geométrico del Puerto de Veracruz por Fabio Ali Ponzoni, 1807. Fuente: Archivo Museo Naval de Madrid.

La zona identificada como punta y bahía de Vergara está en la costa al norte de la ciudad amurallada de Veracruz. Según la cartografía antigua, se registraron unas elevaciones topográficas en la llanura costera lo que supone se trata de médanos de arena o de

la formación de roca sedimentaria. Además, se encuentra en la plataforma continental el desarrollo de arrecifes bordeantes, por lo que no se tiene claramente definido el tipo de material. No obstante, las referencias documentales describen la dureza de esta piedra, la describen como cantería y su uso es continuo, por lo que es evidente que resultó de gran utilidad para los elementos constructivos.

La cantería de Vergara fue utilizada en 1766 en las obras del muelle de Veracruz, en la zona cercana a la contaduría. Durante 1768, Manuel de Santistevan la registra como parte de los materiales empleados en la construcción del Revellín.³⁷⁶

Desafortunadamente la ampliación del puerto de Veracruz ha abarcado la zona de Vergara y se han alterado las bases de la composición geológica y las características físicas del material, por el momento no se tienen mayores datos sobre el material utilizado, pues bien puede tratarse de una caliza sedimentaria o un tipo de coral calizo de mayor dureza que los existentes en el islote de la Gallega.

7.1.4.5 Cantería de Perote

Aunque las relatorías de la obra de Manuel de Santistevan indican la explotación de las Canteras de Víboras y del Pilar como las fuentes del material constructivo del Fuerte de San Carlos, aún no se tiene la ubicación exacta de los bancos. Cabe destacar que la región de Perote es rica en rocas ígneas, pero también encontramos presencia de sedimentarias y metamórficas, pues la formación del estratovolcán Cofre de Perote, así como del volcancillo y demás cordilleras del eje transversal neovolcánico, favorecieron a lo largo del tiempo la diversidad de material constructivo de diferentes durezas y cualidades.

³⁷⁶ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones coloniales, Historia, vol. 355

Un dato relevante que puede guiar posteriores investigaciones sobre el suministro de los materiales es la referencia de los hornos de cal en los límites de las haciendas de Aguatepec, Tenextepec y San Antonio Limón, al suroeste de la ciudad de Perote y cercano al pueblo de Francisco I Madero donde se ubicaron los almacenes de pólvora accesorios a la fortificación. Actualmente se extrae en la región material pumicita³⁷⁷ como grava y arena, además de la explotación de caliza para la producción de cal. La barranca de Ocopilera que marca los límites de las haciendas en dicha zona, ha tenido canteras de toba riolítica³⁷⁸ registradas desde el siglo XIX, por lo que probablemente de esa barranca se extrajo la cantería blanca y rosa. (Figura 7.5)

Hacia el este de la ciudad de Perote, se encuentran los cerros colorados, unas elevaciones ricas en material basáltico que han sido explotados para fines constructivos. Entonces, considerando que el material suministrado debía encontrarse cercano a la fortificación en un radio que no promoviera grandes desplazamientos, se puede considerar la hipótesis de que el suministro de los materiales se realizó en esta zona de haciendas, ubicadas entre 1 y 2 leguas de distancia máxima a la obra.

Por el tipo de material que encontramos en la obra, las rocas utilizadas fueron ígneas de variedad pumicita y toba que corresponden con la llamada cantería blanca y rosa, en cuanto a la roca ígnea volcánica o extrusiva tenemos el uso constante de basalto negro que fue utilizado en los elementos estructurales y arquitectónicos por su dureza, lo que favoreció la resistencia a la compresión. Curiosamente, aunque las tobas o pumicitas tenían una menor dureza y posibilidad de labrado en menor tiempo, el ingeniero y los canteros debieron preferir el basalto en el que se tallaron diversas molduras en basas, capiteles, cornisas y otros detalles ornamentales, como se observan en la portada, lo que lleva al contraste de los muros de cortina en color blanco rosáceo con la sobriedad de la portada tallada en basalto negro.



Figura 7. 5 Sillares de cantería de basalto negro en portada y sillares de cantería rosa en muro de cortina del Fuerte de San Carlos de Perote. 2017.

³⁷⁷ Identificación de materiales a través de la Carta Geológica Minera de Perote E14-B26 del Servicio Geológico Mexicano, consultada en http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1917_E14-B26_GM.pdf

³⁷⁸ *Idem.*

7.1.5 Corales

Tanto la arquitectura militar como todas las obras del puerto de Veracruz durante el periodo virreinal son reconocidas por el uso de la llamada piedra muca o múcara como material constructivo. Las mamposterías de coral presentan una apariencia y textura agradable para quien observa detenidamente los elementos arquitectónicos, sin embargo, esta característica que tanto atrae la atención por la composición, variedad de especies y estructuras orgánicas, también es destacable por la utilización de un material no pétreo en la construcción.



*Figura 7. 6 Coral de la especie *diploria sp.*, comúnmente llamado "cerebro" por su forma semiesférica y la disposición de sus cavidades superficiales.*

Durante el virreinato de la Nueva España, ante la falta de canteras cercanas a la costa se propició la explotación de los corales del sistema arrecifal veracruzano a fin de atender a dos circunstancias: en primer lugar, resolver la falta del suministro local de un material de construcción y, por otra parte, para abrir canales de navegación que permitieran el establecimiento del puerto. Cabe recordar que en España y otras regiones europeas se utilizan piedras sedimentarias como la ostionera³⁷⁹ que presenta fragmentos de moluscos en su composición; otro antecedente se encuentra en las islas

del Caribe, por ejemplo, en Cuba se utilizaron rocas de formación sedimentaria arrecifal para las obras, por lo que para los conquistadores que enfrentaron el reto de levantar construcciones no percederas, los bancos arrecifales fueron el recurso apropiado. La diferencia en nuestra región radica en el material y su composición. Las experiencias previas de los españoles eran con el uso de rocas sedimentarias, el caso de Veracruz no refiere a una piedra, sino a un arrecife formado por corales fosilizados que aún conserva su forma y cualidades, lo que implica el uso de un material de origen orgánico, con variedad de especies y, por ende, de características físicas y químicas.

En nuestro país existen cuatro zonas de sistemas arrecifales, pero Veracruz se distingue porque los arrecifes se distribuyen muy cercanos a la costa. La mayoría son de plataforma con una geomorfología bien constituida y taludes relativamente abruptos cuyas profundidades oscilan entre los 20 a 45 mts y con zonas emergentes de lagunas arrecifales. Los sistemas se caracterizan por su comunidad coralina diversa y abundante, con una alta riqueza en especies de corales duros (escleractinios) y con una zonación bien diferenciada

³⁷⁹ Ver capítulo 4, tema 4.6, en donde se aborda el caso de Cádiz y La Habana

entre barlovento y sotavento.³⁸⁰ Otra característica de los sistemas arrecifales veracruzanos es que se han desarrollado bajo la influencia de un aporte elevado de sedimentos, nutrientes y contaminantes en la actualidad.

Hacia barlovento, es decir al norte de la ciudad de Veracruz predominan los cinturones mono-específicos de corales conocidos como cuerno de alce *acropora palmata*, mientras que, a sotavento, es decir al sur, se encuentran mayoritariamente los corales cuernos de ciervo *acropora cervicornis* y corales mixtos, además de las geoformas masivas. En las partes intermedias y profundas tienden a dominar los corales masivos de los géneros *montastrea*, *diploria* y *colpophyllia*.

Desde el establecimiento del puerto de San Juan de Ulúa en el siglo XVI se utilizaron los corales escleractinios por la dureza de las piezas, sin embargo, el problema era la extracción. En el siglo XVII, con el traslado de la ciudad de Veracruz a la llanura costera, los ingenieros requirieron el traslado de maestros canteros españoles para que orientaran a la mano de obra indígena y negra en los procesos de extracción. Además, durante el siglo XVII y XVIII aumentó la demanda de material, pues las viviendas construidas con tablas eran constantemente arrasadas por los incendios, por lo que las autoridades decidieron promover la explotación de los arrecifes con fines constructivos y controlar de esta manera los riesgos en la población. Las primeras explotaciones se realizaron en Hornos, Gallega, Caleta y Lavandera³⁸¹, así como en Las Gavias³⁸². Entre las especies más utilizadas por sus características físicas de solidez y dureza se encuentran la *montastrea annularis* y *porites asteroides*.³⁸³ Actualmente se identifican 36 especies de coral escleractinios³⁸⁴ en el Parque Natural del Sistema Arrecifal Veracruzano de las cuales las de mayor abundancia son *montastrea annularis*, *montastrea cavernosa* y *colpophyllia natans*.³⁸⁵



Figura 7. 7 La dureza del coral *porites asteroides* permite su corte y tallado como bloque de cantería.

³⁸⁰ Javier Bello, "La relevancia de los sistemas de arrecifes coralinos veracruzanos" en El Jarocho cuántico, suplemento científico de La Jornada Veracruz, número especial, 27 de noviembre de 2011.

³⁸¹ SEMARNAT, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, *Programa de manejo Parque Arrecifal Veracruzano*, 2017 p. 46 consultado en https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/135_libro_pm.pdf

³⁸² Calderón Quijano, *Fortificaciones en Nueva España...*, p. 26.

³⁸³ SEMARNAT, *op. cit.* p. 46.

³⁸⁴ *Idib*, pp. 38-39.

³⁸⁵ Horacio Pérez España y Juan Manuel Vargas Hernández, *Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa*, Universidad Veracruzana, Centro de Ecología y Pesquerías Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM002. CDMX, 2008, p. 32.

En cuanto a los corales como material constructivo de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Palacios Coria realizó un estudio³⁸⁶ sobre de las especies presentes en los muros de diferentes puntos identificados según las etapas constructivas de la fortificación. De acuerdo con los resultados de los levantamientos organolépticos, señala para el siglo XVIII el uso de los corales *acropora palmata*, *colpophyllia natans*, *diploria spp*, *montastrea annularis* y *montastrea cavernosa* y *siderastrea spp*. Además, al comparar con las especies existentes en Hornos, La Gallega e Isla Verde, todos los corales identificados en las etapas constructivas del siglo XVIII se encuentran en el arrecife Isla Verde.

Aunque el estudio de Palacios es un referente por la identificación específica de las especies por temporalidad, al compararlo con la investigación de Pineda Campos³⁸⁷, se encuentran algunas variaciones, ya que Pineda identifica en San Juan de Ulúa las especies *porites astreoides*, *siderastrea radians*, *colpophyllia natans*, *montastrea cavernosa*, *montastrea annulares* y *diploria sp*. Las últimas especies son de origen en la zona y por lo tanto las veremos con mayor frecuencia en la composición de los elementos constructivos. De manera que para identificar las coincidencias se ha realizado la tabla 7.5.

Tabla 7.5 Comparativo de especies de coral identificadas como material constructivo del Fuerte de San Juan de Ulúa			
Especies utilizadas en los siglos XVI-XVII según el Programa de Manejo Parque Arrecifal Veracruzano (2017)	Especies utilizadas en el siglo XVIII según Palacios Coria (2001)	Especies utilizadas según Pineda Campos (2005)	Especies más abundantes actualmente en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano según Pérez y Vargas (2008)
<i>montastrea annularis</i>	<i>montastrea annularis</i>	<i>montastrea annularis</i>	<i>montastrea annularis</i>
	<i>montastrea cavernosa</i>	<i>montastrea cavernosa</i> ,	<i>montastrea cavernosa</i>
<i>porites astreoides</i>		<i>porites astreoides</i>	
	<i>colpophyllia natans</i> ,	<i>colpophyllia natans</i> ,	<i>colpophyllia natans</i>
	<i>diploria spp</i> ,	<i>diploria sp</i>	
	<i>siderastrea spp</i>		
		<i>siderastrea radians</i> ,	
	<i>acropora palmata</i>		

La tabla 7.5 permite identificar que, a pesar de existir algunas variantes de especies identificadas, algunas son constantes y en definitiva han sido parte del material básico en la construcción del Fuerte de San Juan de Ulúa. Además, cabe recordar que ante la falta de canteras cercanas existieron diferentes suministros de material, por lo que la variedad de especies incluso puede ser mayor a la detectada en los estudios citados.

³⁸⁶ Eduardo Palacios Coria, *Composición de especies macrocorales hermatípicos de zonas arrecifales someras de Veracruz, Ver., su uso como material de construcción en el Castillo de San Juan de Ulúa*, (tesis de licenciatura) Izcala, Estado de México, UNAM, 2001, pp. 59.

³⁸⁷ Dolores Pineda Campos, *Investigación de los materiales coralinos utilizados en la construcción y restauración de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz, México, para su conservación*, UPV, 2005.

Todos los corales presentan un alto contenido de calcio³⁸⁸, con respecto a la presencia de magnesio, sodio, potasio, fierro, cloro, nitratos y sulfatos, por eso en contacto con los morteros de cal tuvieron gran compatibilidad y cohesión. Las especies que más calcio poseen en su composición son la *colpophyllia natans*, *montastrea annularis* y *Porites astreoides*. Como se ha mencionado en el apartado de la cal, también se obtuvo este material por la calcinación de corales calizos, por lo que es muy probable que alguna de estas especies se quemara en los hornos para generar el óxido de calcio.



Figura 7. 8 Coral *Colpophyllia natans*, también llamado "cerebro" es muy parecido a la especie *diploria sp*, con rangos de resistencia a los esfuerzos de compresión y flexión similares.

Por otra parte, en el siglo XVIII observaremos una mejor técnica de extracción de la especie *diploria sp* y de la *colpophyllia natans*, pues durante la segunda mitad del siglo, aumentará su uso conservando su forma natural y dominando la técnica de su corte en el meridiano de la pieza que volumétricamente puede ser identificada entre una media esfera o casquete.

Otra característica es la reutilización del material coralino. En las diferentes etapas del Fuerte de San Juan de Ulúa hay referencias sobre la reutilización del material, por ejemplo, cuando Santistevan (1766-69) substituyó el revellín construido por López de la Cámara Alta, reutilizó el material, así como cuando construyó la casa del castellano (1779-80), demolió primero la anterior y en la nueva edificación utilizó las piezas recuperadas. Esta situación no sólo nos habla de una búsqueda de economía, sino que también nos indica el mejoramiento de las técnicas de extracción del material que generaba el poder recuperar las piezas y reutilizarlas en la reconstrucción.

En cuanto a la resistencia de los corales, cabe destacar que según los estudios realizados por Pineda Campos³⁸⁹, la especie que más resistencia a la compresión presenta es la *Porites astreoides* con 183.90 kg/cm² y en contraste la que menos resistencia a la compresión tiene es la *diploria sp* con 13.10 kg/cm². En ese sentido resulta comprensible que, para la integración de dichos elementos en muros, el ingeniero Manuel de Santistevan reforzó los elementos con la integración de verdugos de ladrillo.

En cuanto a los estudios de resistencia a la flexión, el coral que presentó la mejor respuesta a estos esfuerzos fue nuevamente el *porites astreoides* con un valor de resistencia de 75.6 kg/cm² y por el contrario el coral de la especie *Colpophyllia natans* tuvo un valor de 2.9 kg/cm².

³⁸⁸ *Idem.*

³⁸⁹ *Idem.*

7.1.6 Maderas

A pesar de la escasez de madera en la costa, las obras no pudieron abstenerse de emplear este material y en las obras de fortificación se ha mencionado el uso de madera en galeras para forzados o jacales, cuarteles, almacenes y atarazanas hechos a base de madera y cubierta de tejamanil, y en algunos casos se ha mencionado la reutilización de estos materiales en otros elementos de las fortificaciones. Por ello no se descarta el uso de diversas maderas, palmas y tejamaniles en las construcciones menores.

Sin embargo, la madera también fue utilizada en más elementos importantes y permanentes de las obras de fortificación como son las rampas, planchadas, estacadas de muralla, cajones y malecones de protección a murallas, estructuras de tapanco y cimentaciones, así como en cimbras para bóvedas. Además, la madera se utilizó en la estructura y pisos de puentes, muelles, rastrillos, puertas y ventanas.

La madera que más se menciona para el uso de cimentaciones en las obras ejecutadas durante el siglo XVIII es la de zapote. La madera de zapote o chicozapote es de excepcional dureza y resistencia, corresponde a un árbol de bosques tropicales cálidos. Entre sus características se puede distinguir que el duramen es de color uniforme café rojizo oscuro o morado, ocasionalmente con vetas oscuras. Esta madera por su alta densidad es difícil de trabajar con herramientas manuales, sin embargo, fue muy utilizada en la construcción de las estacas, cajones y embarengados³⁹⁰ de las cimentaciones por sus cualidades de ser prácticamente impermeable, lo cual garantizaba su conservación en las cimentaciones con riesgo de estar expuestas al agua de mar. De Tlacotalpan se suministró madera para palizadas, sin embargo, en las relaciones de obra no se especifica ningún nombre de árbol que fue empleado, por lo que se carece de datos para identificar si se trata también de zapote u otro tipo de madera.

Otros documentos³⁹¹ hacen referencia al uso de pinotea para contener el golpe del oleaje, es decir como una escollera en 1712. Es una madera es una variante del pino muy resinosa caracterizada por presentar vetas claramente definidas por los tonos rojizos marrón, incluso en el sur de América se conoce como pino amarillo.

Al contrario de la situación de los sistemas defensivos en la costa, en el caso de Perote, la cercanía con el bosque ofreció la oportunidad del suministro suficiente de madera. Las especies más comunes en la región corresponden a variedades de pino. En las referencias de las relatorías de obra se menciona el uso de madera de Ocoyolote, una variedad común en la región que en otros lugares se conoce como pino ocote.

³⁹⁰ Se conocía como “envarengado” al enrejado de madera colocado como una malla sobre la estructura de pilotes que se incrustaban en el terreno. La función del enrejado o envarengado es interpretada como una plantilla de cimentación para dar unidad al elemento.

³⁹¹ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, Contaduría, 803.

7.1.7 Cerámicos



Figura 7. 9 Ladrillo en el intradós del cupulín de una garita del Fuerte de San Carlos de Perote. 2017.

Durante el siglo XVIII el material cerámico más utilizado en las fortificaciones fue el ladrillo. Para las obras de costa se produjo el ladrillo en la región conocida actualmente como Tejería, muy cercana a la ciudad de Veracruz. Este lugar se ha caracterizado porque sus suelos poseen un nivel adecuado de arcilla para generar adobe, ladrillos, tejas y otros materiales.

Sin embargo, la producción de ladrillo debió de ser lenta, ya que en 1767 cuando el Ing. Manuel de Santistevan ejecutaba las obras

exteriores del Castillo de San Juan de Ulúa, comisionó a Miguel del Corral para buscar un sitio cerca de Alvarado, a orillas del río Tonto, en donde establecer los hornos de ladrillo que abastecieran los requerimientos de las obras de mejoramiento.³⁹²

Con base a los levantamientos en las bóvedas del Castillo, las dimensiones comunes de las piezas de ladrillo utilizadas durante el siglo XVIII oscilan entre un largo de 28 a 30 cms, un ancho de 14 a 15.5 cms y un espesor de 3.5 a 4cms máximos. Como se observa estas medidas corresponden al ladrillo conocido como ordinario o rasillón.

En el caso del Fuerte de San Carlos aprovechando la bondad de las arcillas de la región del valle de Perote, se construyeron los hornos para el cocimiento de los ladrillos, tejas y soleras utilizados en la construcción de elementos arquitectónicos.

³⁹² Archivo General de la Nación (AGN) México, Instituciones coloniales, Obras Públicas, v. 38, f. 283

7.2 Técnicas aplicadas en el Fuerte de San Juan de Ulúa

7.2.1 Cimentación

Durante la segunda mitad del siglo XVIII se aplicó la **técnica constructiva de cimentación con piedra de cal sobre estructura de estacas y varengas de madera de zapote**. Esta técnica se ejecutó durante las obras de ampliación del baluarte de San Pedro a cargo de los ingenieros Agustín López de la Cámara Alta y Pedro Ponce entre 1762 y 1763; y posteriormente, la técnica se volvió a aplicar entre 1766 y 1783 durante las correcciones del revellín y ampliación de los semibaluartes de San Juan de Ulúa dirigidas por el ingeniero Manuel de Santistevan con colaboración de los ingenieros Miguel del Corral, Pedro Ponce y Segismundo Font. Sobre esta última temporada de obras se tienen mayores detalles que permiten identificar datos sobre la técnica empleada.

La cimentación por pilotaje en obras portuarias se compone básicamente de tres subsistemas³⁹³: el tablaestacado o “palplanchado”, los pilotes o “estacas” y el enrejado o envarengado. En el caso de San Juan de Ulúa los documentos que refieren a proyectos, obras y presupuestos durante el siglo XVIII han señalado los términos de *palplanchado*, *estacado* y *envarengado*, en las obras de ampliación de la fortaleza. Posteriormente a la ejecución de estos tres subsistemas se levantaba el cimiento de piedra.

Con el término *palplanchado* se refiere a un medio de contención de las aguas que permitía el trabajo de excavación, hincado de pilotes y mamposteo, el cual también fue relacionado con el llamado recinto estanco³⁹⁴. El palplanchado en San Juan de Ulúa se realizó mediante cajones elaborados con estructura y tapias de madera rellenos con piedra para generar el suficiente peso que resistiera el empuje de

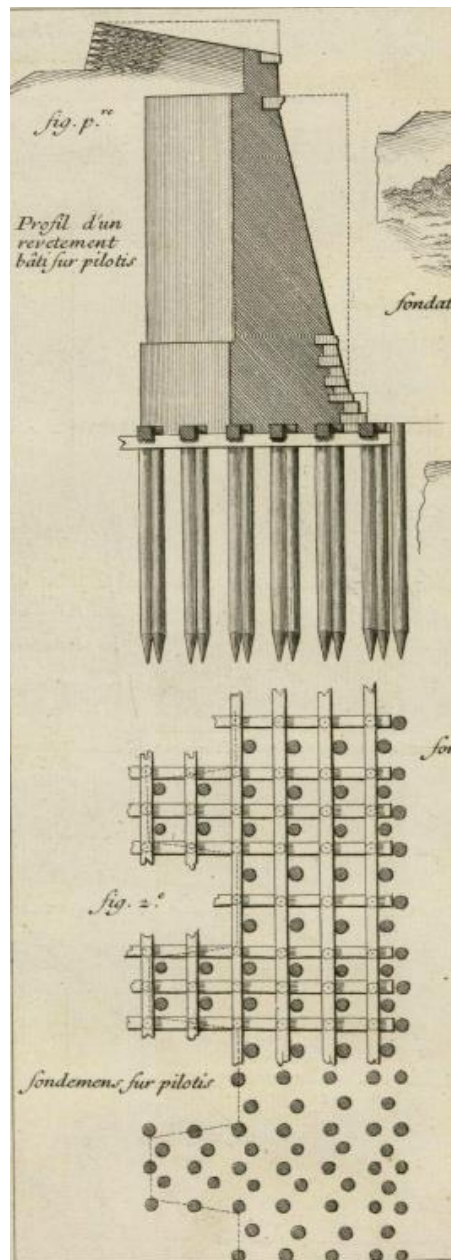


Figura 7. 10 Descripción gráfica de cimentación con pilotes y envarengado en fragmento del plano 8, libro III, del Tratado la ciencia de los ingenieros de Bélidor, 1729.

³⁹³ María Jesús Peñalver Martínez y Juan Francisco Maciá Sánchez, “El sistema constructivo empleado para la cimentación por pilotaje en las obras portuarias mediterráneas del siglo XVIII. El Real Arsenal de Cartagena”, en *Defensive Architecture of the Mediterranean, XV to XVIII centuries*, Vol. I, Rodríguez-Navarro Ed., 2015. Editorial Universitat Politècnica de Valencia., pp 421-428

³⁹⁴ Sanz Molina, *Tres fortificaciones...*p. 545

las olas y el agua. En la elaboración del cajón se utilizaron tablas gruesas de cedro y estacas de zapote. Otras descripciones sólo señalan una estructura de estacas de madera y escolleras de piedra, sin especificar el uso de tapiales.

Con la finalidad de extraer el agua de la zona de trabajo y tener libre el recinto estanco se recurrió al uso de bombas de rosario o de cadena, que eran máquinas de madera con una noria que tenía sobre su extradós una cadena de contenedores que se llenaban de agua por el giro de la rueda dentro de la zona inundada y se direccionaban los contenedores a vaciarse en el mar. Comúnmente estas máquinas eran movidas por animales, pero en las descripciones de obra de San Juan de Ulúa se omiten esos detalles, por lo que se desconoce si se utilizaron o bien, fueron los forzados quienes movían las máquinas.

Una vez preparado el recinto estanco, es decir sin agua, se identificaba la superficie del terreno sobre el que desplantaría la cimentación y se procedía al sembrado de las estacas de para fijar la cimentación. Por lo general las relaciones de obras, informes y presupuestos que detallan el uso de estacas de zapote, que por su dureza y resistencia al agua eran consideradas como la mejor opción para estos trabajos. Las estacas de zapote comúnmente eran de 8 pies de largo y 6 pulgadas de diámetro, las cuales se colocaban con martinets de mano o de maza. La madera era previamente preparada mediante la aplicación de aceite grasa.

En los proyectos de ampliación de baluartes los planos de Santistevan representaban el uso del sistema de cimentación por pilotes, sin embargo, no se especifican detalles de la técnica constructiva por lo que los datos aquí presentados corresponden con la interpretación de los documentos históricos consultados.

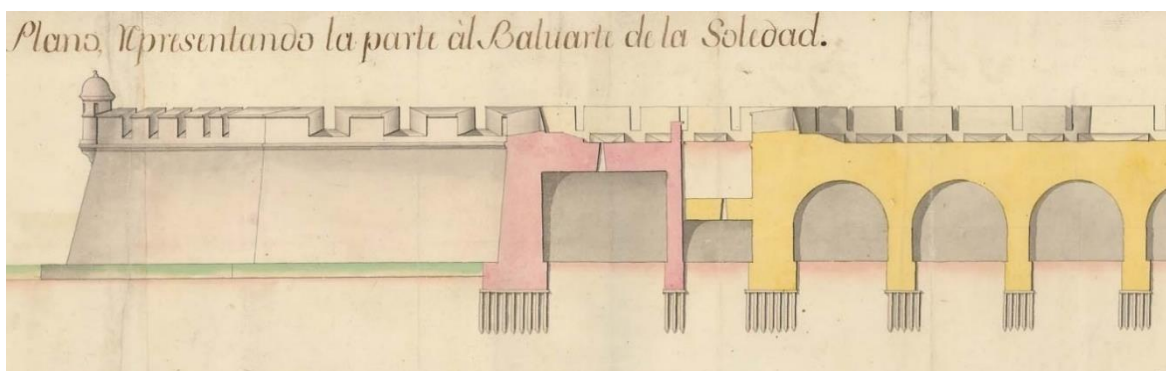


Figura 7. 11 Representación gráfica en los planos de Manuel de Santistevan de la cimentación con pilotes en la ampliación de las cortinas del Castillo de San Juan de Ulúa. Fragmento del plano de cortes de 1774.

Sobre la cabeza de las estacas se colocaba un enrejado que arriestra las cabezas de las piezas, a lo que se llamó envarengado³⁹⁵, también utilizando madera de zapote,

³⁹⁵ Este término debió trasladarse de las construcciones navales en que las varengas son unas estructuras que transversalmente sujetan las maderas que forman el esqueleto de los navíos y que permiten mantener estable el armazón. Las varengas en la cimentación mantienen unidas las estacas y la cuadrícula base de la mampostería.

posteriormente se colocaba una retícula que constituía la base firme y nivelada para el apoyo de la sillería. Los detalles del envarengado son apreciables en los tratados de fortificación y aunque no se represente su estructura en algunos planos de San Juan de Ulúa, fue una solución constructiva común, pues desde los gráficos³⁹⁶ de Fernando de Solís, y la representación de las máquinas realizada por López de la Cámara Alta se representa el conocimiento de la técnica, y la descripción de estructuras de envarengado se señalan en las relatorías de Santistevan y Ponce.

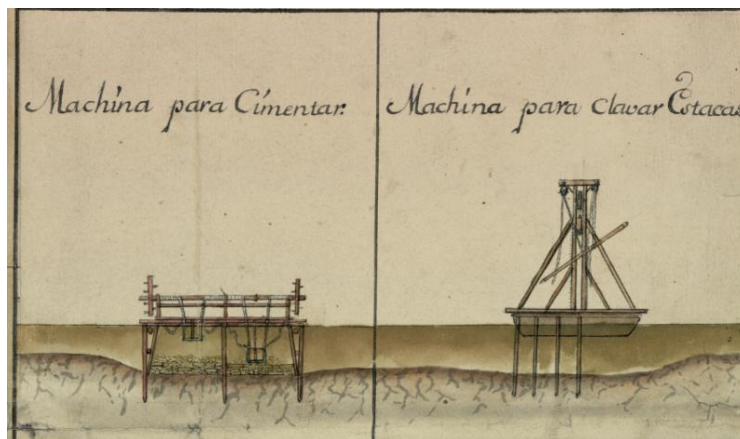


Figura 7. 12 Detalle de las máquinas para cimentar representadas por Agustín López de la Cámara Alta, 1760.

Una vez preparada la estructura de estacas y envarengado se procedió a la colocación de la mampostería bien asentada con un baño de cal terciada. Santistevan recomendaba colocar piedra de cal bien trabada, es decir cuidando su *trabazón* y en las esquinas colocar sillares labrados que permitían reforzar el desplante de la muralla y que posteriormente observaremos continúan en los vértices de los paramentos de las cortinas. En el caso de la ampliación del baluarte de San Pedro, se señala en la cimentación sobre el pilotaje y envarengado, la colocación de un cimiento de 4 varas, 2 pies y 7 pulgadas de ancho por 2 varas y 2 pies de alto, su construcción se realizaba con “*siete hiladas de sillares las quatro primeras puestas de tizon y las tres restantes de tizon y sogá*”³⁹⁷, que al interior iban rellenas de mampostería ordinaria de piedra muca.

La técnica utilizada para la disposición de la cantería estaba en relación con el ancho del cimiento, por ejemplo, en el caso del muro de las argollas, se indica un ancho de 6 varas 2 pies 7 pulgadas levantado “*con 9 hiladas de sillares, las 6 primeras puestas de tizon y las 3 restantes de tizon y sogá*”³⁹⁸. Con lo anterior queda claro que el criterio era dividir el número de hiladas en tres partes, colocando los dos primeros tercios en hiladas a tizón y el último tercio en hiladas combinando la sogá y tizón. Además, se señala que el nivel de piso

³⁹⁶ Véase los detalles de los planos de Lorenzo de Solís (Figura 6.10 y Figura 6.11)

³⁹⁷ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2462

³⁹⁸ *Idem.*

o banqueta debía quedar 3 pies superior a la pleamar, es decir el nivel más alto que alcanza el mar en el día.

La piedra de cal utilizada era la extraída de los arrecifes coralinos de la región. A las juntas expuestas en los paramentos de los cimientos se les aplicaba un baño de aceite con cal que se llamaba *zulaque*, lo que hacía que la junta fresca fuera impermeable por algún tiempo mientras se lograba el fraguado de las mezclas. Cabe recordar que los morteros de cal tienen un tiempo más prologado de fraguado. Por las mismas razones el tablaestacado o palplanchado no se desmontaba después de concluidos los trabajos de cimentación pues seguía siendo una protección de las estructuras que incluso puede ser considerada parte del sistema, aunque en la representación gráfica de los planos no aparezca.

7.2.2 Apoyos

En cuanto a los elementos estructurales de apoyo se encontró la aplicación de siete técnicas constructivas por la utilización del material base principal: los corales. Las diferencias entre las técnicas se generaron a partir del corte de la pieza, la disposición del material y en algunos casos por la integración de ladrillo o materiales pétreos. La aportación principal que se identifica en el siglo XVIII corresponde al uso del coral calizo de las especies *diploria sp* y *colpophyllia natans* en la conformación de las obras. Estas especies son muy similares y se conocen comúnmente como “cerebro” por el diseño de sus cavidades apreciable en su superficie, su volumen constituye un cuerpo rodado de base plana a modo de casquete esférico. Anteriormente el coral había sido utilizado en rellenos, ripios o en formas irregulares para las mamposterías ordinarias, pero en la segunda mitad del siglo XVIII se optimizó su trabajo por lo que esta modalidad se integró al repertorio de sillares y sillarejos regulares o semi regulares de piedra sedimentaria caliza.

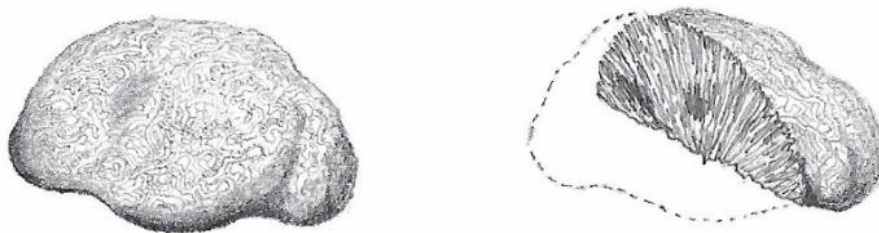


Figura 7. 13 Corte del coral de la especie *diploria sp* para utilizarlo como material constructivo regular.

Por otra parte, cabe destacar que los paramentos exteriores en talud de cortinas de murallas, baluartes y revellín presentan una composición material diferente al paramento interior. En exteriores se observa un trabajo más detallado y perfilado de sus piezas en contraste con los interiores, está característica también se ha observado en otras fortificaciones hispánicas, como se ejemplificó en el tema 4.6.2 de esta investigación.

7.2.2.1 Obras de coral semiesférico en hiladas regulares

A partir de las obras del ingeniero militar Agustín López de la Cámara Alta y Pedro Ponce, se observa en los muros la conformación clara de hiladas con los corales de las especies *diploria sp* y *colpophyllia natans* a través de la técnica del corte de cada pieza de casquete esférico por su meridiano, de manera que se definió tanto una base plana como una cara (testa) plana que se aprovechó para paramentos exteriores a talud y en muros interiores. El corte de los corales *diploria sp* y *colpophyllia natans* generó piezas careadas con medidas comunes que varían entre los 20 a 30 cms de largo. Las hiladas presentan una clara definición horizontal y un aparejo alternando juntas verticales, también se presentan ajustes entre las enjutas de los cantos rodados con pedacería y ripios de diversos corales o ladrillo asentados con mortero de cal y arena. Las juntas son relativamente gruesas y notoriamente visibles en relación con las texturas de líneas en abanico que presenta la cara aparente del coral. Las evidencias de esta técnica se encuentran en los muros exteriores del flanco y cara norte del baluarte de San Pedro principalmente, y en diversos muros, muretes y parapetos interiores. Asimismo, en el vértice de los lados se observa el refuerzo con sillares regulares de mayor dimensión a modo de “rafas”.



Figura 7. 14 Muros de coral semiesférico dispuestos en hiladas regulares y cuidando el cuatrapeo de las piezas. Además, se observa el refuerzo con sillares a modo de "rafas" en el vértice de los muros que une el flanco y cara del baluarte de San Pedro. 2018.

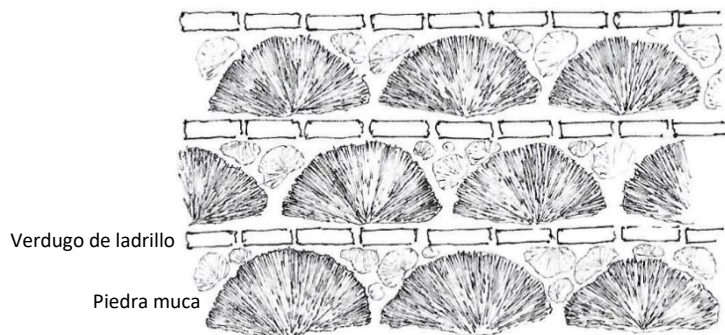
Se deduce que esta técnica fue fomentada por el trabajo conjunto de los ingenieros con el maestro cantero José Camacho de Mendoza en las obras del revellín y la ampliación del baluarte de San Pedro entre los años de 1762-1763, previos al fallecimiento del Ing. Agustín López de la Cámara Alta. Durante este periodo se encontró una forma de aprovechar la forma del coral a pesar de su canto rodado para generar un paramento plano sin propiciar tanto desperdicio y cortes en la pieza. Existe un plano atribuido al maestro cantero que representa en el interior del corte del muro la disposición de las piedras de coral. Sin embargo, se desconoce si en este caso el relleno de los muros de muralla continúa con el corte y disposición de la pieza, pues las referencias documentales sólo indican el uso de mampostería ordinaria de manera general.



Figura 7. 15 Fragmento del plano del Castillo de San Juan de Ulúa (ca. 1760) en donde se observa el corte de la muralla y la representación del sistema constructivo a base de piedra muca. Imagen tomada del libro Fortalezas históricas de Veracruz, p. 79. Fuente original: Archivo General de la Nación México.

7.2.2.2 Obras mixtas de coral semiesférico en hiladas regulares con verdugadas de ladrillo

La otra modalidad que aprovechó la técnica del corte del coral por su meridiano fue el uso de muros mixtos a base de hiladas de coral semiesférico y verdugos o verdugadas de ladrillo de barro rojo recocido, asentados con mortero cal – arena y rellenando las enjutas entre los corales con fragmentos de muca o ladrillo. No existe un patrón constante de cuántas hiladas de cada material se debían colocar, pues en algunos casos se combinó una hilada de coral y una hilada de ladrillo, como en los muros transversales de la ampliación de la cortina norte del Fuerte de San Juan de Ulúa, en otros, fueron dos o tres hiladas de coral por una o dos de ladrillo. El uso de verdugos de ladrillo fue una técnica de origen antiguo que Santistevan retomó en 1766 para lograr una mayor resistencia de la estructura del muro a los esfuerzos a los que pudiera estar sometidos. No se ha comprobado si el verdugo cubre todo el ancho del muro, aunque es muy probable que sólo llegara a cierta profundidad ya que la técnica es identificada sólo en un paramento. En cuanto al ladrillo, sus dimensiones fueron variables con un promedio de 30.5cms de largo, 14.5 cms de ancho y 3.5 cms de espesor, su integración seguía un aparejo algunas veces a tizón y en otros casos a soga.



*Figura 7. 16 Muros mixtos de hiladas de coral *diploria* sp y ladrillo de barro recocido.*

Cabe destacar que esta técnica trascendió a otras obras militares, ya que actualmente en los paños interiores de los muros del hospital militar (ca 1767) y las atarazanas (1779) en la ciudad de Veracruz, se aprecia la combinación de muca y ladrillo en hiladas alternando 2 o 3 hiladas de muca con 2 o 3 verdugos de ladrillo.

7.2.2.3 Obras con reutilización de coral semiesférico en hiladas semirregulares

El ingeniero Manuel de Santistevan sustituyó el revellín de San José edificado por Agustín López de la Cámara Alta, en donde seguramente los muros estaban edificados al igual que la ampliación del baluarte de San Pedro, con sus paramentos exteriores de piedra de coral semiesférica en hiladas regulares. Ante la escasez de material y para reducir los costos, durante la demolición del revellín de Agustín López, las piezas de coral fueron recuperadas, así como todo el material de rellenos y cubiertas.

La obra de Manuel de Santistevan con Miguel del Corral y Pedro Ponce, presenta en el nuevo revellín, muros compuestos por piezas de coral reutilizadas en combinación con piezas de cortes semi escuadrados. Las hiladas trataron de dar regularidad, aunque por las diferentes formas y dimensiones no se logró completamente y se combinó su disposición, algunas veces con su superficie esférica en el paramento dando vista a la conformación de las cavidades del coral cerebro y otras correspondiendo con el corte de su meridiano que había configurado la testa. De esta manera la obra presenta



Figura 7. 17 Paramento exterior del muro que conforma el revellín de San José en donde se aprecia la intención de regularizar las hiladas del coral.

una fábrica más parecida a una mampostería ordinaria semi regular. Esta combinación de las piezas permite ver en los muros exteriores una exquisita gama de texturas asentadas con mezcla de cal y arena, procurando un mínimo de espesor en las juntas de mortero.

7.2.2.4 Obras de coral semiesférico en hiladas con piezas encontradas

Aunque parece accidental o una intervención posterior, se ha considerado como una técnica por la composición de las piezas de coral semiesférico que combina las hiladas en diferente disposición, tratando de regularizar las juntas horizontales, por el encuentro de las dos piezas con debido cuatrapeo en su superficie plana que era la base de la piedra. Asimismo, para asegurar la trabazón en la siguiente hilada en que se encuentran los cantos rodados, éstos se alternan e integran ajustes con piezas menores por las diferencias en sus dimensiones. Las juntas son anchas y presentan cierto ripio. La técnica se encuentra en enrasas de fachadas interiores del revellín de San José, cuyo perfil claramente definido parece corresponder a piezas no utilizadas previamente e incluso abren incógnitas sobre su datación.



Figura 7. 18 Detalle de la disposición encontrada de los corales en el enrase de muros del revellín.

7.2.2.5 Obras de coral en corte careado dispuestos por hiladas y en cuatrapeo

En los parapetos y algunos otros sitios se ha encontrado que el material coralino se preparó con un corte que trató de escuadrar la pieza de origen semiesférico, a fin de conformar bloques grandes que posteriormente serían colocados en hiladas regulares. Las piezas de dimensiones variables entre 42 a 65 cms de largo por 30 a 41 cms de alto, son asentadas con mezcla de cal y arena y su disposición permitió un paramento compuesto por diversas texturas del coral. En este caso cabe destacar que el coral utilizado presentaba dimensiones mayores, lo que permitió el corte de las piezas en piezas semi regulares, que, si bien no se lograron a la perfección la escuadría, si se identifica un trabajo de cantería que permitió una obra donde se aseguró el muro en hiladas y la trabazón de las piezas por las juntas verticales alternadas. Con esta técnica no se



Figura 7. 19 Paño interior del parapeto del revellín de San José.

observa el uso de ripios, pues se aprecia la selección cuidadosa de las piezas grandes en coral para la conformación del parapeto.

7.2.2.6 Obras con sillares de coral y piedra en aparejo isódomo

En el perfeccionamiento de los baluartes de San Pedro y San Crispín se observa la mejor aplicación de esta técnica, quizá como resultado del trabajo de cantería en las piezas de coral y piedra sedimentaria utilizada, que permitió el corte y escuadría de los sillares. Estas piezas que seguramente fueron seleccionadas por su resistencia se emplearon en las caras y flancos sur de los baluartes, en donde también se puede observar la regularidad de las

hiladas y el seguimiento de la trabazón por cuatrapeo de sus juntas verticales, a modo de un aparejo isódomo con escaso uso de mortero en sus juntas. Esta técnica era común en los paramentos exteriores de murallas y baluartes de las obras de fortificación hispánica en donde el suministro de materiales no era tan complicado como en el caso de Veracruz.

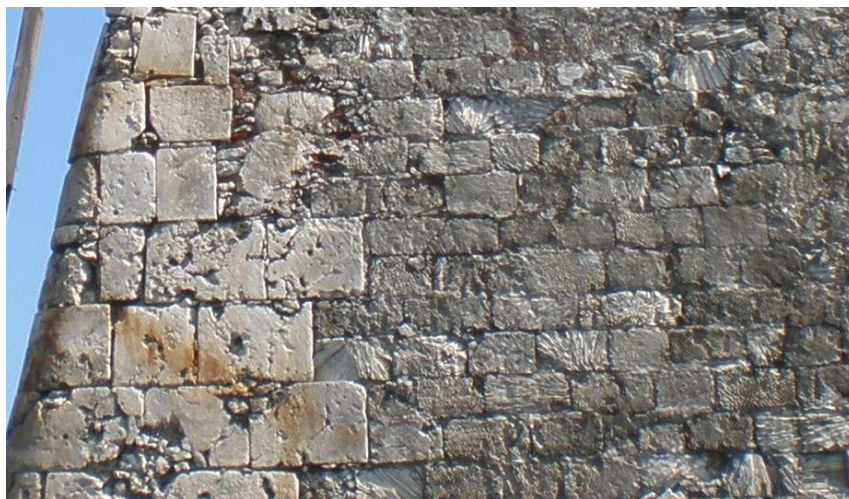


Figura 7. 20 cara sur del baluarte de San Pedro. En la imagen se observan los sillares regulares y en el extremo izquierdo el refuerzo de sillares grandes del ángulo capital.

7.2.2.7 Obras mixtas de coral en diversas especies y piedra en forma ordinaria irregular

Las relatorías de obra comúnmente señalan el uso de mampostería ordinaria en las construcciones, ya sea para cimentaciones, muros o bóvedas. En el caso de los muros se ha encontrado que los paramentos interiores de las murallas, caras y flancos de baluartes presentan una obra ordinaria irregular compuesta por la integración de diferentes tipos de coral indistintamente acomodados para asegurar la trabazón de forma concertada, con ajustes, ripios e incluso con piedra sedimentaria. La irregularidad de las piezas fomenta el uso de juntas de mortero gruesas e irregulares. Estos muros fueron aplanados y enlucidos igual que los exteriores, sin embargo, actualmente la superficie no conserva todos sus acabados.

7.2.2.8 Refuerzos en los vértices de baluartes, revellín y lunetos con sillarejos

Además, otra característica de los muros del siglo XVIII es el uso de rafas como refuerzos en las esquinas o cambios de dirección de muros que configuran los baluartes, revellín y lunetos. De acuerdo con las relatorías de obra, para la conformación de los sillares de refuerzo se utilizaron las canterías de Campeche o Vergara.

Figura 7. 21 Foto que muestra los sillares en refuerzo de esquinas, comunmente llamados "rafas". Luneto de Ntra. Sra. Del Pilar. Obras exteriores de San Juan de Ulúa.



7.2.3 Cubiertas: bóvedas

Durante el siglo XVIII, las fortificaciones de la monarquía hispánica ejecutaron las cubiertas abovedadas con la técnica a *prueba de bomba* que refiere a estructuras capaces de soportar el impacto de las balas de cañón. En el caso de San Juan de Ulúa, la técnica constructiva de **bóvedas a prueba bomba se desarrolló mediante el uso de roscas de ladrillo, rellenos con coral, arena y cal, capas de coral en piezas y el vaciado de hormigón de cal.** A pesar de que los materiales son constantes en la mayoría de los casos analizados, las variantes corresponden con las formas geométricas que proyectaron los

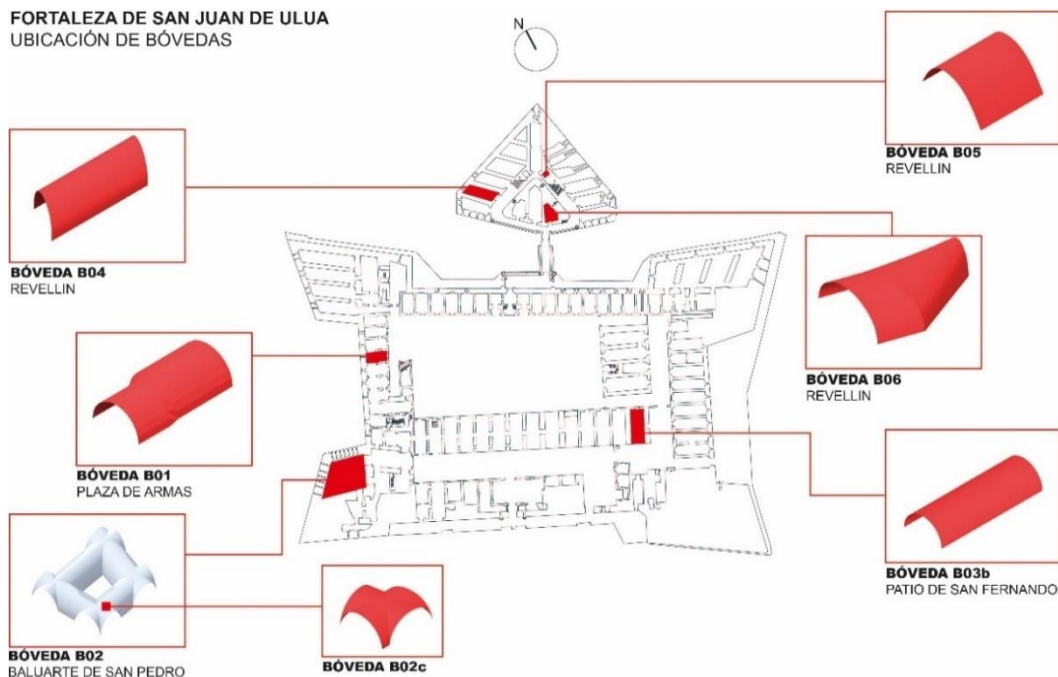


Figura 7. 22 Croquis de ubicación de las bóvedas analizadas.

ingenieros militares y su disposición del material en los aparejos de las roscas. Entonces el estudio de las bóvedas por tipologías resultó interesante por la variedad de formas geométricas y su relación con la técnica que demuestra la aplicación de los saberes en el dominio de los materiales para lograr los retos formales, constructivos y espaciales que implicó la ejecución de las bóvedas a prueba de bomba en San Juan de Ulúa. El desarrollo de la temática recupera datos de históricos que demuestra el dominio de conocimientos de sus ingenieros, la concepción del trazo geométrico y la disposición de sus materiales constructivos.

7.2.3.1 Ampliación de bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral

La bóveda **B.01** es representativa de esta técnica aplicada por el ingeniero militar Agustín López de la Cámara Alta, quien realizó en 1762 un proyecto para ampliar con bóvedas el ancho de las cortinas que delimitan en paralelogramo al Castillo de San Juan de Ulúa. La obra preexistente en la cortina norte había sido ejecutada en su primer tramo por Jaime Franck en 1689 y consistió en una estructura compuesta por casamatas cubiertas con bóvedas de cañón de medio punto levantadas en piedra. En 1742 Félix Prósperi presentó la primera propuesta de ensanche de las cortinas noroeste y suroeste con la finalidad de tener más espacio para el movimiento de la artillería en las cubiertas; según un detalle de su plano, la extensión se realizaría con una estructura de vigas de madera.

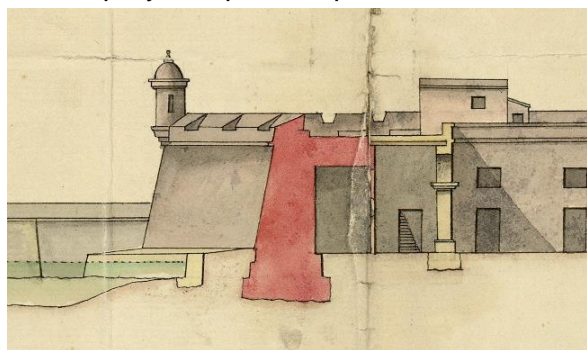


Figura 7. 23 Sección de la cortina noroeste del Castillo de San Juan de Ulúa que manifiesta el ensanche para la retrocesión de la artillería. Detalle del plano rubricado en 1742 por Félix Prósperi. Fuente: Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de España.

Hacia el año 1762, el ingeniero segundo López de la Cámara Alta inició los trabajos de cimentación de la ampliación de la cortina norte hacia la plaza de armas, y sustituyó la cubierta de madera hecha por Prósperi por una cubierta con bóvedas, pues como lo indica una relación de 1764³⁹⁹ la madera se encontraba en muy malas condiciones y al menor brote de fuego se podría derribar. La solución del ingeniero militar Agustín López se basó en extender el espacio de las casamatas con una bóveda de cañón corrido de medio punto “a prueba de bomba con su terraplén de hormigón vien pisado quedando esta Batería en la solidez correspondiente para su defensa.”⁴⁰⁰

³⁹⁹ Archivo General de la Nación (AGN) México, Instituciones Coloniales, Obras Públicas, volumen 356, f386-387

⁴⁰⁰ *Idem*

En julio de 1763, los ingenieros Ricardo Aylmer y Pedro Ponce realizaron un plano con el registro de las obras ejecutadas por el Ingeniero Agustín López de la Cámara Alta, tras su fallecimiento (Figura 6.26) En dicho plano se puede identificar la ampliación de las casamatas de la cortina norte a partir de un muro divisorio en cada uno de sus espacios.

En cuanto a su **morfología**, se observa que cuando se les dio continuidad a las bóvedas, no se demolió el muro previo de fachada de Jaime Franck, por lo que en el plano de Aylmer y Ponce se distingue una división entre ambas obras de bóveda, y los ejes de los pies derechos parecen coincidir. (Figuras 6.26 y 7.26) Actualmente esos muros no existen y lo que observamos es un evidente desfase en los ejes de los pies derechos, (Figuras 7.24 y 7.25) deformando también la continuidad del intradós de las bóvedas, sin que se observe un arco fajón o algún otro recurso que estructure la unión de los tramos de bóveda de diferente temporalidad.



Figura 7. 24 Foto del interior de la casamata donde se observa el desfase del intradós y pies derechos de la bóveda 1

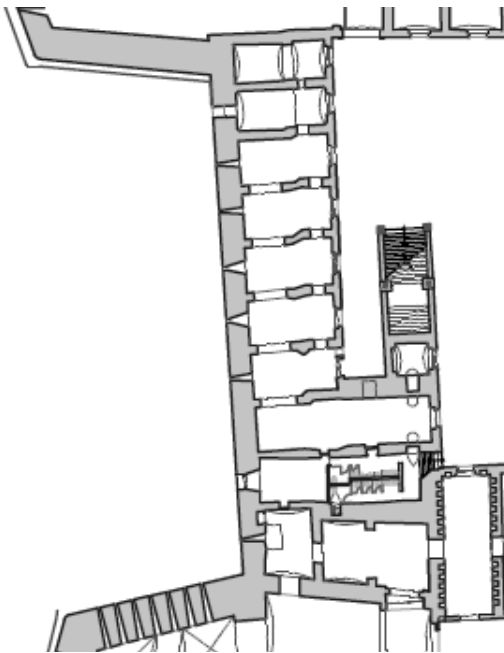


Figura 7. 25 Cortina noroeste del Castillo de San Juan de Ulúa con el desfase de los ejes de pies derechos.



Figura 7. 26 Fragmento del plano de 1763 en donde se indica la ampliación de las bóvedas de la cortina noroeste

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Con la ampliación de la cortina noroeste resuelta por Agustín López de Cámara Alta la casamata de planta rectangular con desfase presenta dimensiones generales de 9.27m de longitud por 4.37m de luz (5 varas 1 palmo). Las bóvedas corresponden a cañones corrido de medio punto y la B-01 es un claro ejemplo que se repite en las 10 bóvedas ejecutadas por el Ing. López de la Cámara Alta.

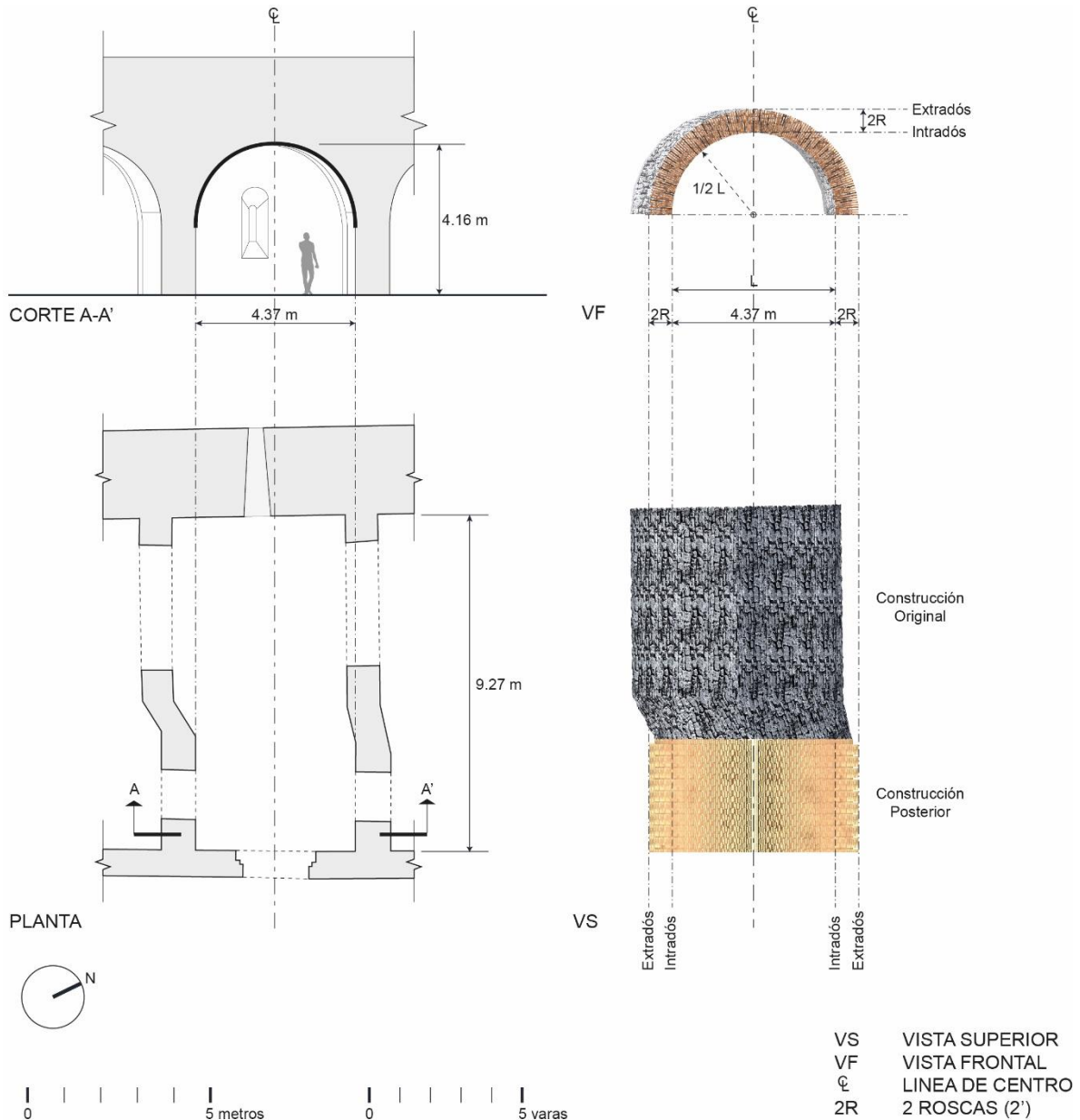


Figura 7. 27 Planta, corte y gráficos representativos de la bóveda B-01

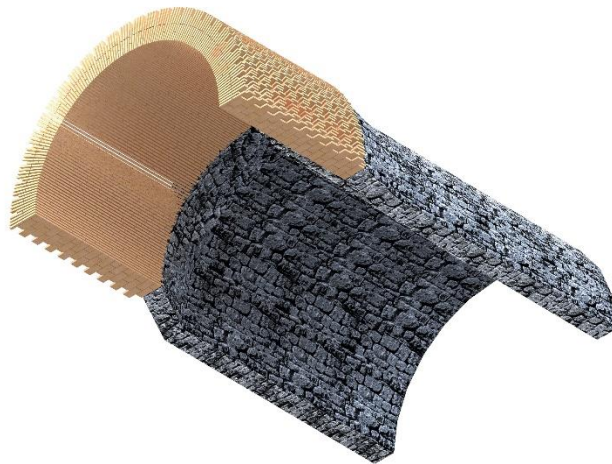


Figura 7. 28 La bóveda B-01 representada en ladrillo.

En el **análisis técnico** se ha identificado que el ladrillo es el material base en la conformación de la bóveda B-01, en donde se presenta con anchos variables entre 14.5 a 15.5 cms, debido a su producción artesanal, además tiene un espesor de 3.5 cms y el largo no es identificado porque las piezas están dispuestas a tizón, pero es muy probable que su dimensión sea cercana a los 30 cms.

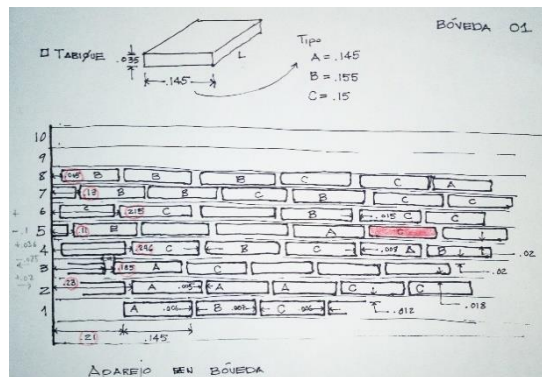


Figura 7. 29 Imágenes del aparejo identificado en la B-01 y su registro gráfico en sitio

La bóveda B-01 descrita como a prueba de bomba estaría conformada por 2 o 3 roscas de ladrillo según las recomendaciones de los tratados de fortificación; por la disposición de su aparejo a tizón, se calcula el uso de 2 roscas únicamente. Los aparejos del sistema constructivo se establecen a partir del uso de ladrillos colocados en hiladas en el sentido longitudinal de la bóveda y los ladrillos son puestos a tizón como se observa en parte del intradós que ha perdido su aplanado.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

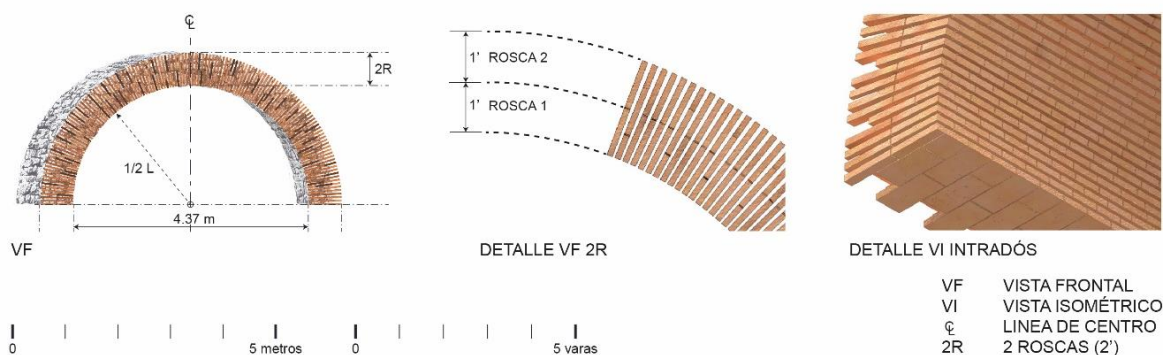


Figura 7. 30 Gráficos que ilustran el aparejo a tizón de las dos roscas que forman la bóveda B-01

Sobre las roscas de ladrillo se macizaron los senos a un tercio con masonería de piedra muca asegurándose de que quedara bien apisonada y se cubría con un “hormigón pisado”. Cabe recordar que en esta época se conoce como hormigón a la mezcla de cal, arena y piedra pequeña, ladrillo o escoria⁴⁰¹. En el caso de las obras militares las relaciones de obra en Veracruz durante el siglo XVIII describen el uso del hormigón pisado, es decir, una mezcla de cal, arena gruesa y polvo de ladrillo⁴⁰².

7.2.3.2 Bóveda de arista a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral

A partir de 1760 se iniciaron diversos planteamientos sobre la mejora de las defensas de San Juan de Ulúa en la zona inmediata al canal del norte. Entre las primeras propuestas además de la reparación del andén de la cortina noroeste, estuvo la de ampliar el semi baluarte de San Pedro. La bóveda **B-02** es representativa de la solución de estructuración de dicha ampliación, la cual estuvo a cargo en su diseño y dirección de obra por el Ingeniero Agustín López de la Cámara Alta, como lo indica el plano de 1762.

El ingeniero Agustín López era parte del Ejército de Cataluña y había adquirido experiencia en actividades militares durante diversas campañas, sin embargo, no se tienen referencias de sus estudios realizados en alguna de las escuelas de fortificación de la época⁴⁰³. No obstante, emprendió la dirección de diversas obras en San Juan de Ulúa. Ante la complejidad de la obra de ampliación del semi baluarte de San Pedro, durante el proceso contó con el apoyo del ingeniero Pedro Ponce, a quien distinguió por sus habilidades en obras hidráulicas.

⁴⁰¹ Espinosa, P.C., *Manual de construcciones de albañilería*, Madrid: Imprenta de don Severiano Baz, 1859, p. 78.

⁴⁰² Sanz Molina, *Tres fortificaciones...*, 442

⁴⁰³ Patricia Osante, “Agustín López de la Cámara Alta, Descripción general de la Colonia de Nuevo Santander”, en *Históricas Digital*, Revista digital, Serie Documental, 27, UNAM, 2006, pp. 62-163, consultado en <http://www.históricas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libras/nuevosantander/descrpcion.html>

La construcción se encuentra anexa a la obra del siglo XVI de Cristóbal de Eraso y la cortina Noroeste ejecutada por Jaime Frank en el siglo XVII. La bóveda B-02 es parte del conjunto de 8 bóvedas que se levantaron entre los años 1761 a 1763 y cuyo desarrollo fue lento y complicado por ubicarse en una zona continuamente abatida por los vientos del norte, lo que dificultó y atrasó la conformación de la cimentación. Existen diversas cartas en donde Agustín López de la Cámara Alta justifica sus atrasos y los atribuye a eventos climáticos que incluso le desarmaban las estructuras de cimentación ya colocadas.

Por lo tanto, aunque las obras de ampliación del semi baluarte se iniciaron paralelamente a la ampliación de la cortina noroeste y a las obras del Revellín de San Joseph, éstas terminaron al último. López de la Cámara Alta, además de argumentar las condiciones climáticas, también se quejó continuamente de la falta de mano de obra especializada, recurriendo a personal de Córdoba y Orizaba, pero que lamentablemente al poco tiempo de llegar a Veracruz se enfermaban. Asimismo, otra justificación del atraso fue la falta de material para la ejecución de las obras de mampostería.

Finalmente, la construcción con el apoyo de Pedro Ponce fue concluida en 1763. En agosto del mismo año se presentó una cuarteadura en los muros antiguos y contiguos del baluarte viejo, la cual ha sido una grieta histórica que aún puede identificarse in situ y que se deriva de un problema de cimentación por un asentamiento en el islote arrecifal. La ampliación del semi baluarte de San Pedro y el diseño de su estructura también quedó registrada en el plano de fecha 1763 de Ricardo Aylmer y Pedro Ponce.

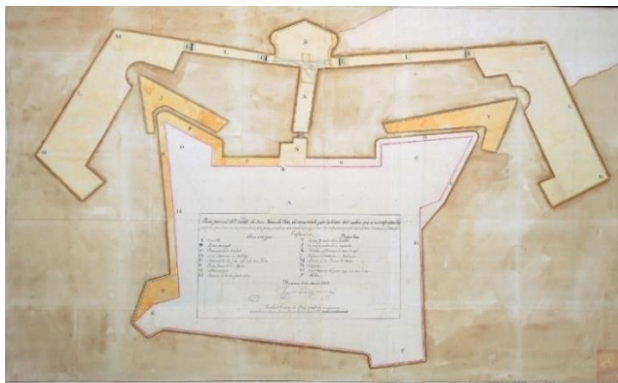


Figura 7. 31 Plano parcial del Castillo de San Juan de Ulúa, demostrado por la línea del Cordón que se manifiestan los proyectos que se han tenido por convenientes, para ponerle en una moral defensa y evitar las invasiones que pudieran intentar los enemigos. Agustín

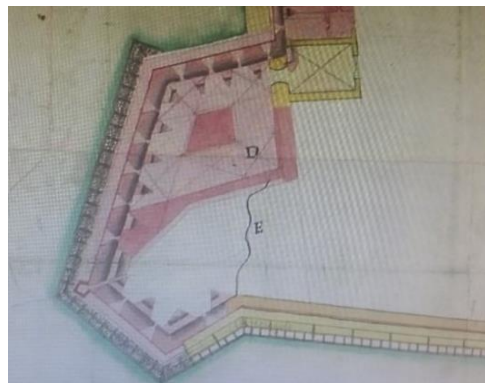


Figura 7. 32 Fragmento del Plano de 1763 de Pedro Ponce y Ricardo Aylmer en donde se observan las obras de ampliación del semi baluarte de San Pedro y la cuarteadura presentada tras las obras.

La ampliación del semi baluarte de San Pedro presenta una **morfología** basada en una planta en trapecio que se cubrió por 4 bóvedas de cañón de medio punto dispuestas perimetralmente. Al centro de la planta se ubicó un apoyo que adquiere también la forma de desplante de un trapecio para corresponder paralelamente a los apoyos longitudinales de las bóvedas de cañón.



Figura 7. 33 Vista del apoyo central común a las ocho bóvedas que cubren la ampliación del semibaluarte de San Pedro.

La intersección de las bóvedas de cañón corrido semicircular en dos direcciones genera una bóveda de arista en cada encuentro oblicuo (Figura 7.35). Resulta sorprendente que se lograra la estructuración de los espacios irregulares con las bóvedas de arista porque se requiere del dominio de la geometría para resolver la colocación de cimbras y aparejos durante el proceso constructivo.

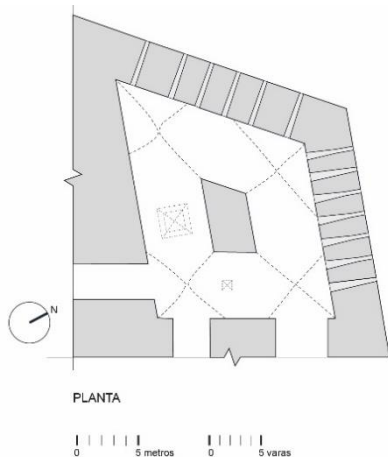


Figura 7. 34 Gráfico en donde se representa la irregularidad de la planta sobre la se levantaron las bóvedas de cañón y su intersección en las esquinas para conformar las bóvedas de arista

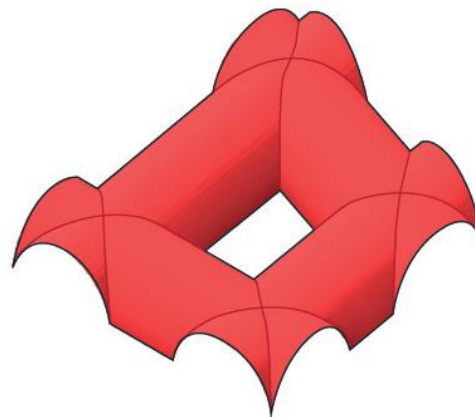


Figura 7. 35 Vista superior de la composición geométrica que forman las bóvedas del Ing. Agustín López de la Cámara Alta

El autor del proyecto bien pudo optar por otras soluciones más fáciles como una secuencia de casamatas de cañón similar a las ubicadas en las cortinas, sin embargo, las ventajas del espacio continuo con menos volumen de mampostería en muros pudieron haber sido un motivo para la elección de la alternativa en la ampliación del baluarte. Ante la audacia del Ingeniero López de la Cámara Alta y el auxilio del Ingeniero Pedro Ponce, se logró resolver

estas bóvedas de las cuales se analiza a detalle el trazo de una bóveda de arista, por la peculiaridad de la base irregular.

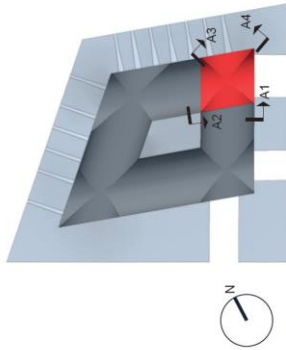


Figura 7. 36 Planta de bóveda de arista "2a"



Figura 7. 37 Fotografía del interior del espacio cubierto por la bóveda de arista

Los cañones de medio punto que se interceptan en la bóveda de arista fueron proyectados del mismo diámetro, pues en sitio sólo se han encontrado diferencias por dos centímetros, lo cual no es significativo. Entonces, con origen en la intersección de dos cañones de 5.47m de luz (6.5 varas), se forma una bóveda de arista con líneas de centro paralelas al piso, es decir, que la generatriz horizontal de los cañones se mantiene. Las aristas forman dos arcos diagonales de trazo carpapel, con diferentes diámetros, uno de 8.49m (10.15 varas) y otro de 6.73m (8.05 varas). Estos arcos en diagonal se cruzan y coinciden con la misma flecha de 2.73m (3.27 varas) que a su vez corresponde con la flecha de las bóvedas de origen.

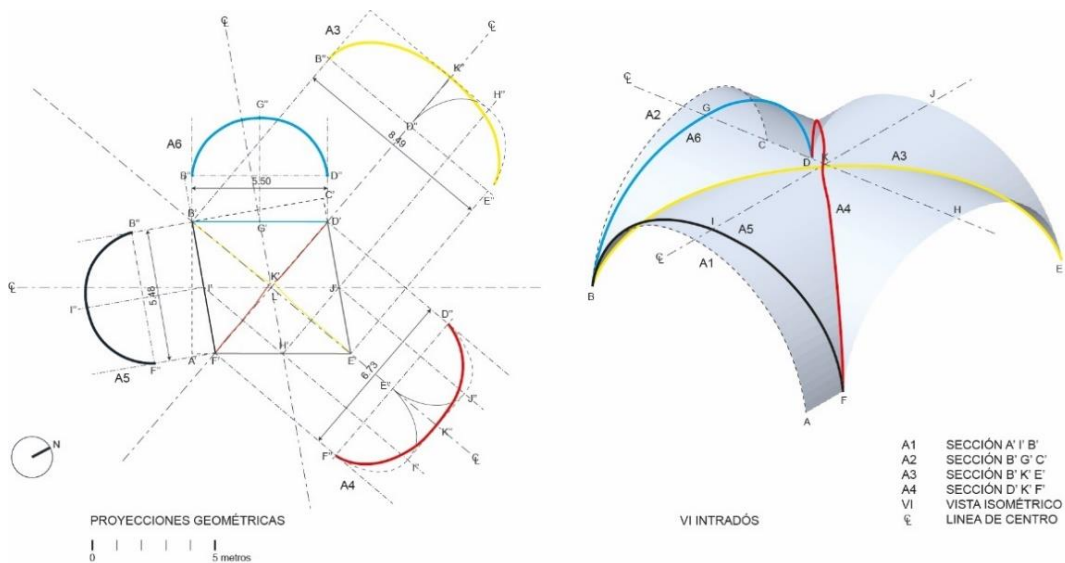


Figura 7. 38 Trazo geométrico de la bóveda de arista 2a

La proyección de las aristas en planta es prácticamente recta, la digitalización produce una ligera curvatura debido a la diferencia de dos centímetros señalada. (Figura 7.38) La proyección en planta de los cuatro puntos de arranque que las aristas forman, corresponden a los vértices de un paralelogramo irregular y son la referencia a la planta de trazo. Si realizamos un corte transversal en los cañones de acuerdo con cada lado de dicho paralelogramo, se genera un arco elíptico. Sin embargo, la complejidad de la planta arquitectónica en realidad fue resuelta en alzado con la sencillez geométrica de quien domina las matemáticas como lo han demostrado los ingenieros militares.

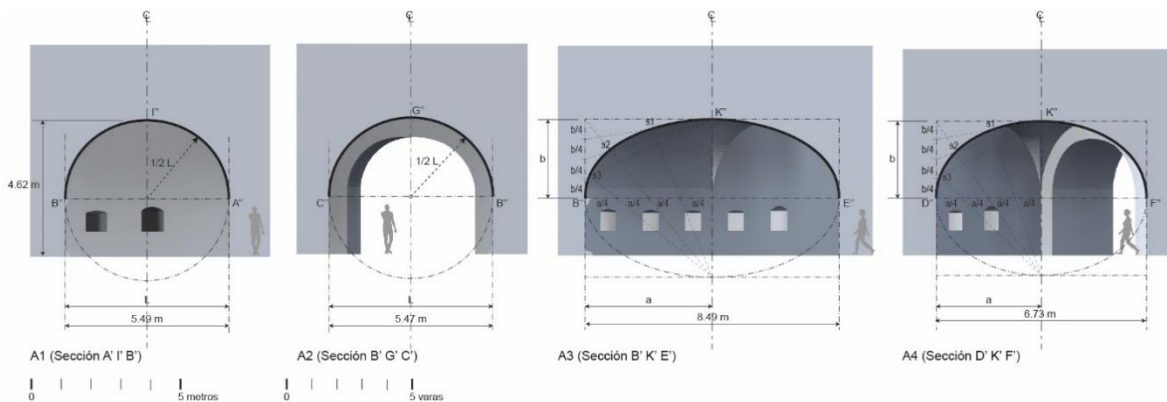


Figura 7. 39 Secciones A1, A2, A3 y A4 que se han identificado a partir del análisis de la bóveda de arista

En cuanto al **estudio técnico**, la bóveda B.02 al igual que todas las bóvedas de esta zona fueron realizadas en ladrillo de barro rojo recocido de medidas 29 x 15 x 3.5 cms, como se pudo distinguir por medio de un testimonio de cala realizado con anterioridad. El material de relleno se ha descrito como mampostería ordinaria y en sitio se han encontrado hiladas de piedra múcara



Figura 7. 40 Testimonio del ladrillo utilizado en la B-02

Los aparejos identificados por pequeñas áreas donde se han perdido los aplanados están colocados a tizón visto desde el intradós y en las aristas se encontró la combinación de sogá y tizón en una sola hilada. No se puede tener con exactitud el despiece debido a que son pocos los fragmentos de pérdida de aplanado que nos permiten visualizar el aparejo, sin embargo, considerando la relación de las obras con la ampliación de las bóvedas de la cortina noroeste, hechas por el mismo ingeniero, es muy probable que se siguiera el mismo aparejo a tizón.

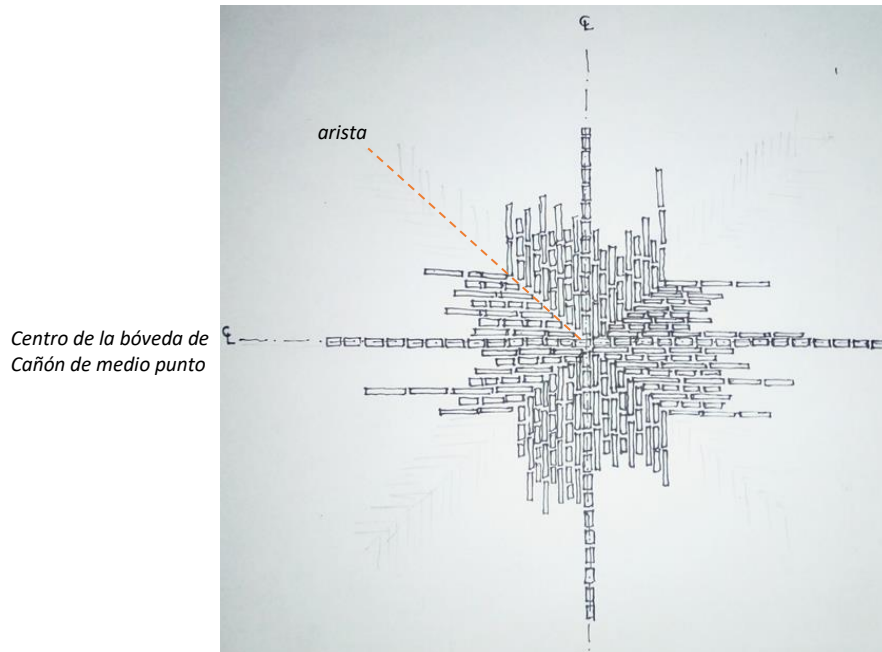


Figura 7. 41 Detalle del aparejo de la bóveda B-02. En la arista se forma un aparejo en espiga por el encuentro en perpendicular de los mantos de las bóvedas de cañón.

Sobre las roscas de ladrillo se colocó mampostería ordinaria a base de corales, arena calcárea, cal y probablemente ripios de piedra y coral, posteriormente una base de piedra múcara sobre la que se asentó el vaciado del hormigón de cal que en las relaciones de obra se describe como hormigón pisado. La disposición de la piedra corresponde a unas hiladas del coral *diploria sp* semiesférica asentada en su base plana, según se observa en uno de los respiraderos de las bóvedas de cañón.



Figura 7. 42 Representación gráfica de la técnica constructiva aplicada en las bóvedas B-02, de acuerdo con los testimonios de un tiro de ventilación.

7.2.3.3 Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral

El **estudio histórico** de la bóveda **B-03** indica que corresponde a la cortadura de San Fernando, construida en el segundo semestre del año de 1771 (3ª) y en 1772 (3b) durante la dirección del Ing. Manuel de Santistevan. Existe un plano sin referencia de autor en donde se señala el proyecto de la cortadura, muy similar a lo existente. Sin embargo, cabe destacar que, durante este periodo, Santistevan se encontraba también a cargo de las obras del Fuerte de San Carlos en Perote, y tenía en San Juan de Ulúa como auxiliar de obras al ingeniero Segismundo Font, quien tiene rubricadas algunas relatorías de avances, por lo que probablemente las obras de la cortadura de San Fernando fueron ejecutadas directamente por él.

El proceso de construcción de la cortadura se divide en dos etapas: primero se construyeron 7 bóvedas y posteriormente las otras 7 hacia el extremo sureste⁴⁰⁴. Cabe destacar que, de acuerdo con los datos del registro del aparejo, en el primer tramo de bóvedas existe una solución de aparejo distinta a las correspondientes de la segunda etapa.

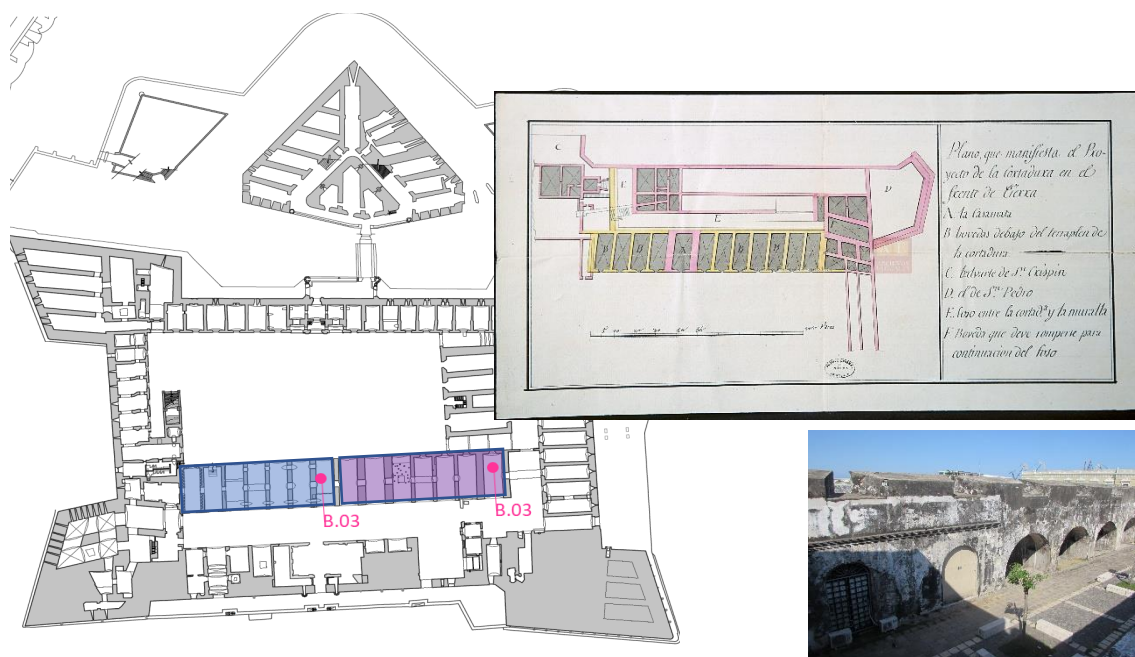


Figura 7. 43 Plano antiguo sin fecha ni autor en donde se manifiesta el proyecto para la cortadura. Plano actual con la ubicación de las probables dos fases de construcción de la cortadura y los casos de análisis.

⁴⁰⁴ Sara Sanz, *Tres fortificaciones ...*

En cuanto al análisis de su **morfología**, la cortadura de San Fernando es una estructura militar formada por la secuencia en paralelo de 14 espacios abovedados, construidos con cualidades para resistir un ataque. Todas las 14 bóvedas se resolvieron siguiendo la forma de cañón corrido de medio punto. Actualmente se puede observar su geometría claramente porque en las diversas transformaciones de San Juan de Ulúa, se retiraron los muros de fachada hacia el sur y hacia la Plaza de Armas. Por lo tanto, la B-03 manifiesta la geometría del semicírculo.

De todos los ejemplos de bóvedas a analizar en San Juan de Ulúa, la B-03 representa el caso de la bóveda de medio cilindro más pura, construida en una sola temporalidad sin alteraciones, ni ampliaciones, ni cortes en su geometría.

El **estudio técnico** ha arrojado que en todas las bóvedas de la cortadura se utilizó ladrillo de barro recocido en medidas variables pero muy cercanas a los 30.5cms x 14.5cms x 3.5 cms. Sobre las roscas de ladrillo que conformaron las bóvedas de cañón se colocó un relleno de mampostería muy probablemente hecha con corales calizos.

La B-03 representa a las bóvedas a prueba de bomba construidas a base de dos roscas de ladrillo de 2 pies de espesor y relleno interior de mampostería ordinaria de 4 pies. Sobre el relleno se colocó una cadena perimetral de piedra dura y se hizo un vaciado de hormigón⁴⁰⁵ de cal.

En la **B-03^a** el aparejo muestra una combinación particular, pues en la parte superior del intradós se ubican 17 hiladas de ladrillo colocado a tizón y a partir de éstas hasta



Figura 7. 44 Bóveda B-03 de la cortadura de San Fernando. 2018.

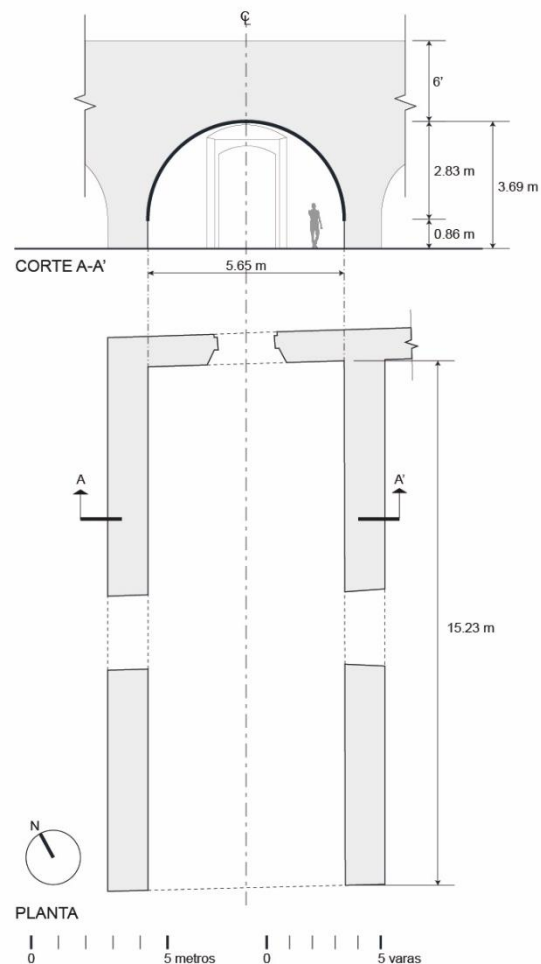


Figura 7. 45 Planta y corte de la bóveda B-03.

⁴⁰⁵ Idem

el arranque de la bóveda en ambos lados de los pies derechos, el aparejo se colocó a soga y tizón en cada hilada. Esta particularidad observada en el caso de la bóveda 3ª, no se ha podido constatar que se repita en otros casos de la misma variante constructiva, pues es la única que presenta pérdida de aplanados y fragmentos del intradós en el centro de manera que esta condición permitió distinguir cómo se hizo el cierre diferente de la bóveda.

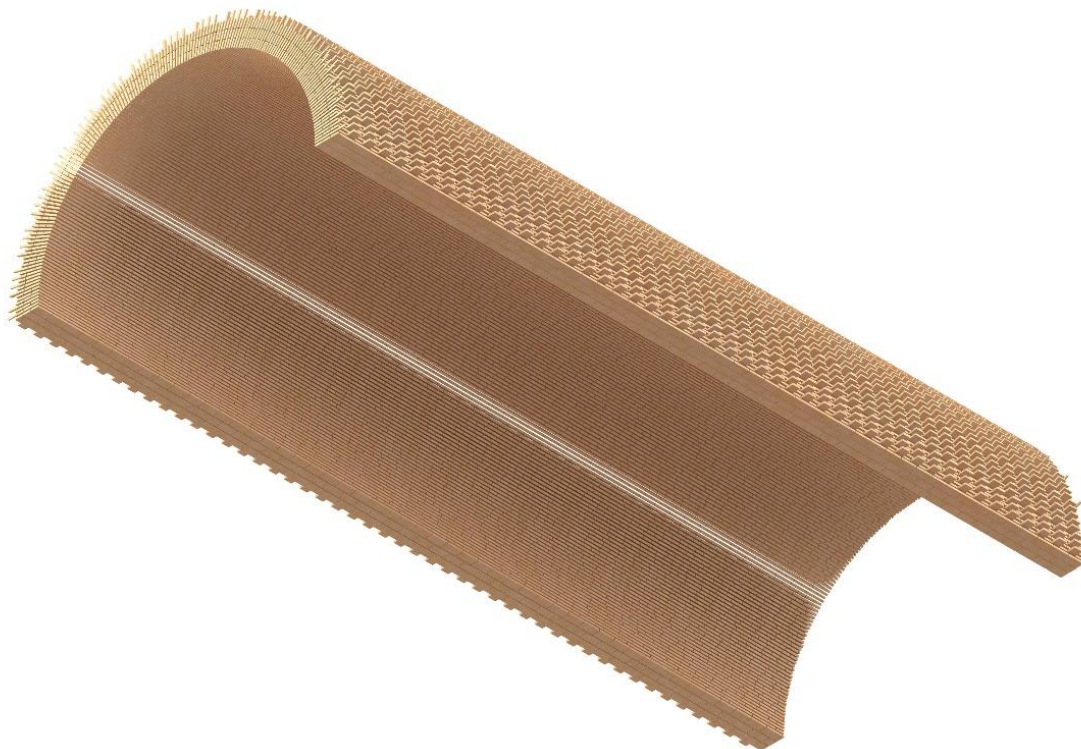


Figura 7. 46 Geometría y aparejo de las bóvedas de cañón de la cortadura de San Fernando.

Las 17 hiladas que cierran la bóveda a tizón tampoco están ubicadas simétricamente, ya a partir de una hilada que puede considerarse como la hilada clave de la bóveda, por un lado se ubicaron 6 hiladas a tizón y por el otro se encontraron 10 hiladas. Por consiguiente, cabe la posibilidad de que un cambio en el maestro de obra o un mal cálculo en el cierre pudiera haber dado por resultado tan peculiar combinación.

En contraste, en la **B-03b** el aparejo es una hilada a soga y 1 hilada a tizón. Todas las hiladas que componen a la bóveda son iguales y conservan la geometría del cañón de medio punto.



Figura 7. 47 Bóveda 3a. Aparejo a tizón en la parte superior del intradós.



Figura 7. 48 Bóveda 3b. Aparejo combinando una hilada a tizón y otra hilada a soga.

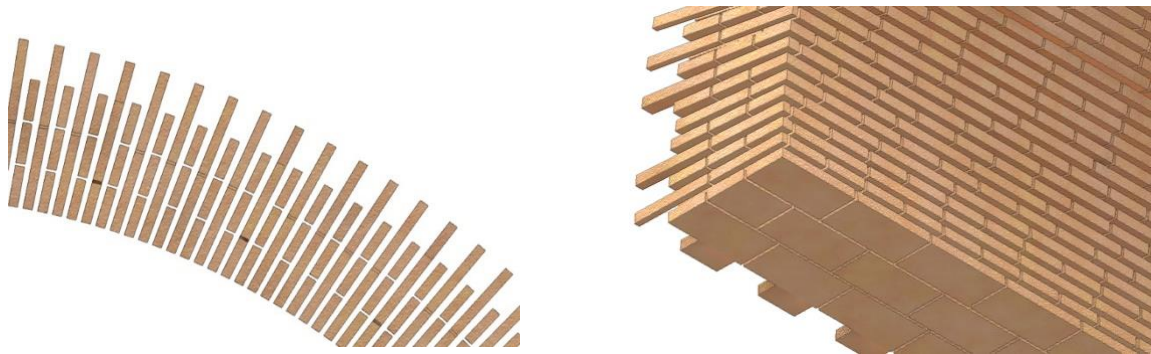


Figura 7. 49 Detalles de la disposición de aparejo con una hilada de ladrillo a soga y una hilada a tizón.

7.2.3.4 Bóveda de cañón corrido con corte oblicuo en extremos, a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral

La bóveda **B.04** es representativa de la etapa constructiva ejecutada por el ingeniero militar Manuel de Santisteban, quien al encargarse de las obras de fortificación de San Juan de Ulúa realizó un análisis del revellín de San José construido entre 1762 y 1763 por Agustín López de la Cámara Alta, demostrando la ineficiencia de la obra para la defensa del castillo, de manera que elaboró una nueva propuesta en 1764 (Figura 6.12) que mejoró en 1765 e inició los trabajos al año siguiente. El proyecto de las obras exteriores quedó registrado en un plano de 1766, en donde aparece el revellín con algunas variantes del estado actual. Se trataba de un modelo sencillo con flancos y plaza de armas central, que se limitaba en la gola por las escaleras y rampa de acceso a la cubierta. El revellín de San José se comunica a través de un puente con la cortina de acceso al recinto principal de San Juan de Ulúa.

La bóveda b.04 se ubica en el lado izquierdo del revellín de San José, es decir hacia el norte; se construyó en 1768, y su diseño y dirección de obra estuvo a cargo del Ing. Manuel de Santisteban.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

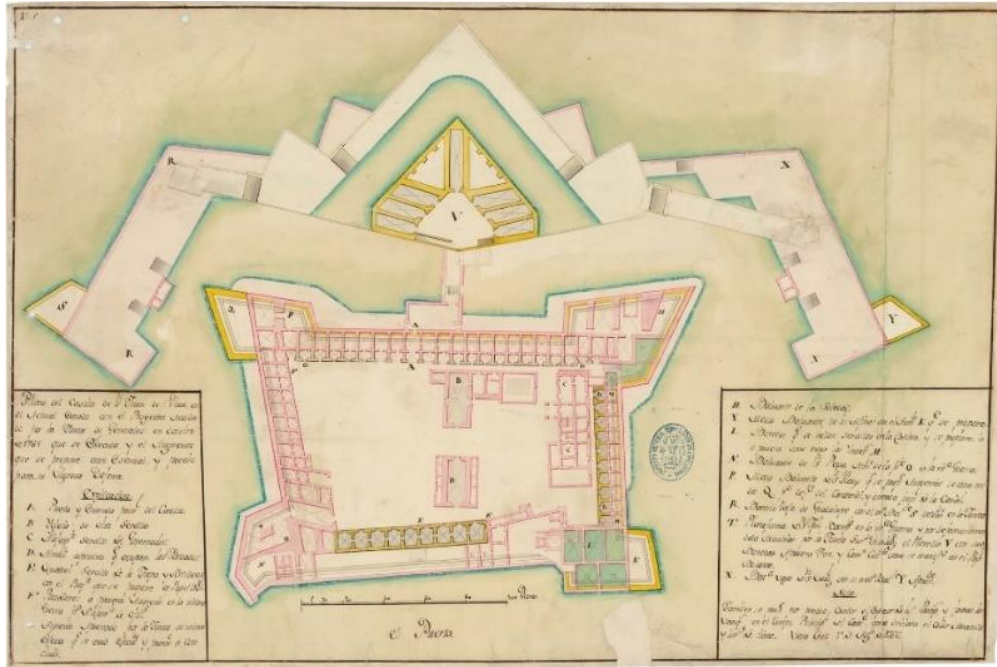


Figura 7. 50 Proyecto de mejoras de las defensas de San Juan de Ulúa que incluye la planta del revellín nuevo de San José. Ing. Manuel Santistevan, 1766. Fuente: Archivo General Militar de Madrid.

Tras el análisis de la **morfología** del revellín se ha identificado que corresponde a una forma simétrica donde el eje central parte del ángulo capital y remata en el vértice que une en ángulo obtuso a las dos líneas de trazo de la gola. A cada lado del eje, se ubican amplias caras y cortos flancos. Aunque se trata de un polígono de seis lados, la amplitud del ángulo en que convergen las líneas de la gola simula un solo lado, por lo que el perímetro pudiera distinguirse como un pentágono, figura geométrica común para el diseño de baluartes y revellines.

La estructuración de las caras del revellín aprovechó el mayor espacio abovedado y accesible, lo cual justifica que el Ingeniero Santistevan no desplantó los pies derechos perpendiculares a los muros de las caras, sino en ángulo agudo y paralelamente a éstas se levantaron las fachadas interiores hacia la plaza de armas.

Así se generó una secuencia de tres locales en cada lado de planta en paralelogramo romboide. Al levantar las bóvedas que cubrirían dichos locales se generan medios cilindros con cortes truncados u oblicuos también en los extremos. Las bóvedas entonces parten de un arco elíptico en los muros más angostos, pero en realidad la directriz es un arco de medio punto. La bóveda B-04 es representativa de esta solución geométrica y constructiva. Si bien, no todas las bóvedas del revellín se resolvieron igual, se aplicó dicha alternativa a las 6 bóvedas más importantes y que actualmente podemos visitar.

CAPÍTULO 7
Técnicas constructivas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz

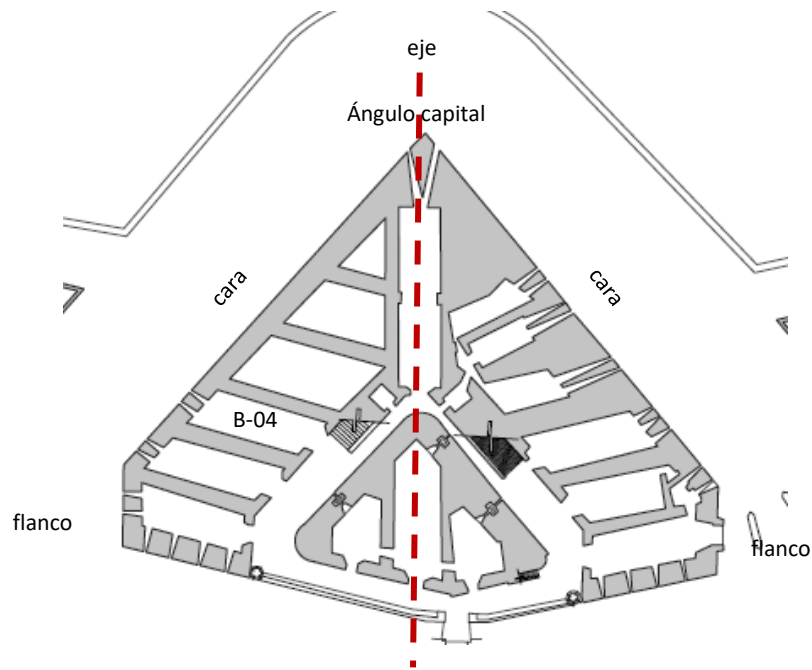


Figura 7. 51 Planta actual del revellín de San José, en la cara izquierda se ubica la bóveda B.04 analizada.



Figura 7. 52 Acceso a la bóveda B-04.

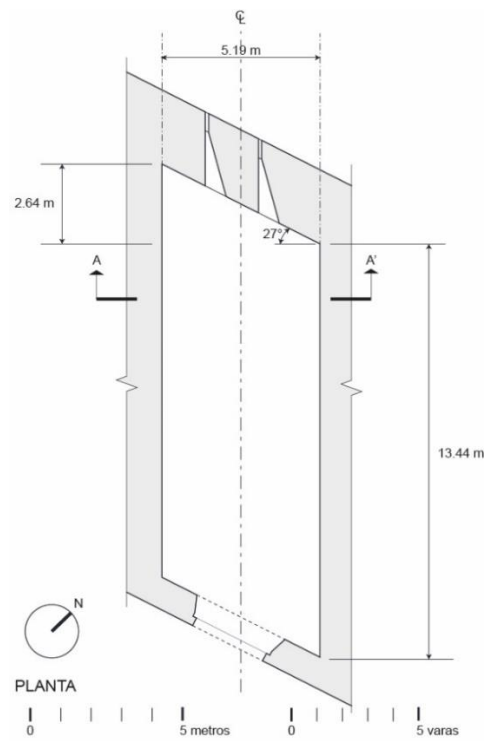


Figura 7. 53 Planta arquitectónica que se cubre con la bóveda B-04.

A través del **estudio técnico** realizado se encontró que la bóveda B.04 está compuesta por ladrillos de dimensiones variables, aunque por los espesores, cabe la posibilidad que algunas piezas corresponden a intervenciones posteriores. La mayoría de los ladrillos se encontraron con de dimensiones de 15 x 30 x 3.5 a 4 cms



Figura 7. 54 Aparejo de la bóveda B-04.

La bóveda está compuesta por dos roscas de ladrillo para hacerlas a prueba de bomba. Los senos de las bóvedas del revellín se macizaron con mampostería ordinaria, sobre esta apreciación cabe la posibilidad que en las bóvedas se utilizaron dos tipos de rellenos, unos para los primeros tercios a partir del arranque, con un relleno más “rígido” y otro relleno de mayor ligereza sobre el extradós superior de las bóvedas, o bien que se macizaran las embecaduras con las propias roscas. Sobre el relleno de mampostería ordinaria se colocó un vaciado de hormigón pisado. Los aparejos de la B-04 son a tizón.

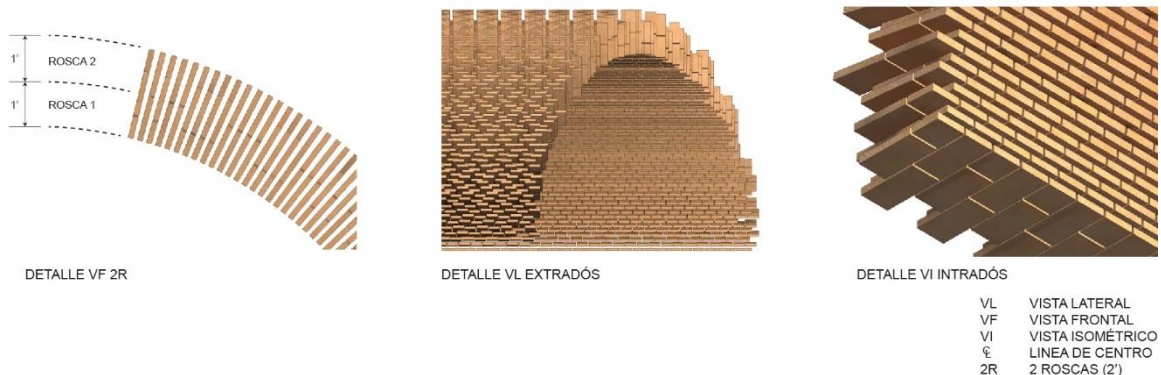


Figura 7. 55 Gráficos que describen la disposición de las roscas con ladrillos a tizón en la bóveda B-04.

Aunque la bóveda cubre una planta en paralelogramo romboide, la disposición de las hiladas se realiza de manera ortogonal a partir de ubicar una línea perpendicular al muro longitudinal de la bóveda que forma en sí, la directriz del medio cilindro, de esta manera las hiladas a tizón corresponden con la generatriz de la bóveda, y a los extremos el corte oblicuo se absorbe con la llegada irregular de las hiladas asentada sobre los muros.

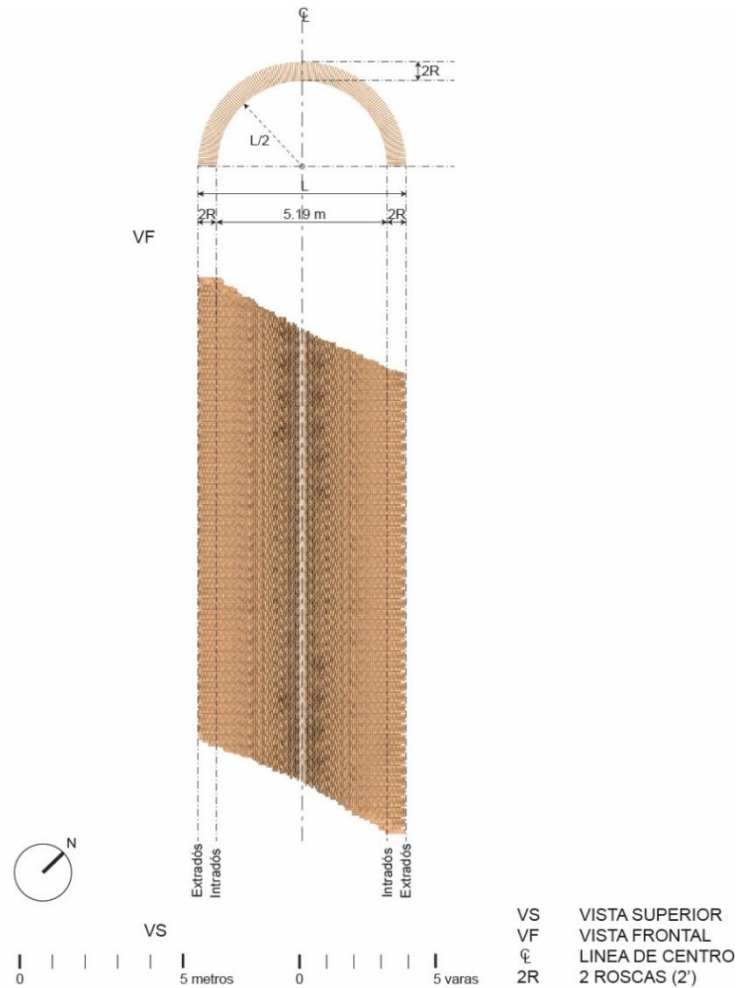


Figura 7. 56 Bóveda B-04

7.2.3.5 Bóveda de cañón corrido con directriz de arco tranquilo con ladrillo y relleno de coral

La bóveda **B-05** también se ubica en el conjunto de obras del revellín de San José, y aunque no aparece en el plano de 1766, en las relatorías de avance de las obras de 1768 se menciona la construcción de una rosca de ladrillo en la bóveda pequeña bajo la rampa que sirve de paso para el ingreso a los calabozos.

Por alguna circunstancia el proyecto original reubicó la rampa de acceso y se levantó este espacio abovedado sobre el lado derecho de esta defensa exterior. Simétricamente se ubica otra bóveda igual que corresponde a la escalera hacia la cubierta del revellín. En un plano en donde se realiza una propuesta de mejoramiento de defensas de San Juan de Ulúa, con fecha de 1771, la escalera y rampa de acceso a la cubierta se ubican en el sitio actual.

La bóveda B-05 además comprueba el avance de la técnica constructiva en soluciones similares, por ejemplo, se puede comparar con el arco encontrado en las obras del siglo XVI o XVII del semi baluarte de San Pedro, en donde se ha hallado un arco que en alguna etapa constructiva correspondió a la estructura de una rampa.



Figura 7. 57 Bóveda 5 con geometría de arco tranquil.



Figura 7. 58 Testimonio de una probable estructuración de rampa en el antiguo semibaluarte de San Pedro.

La **morfología** de la bóveda B.05 está basada en la estructuración de una rampa, ya que por la ubicación de este espacio se recurrió a una solución basada en un arco tranquil, tipología utilizada para la estructuración de vacíos o pasillos bajo escaleras, rampas y contrafuertes. El arco tranquil está compuesto por dos focos de diferentes radios que para resolver su unión hacen necesario situar los arranques y salmeres a distinta altura del nivel de piso, esto significa que si unimos las líneas de arranque de ambos arcos el trazo lleva a una línea en diagonal y la directriz puede identificarse como un arco carpanel asimétrico.

Sin embargo, el trazo del arco tranquil es sencillo, pues sólo con dos centros se ubica la luz de cada arco y la flecha se levanta sobre la mediatriz de la línea de arranque. En el caso de la bóveda 5, la flecha de ambos arcos se ubica en la misma línea vertical, y se distingue como la línea de centro de la bóveda.

La bóveda B-05 está debidamente proporcionada, ya que el levantamiento ha arrojado que la luz del arco tranquil dividida en tercios establece la relación de dimensiones de los radios de cada arco que componen a la directriz. El primer tercio corresponde al radio de uno de los arcos ubicado en un nivel superior de arranque y los dos siguientes tercios corresponden al otro radio con nivel inferior de arranque del arco. Por esta relación proporcional los focos se encuentran en una misma línea de trazo vertical.

CAPÍTULO 7
Técnicas constructivas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz

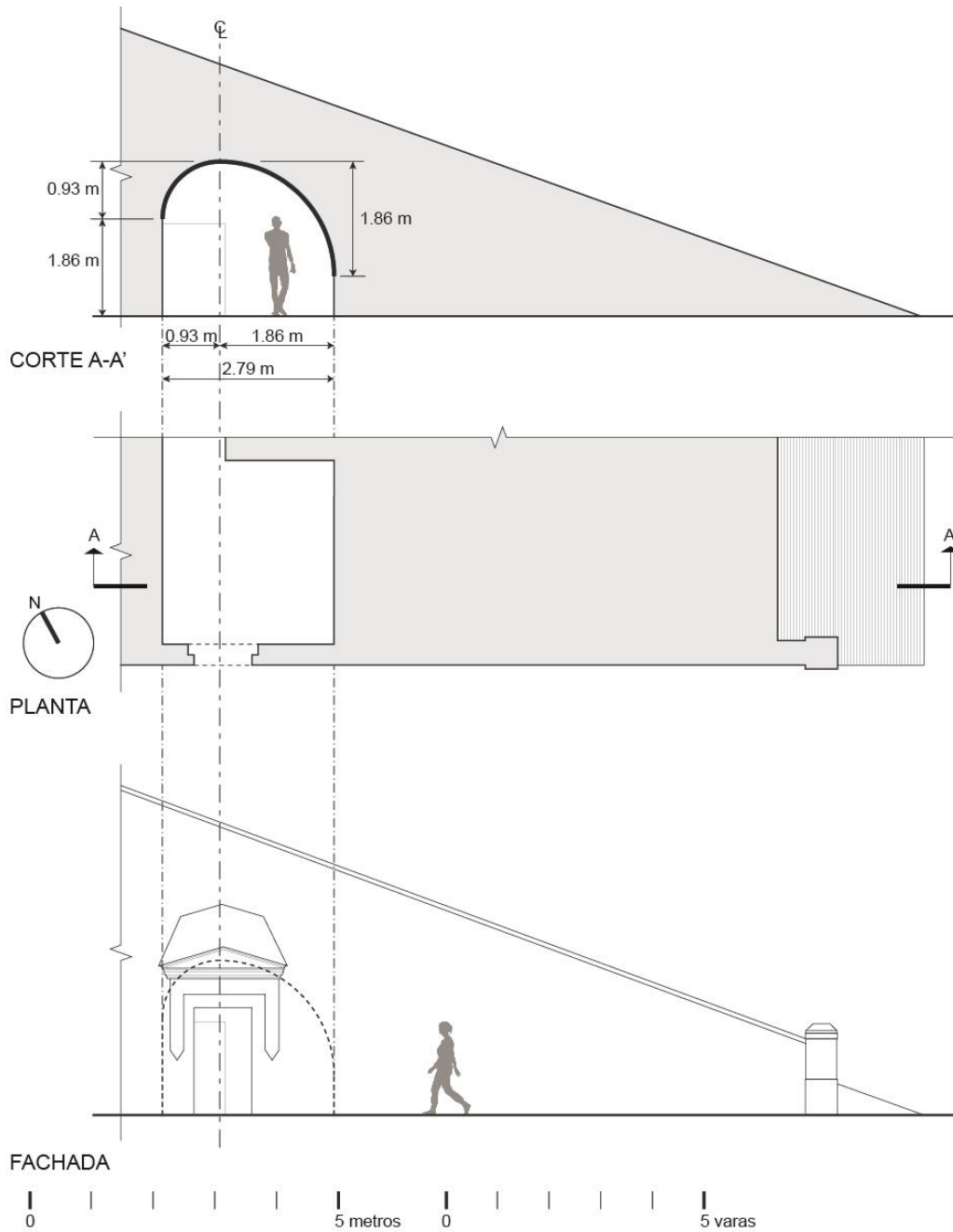


Figura 7. 59 Planta, corte y alzado de la bóveda B-05.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

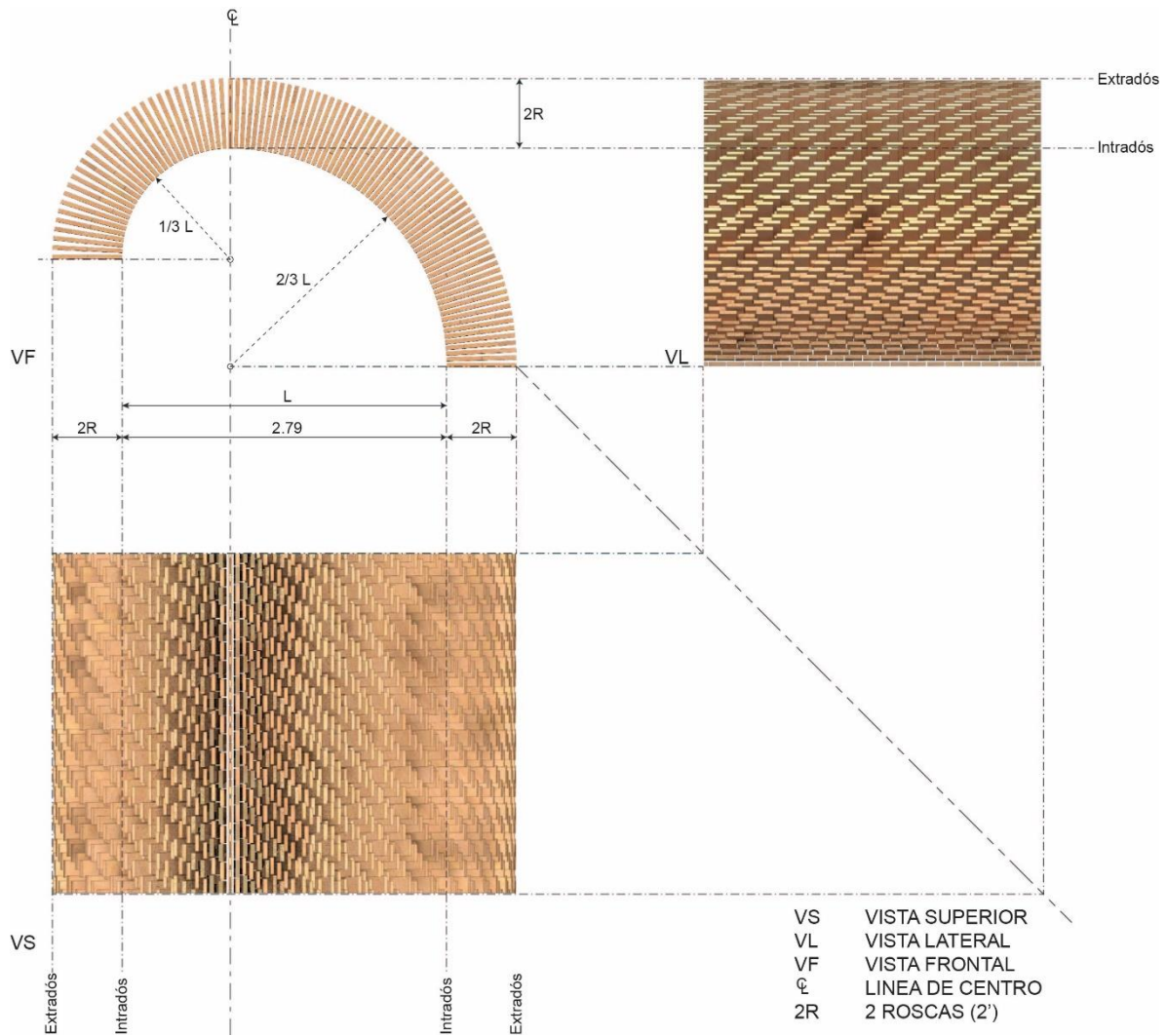


Figura 7. 60 Trazo de la bóveda B-05.

En cuanto al **estudio técnico** se encontró que, en este tipo de bóvedas, los aparejos se resuelven comúnmente con dovelas normales a su correspondiente arco de intradós. La verificación de los materiales ha sido un tanto compleja porque el intradós de la bóveda conserva el aplanado en casi toda su superficie, sin embargo, los pequeños testimonios visibles indican la presencia de hiladas de ladrillo paralelas a las líneas de arranque de los arcos que componen la directriz y de esta manera las hiladas siguen la generatriz del arco tranquilo además de corresponder a la forma de la rampa. Las piezas de ladrillo se suministraron en la misma temporalidad de las obras de las bóvedas del revellín, por lo que es muy probable que mantengan las medidas de 15 x 30 x 3.5 a 4 cms.

7.2.3.6 Bóveda compuesta de cañón elíptico y medio cono elíptico con coral

La bóveda **B.06** es representativa de dos bóvedas ubicadas en la edificación menor del conjunto del revellín doble de San José. Se desconoce la fecha exacta de la construcción de la B-06 pues el proyecto original del revellín (1765) presentaba una plaza de armas en su gola, posteriormente, se propuso ampliar las bóvedas caras y flancos del revellín hasta dicha plaza de armas, sin embargo, finalmente se construyó un revellín menor dejando una calle interior entre ambos volúmenes para hacerlo doble como algunas tipologías de revellín se presentan. El conjunto completo aparece registrado en un plano de 1785. (Figura 6.23) aunque, la representación tiene ciertas variaciones con respecto a la solución formal en planta de la bóveda.

De acuerdo con el estudio de su **morfología**, el caso de la bóveda B.06 es el más complejo en su geometría y se podría interpretar como uno de los mejores juegos de trazo geométrico que el ingeniero Santistevan hace con la maestría de su dominio matemático. Pues al analizar la bóveda compuesta, se ha encontrado que las formas base son la unión de un medio cilindro elíptico y un medio cono elíptico cuyos ejes centrales se unen en ángulo para generar la bóveda a partir de la intersección oblicua de dichos prismas. Asimismo, al fondo el cono pierde su vértice mediante un corte que remata en el muro y genera un arco elíptico peraltado. Curiosamente, el plano de 1785 que presenta el revellín doble y en transparencia se dibuja la proyección de las bóvedas interiores, pero no corresponde fielmente al trazo de lo que actualmente se ha registrado en planta.

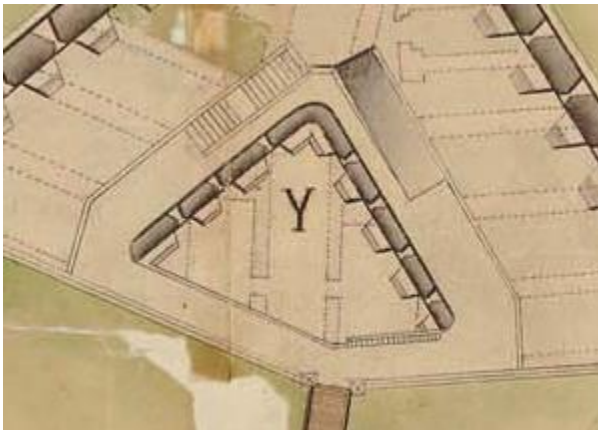


Figura 7. 61 Planta de cubierta con la proyección de las bóvedas del interior del revellín.

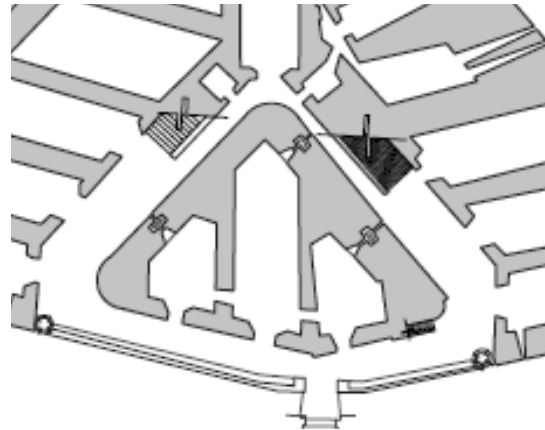


Figura 7. 62 Planta actual del revellín menor.

De acuerdo con el plano de 1785, el local pudo haberse resuelto con bóvedas de cañón corrido de medio punto, con un corte oblicuo en los extremos, generando una planta en paralelogramo tipo trapecio. Sin embargo, el autor de la obra quiso jugar con una geometría más compleja y generó un juego de arcos elípticos que trabajaran como directrices de la bóveda compuesta por dos prismas.

A pesar de que aún no se cuenta con el documento en que se fundamente el autor del proyecto y obra, se considera que se trata de Manuel de Santistevan, no sólo porque fue el autor de la primera etapa del revellín, sino porque este proyecto lo pudo haber hecho después de trabajar en las obras del Castillo de San Carlos de Perote, en donde levantó diversas bóvedas generadas con arcos elípticos, carpanel, rebajados, peraltados, etc., y que por consiguiente en su reincorporación a San Juan de Ulúa, decide ampliar el repertorio formal en los almacenes de pólvora.



Figura 7. 63 Bóveda B-06 que remata en el muro con un arco elíptico peraltado.

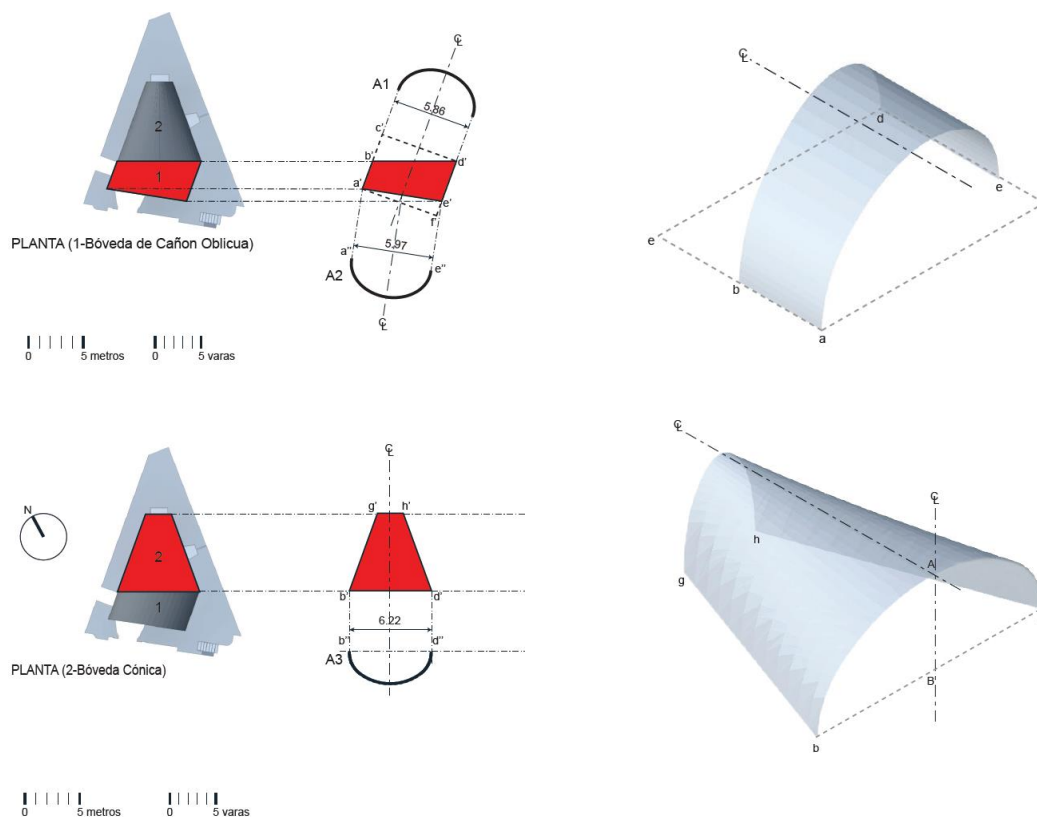


Figura 7. 64. Identificación de las formas geométricas que dan origen a la bóveda B-06. 1: Bóveda de cañon elíptico con corte oblicuo; 2: bóveda cónica con directriz de arco elíptico

7.3 Técnicas aplicadas en el Fuerte de San Carlos de Perote

7.3.1 Cimentación

Aunque las referencias son escasas sobre la solución y procedimiento constructivo, según la representación gráfica de los planos de 1777 rubricados por Manuel de Santistevan en donde se dibujaron cortes del conjunto y consultando las relaciones de obra se determina que, ante la buena estabilidad del terreno, la cimentación se construyó sobre una zapata de mampostería que adelgazó su sección y alcanzó una altura de 3 varas. La conformación de los cimientos siguió la técnica constructiva de sillares de piedra basáltica en aparejo isódomo en los paramentos que definen la línea de trazo, cantos sillares labrados para ángulos en los vértices del trazo y mampostería ordinaria de piezas grandes de basalto en relleno, todo asentado con mezcla cal – arena. Las referencias históricas indican el inicio de los trabajos de cimentación durante el primer semestre de 1771.⁴⁰⁶

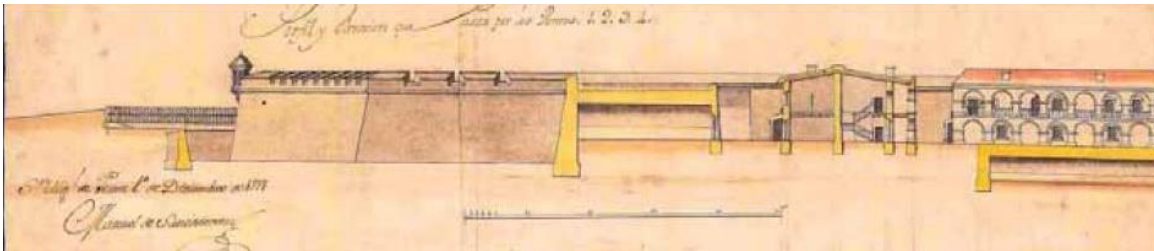


Figura 1 Fragmento del plano del Fuerte de San Carlos (1777) en donde se observa el corte del conjunto militar

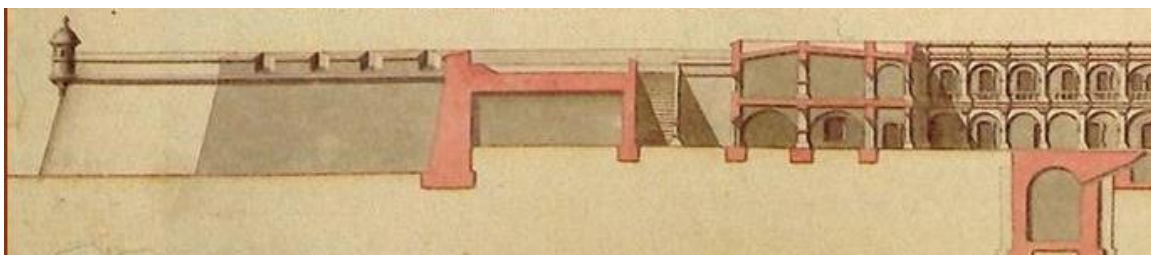


Figura 2 En el plano se representa la cimentación más ancha del espesor de muro a manera de zapata y carece de pilotes y envarengado

Debido a que el nivel de cimentación debía estar abajo del nivel de foso y por el interior el nivel de piso era superior, esta diferencia hace que parte del cimiento también realice las funciones de contención. Desde el foso se aprecia la disposición de los sillares de piedra basáltica similares a los utilizados desde el desplante de la cimentación. En cuanto a la

⁴⁰⁶ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2460.

mampostería ordinaria, la ejecución de las obras tuvo un trabajo similar a la cimentación de la misma técnica que se observa en los edificios militares. (Figuras 7.67 y 7.68)



Figura 7. 65 Sillería labrada en piedra basáltica que forma parte de la cimentación de la muralla



Figura 7. 66 Detalle del material basáltico de la región.



Figura 7. 67 Obras de mampostería ordinaria con piedra basáltica en la cimentación de los edificios militares



Figura 7. 68 Detalle del ancho de la cimentación de los edificios militares que sobre sale del paramento de muro de los edificios militares que inician con una hilada de bloques de piedra basáltica.

7.3.2 Apoyos: muros y murallas

La riqueza de la región de Perote en cuanto a materiales otorgó la posibilidad de utilizar las rocas ígneas en diferentes conformaciones que muestran el trabajo de cantería y mampostería de manera constante de acuerdo con los elementos que se edifican. Por tanto, las técnicas no son tan variadas como en el caso de Ulúa, pero representan la estrategia de trabajo planteada por sus ingenieros para lograr concluir una obra militar en poco tiempo, buscando la solidez y economía de sus componentes.

Las murallas del Fuerte de San Carlos son las obras que claramente muestran el repertorio de materiales que se utilizaron en todo el conjunto. Sobre su construcción se tienen datos de un proceso en tres etapas, primero alcanzando una altura de 1.5 varas, posteriormente

3 varas y por último 5 varas. Este proceso respondió a los requerimientos de tiempo para el fraguado de las mezclas de cal. La muralla se compone de dos paramentos y un relleno: el muro exterior se levantó con sillares perfectamente escuadrados y labrados en cantería blanca, aunque actualmente se han deteriorado las aristas y la superficie presenta un tono café, son condiciones causadas por el viento y la acumulación de tierra en su superficie. El muro interior de la muralla que se observa por las casamatas se realizó con sillares semi regulares de diferentes dimensiones que reflejan un nivel de labrado menor que los del exterior. El relleno se realizó con mampostería ordinaria irregular. En los parapetos se observa un trabajo mixto, por un lado, la continuidad de los sillares de cantería, pero también fábricas de ladrillo en los vértices y boquillas de los merlones, tal como se hacía en algunas fortificaciones españolas, pues iban acorde con los lineamientos que marcaba la tratadística. En su interior, los parapetos muestran una fábrica de grandes bloques de piedra careados y rellenos de mampostería ordinaria. De esta manera, la muralla presenta tanto en interior como al exterior las principales técnicas utilizadas en San Carlos.

7.3.2.1 Obras con sillares de toba blanca en aparejo isódomo

Los lienzos de muralla y baluartes muestran el trabajo de las obras en sillares de cantería blanca dispuestos en aparejo isódomo. Las hiladas son completamente regulares, cuidando el cuatrapeo de las piezas, por lo que ante la variación en la longitud de los sillares se integraron piezas menores para realizar ajustes y perder la continuidad de las juntas verticales. La cantería lograda con toba riolítica blanca se asentó con juntas delgadas de mortero de cal y arena, aunque actualmente los vientos han erosionado las mezclas y los sillares parecen colocados a hueso.



Figura 7. 69 Sillares de cantería blanca en las murallas y baluartes

7.3.2.2 Obras con sillares de toba blanca semi escuadrados y de diferentes dimensiones

Algunos muros presentan sillares escuadrados de diferentes dimensiones con un perfilado menos definido en sus aristas. Las variaciones de tamaño hacen que las hiladas tengan ajustes con piezas también de cantería. Las juntas de mortero son más gruesas. Estos muros se han identificado en las casamatas, tanto en sus fachadas a las calles militares como en sus muros interiores. Sin embargo, es importante destacar que la técnica se combinó con tramos de cantería semi



Figura 7. 70 Detalle del muro de fachada de casamatas sureste.

escuadrada o mampostería ordinaria en un mismo paramento pues sobre las mismas fachadas o muros interiores combinan su uso. Esta situación pudo presentarse por la demanda de material labrado que quizá no abastecía completamente por lo que los operarios al no encontrar suficientes sillares continuaban el trabajo con la mampostería irregular.

7.3.2.3 Obras de cantería blanca semi escuadrada en hiladas

Esta técnica parece la transición entre el uso de sillares semi escuadrados y la mampostería ordinaria. La fábrica se compone de piezas trabajadas en cantería blanca que no presentan la forma de un sillar rectangular sino más bien son de proporción casi cuadrada, con un promedio de 32 a 40 cms por lado. El muro sigue la disposición en hiladas haciendo ajustes con cuñas, ripios o fragmentos de piedra blanca. Las juntas son más gruesas y las verticales no conservan claramente el cuatrapeo de las piezas.



Figura 7. 71 Detalle de la cantería semi escuadrada en hiladas en muro de fachada de casamatas noreste.

7.3.2.4 Obras de mampostería irregular de piedra blanca

El mampuesto es una piedra irregular que, aunque puede labrarse, no se hace y se coloca tal como está. En el Fuerte de San Carlos, los mampuestos se sentaron con mortero cal arena, acuñándose con ripio de forma que las piedras descansan firmemente unas sobre otras sin dejarlas flotar. En los tratados a este tipo de obras le describen como mampostería ordinaria compuesta por piedras toscas asentadas con buen mortero sin dejar huecos, por lo que se sugiere el relleno con ripiaje y mezcla. Y así se puede apreciar en diversos muros del fuerte, tanto interiores como exteriores.

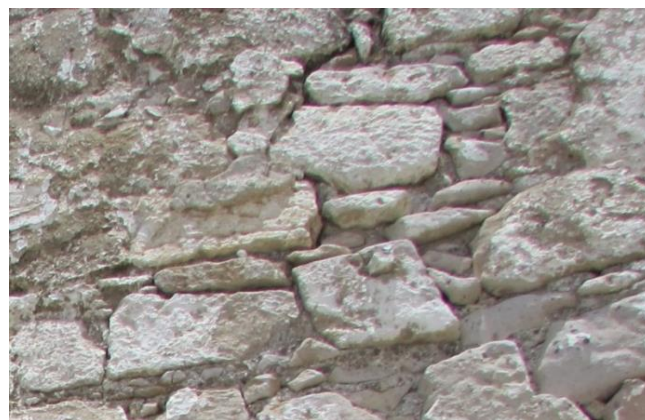


Figura 7. 72 Mampostería irregular de piedra blanca en fachadas interiores de casamatas

7.3.2.5 Obras de mampostería irregular en piedra basáltica

El trabajo de mampostería ordinaria también se realizó con basalto. Se ha explicado que este tipo de fábricas se ocupó en la cimentación, sin embargo, también se ha encontrado en algunos muros de los edificios militares. La piedra de basalto negro en corte irregular fue asentada con mortero de cal y arena pomítica, colocado ajustes con pedacería y ripio del mismo material para asegurar la trabazón. Los muros estaban aplanados, aunque ahora han perdido sus acabados, lo que nos permite observar las mamposterías. Además de muros de edificios militares, este tipo de mampostería se ha encontrado en los muros de apoyo del puente de acceso.



Figura 7. 73 Mampostería irregular en piedra basáltica de la región de Perote. Detalle en muro de edificios militares del suroeste.

7.3.2.6 Obras mixtas de mampostería irregular en piedra toba blanca, basalto negro y cantos rodados de río

Se identificaron muros que combinaron el uso de cantería blanca o rosada (toba), piedra de río de cantos rodados, algunos ripios o mampuestos de piedra basáltica e incluso también se ha encontrado pedacería de ladrillo. Cabe la posibilidad de que el elemento está alterado por alguna intervención posterior, pues esta fábrica no es constante, sin embargo, al no tener mayores referentes se presenta como una variante de las obras de mampostería irregular.



Figura 7. 74 Detalle de las obras de mampostería mixta encontradas como parte de algunos muros de los edificios militares

7.3.2.7 Obras mixtas con bloques careados semi escuadrados de piedra basáltica y toba blanca en hiladas regulares

La piedra basáltica y la toba blanca se presenta en bloques grandes en promedio de 40 a 55 cms por lado semi regulares con una de sus caras trabajada para generar una superficie plana visible al exterior, las otras caras están menos desbastadas y se integran a la mampostería ordinaria irregular de los rellenos del parapeto, con una profundidad de 30 a 42 cms. Cabe recordar que los parapetos por su paramento de fachada se presentan con

sillería de cantería blanca, por lo que la composición del parapeto es un muro de dos paramentos con relleno. La mayor parte de los parapetos presentan esta técnica con cantería de toba blanca, sin embargo, se encontró en algunos tramos el uso de piedra basáltica o la combinación de ambas piedras.



Figura 7. 75 Mampostería careada en los parapetos



Figura 7. 76 Foto del corte de la piedra careada en los parapetos.

7.3.2.8 Obras de ladrillo dispuesto en aparejo a tizón

En las garitas se observa la conformación de del muro curvo que configura el cuerpo cilíndrico a base de piezas de ladrillo de barro rojo recocido colocado a tizón, traslapando sus juntas para asegurar la trabazón por cuatrapeo. El ladrillo presenta dimensiones ligeramente variables de 28 a 30cms x 14.5cms x 3.5 cms.



Figura 7. 77 Vista interior del muro de una garita

7.3.2.9 Refuerzos en los vértices de baluartes con sillares de basalto

En los paramentos exteriores de las murallas y baluartes se encuentran refuerzos en los ángulos a modo de “rafas” con sillares de piedra basáltica negra asentada con mortero de cal y arena. El refuerzo que parte desde los cimientos se continúa a todo lo alto de la muralla hasta el cordón magistral definiendo el perfil de los vértices a través de estos elementos que presentan la solidez del conjunto.



Figura 7. 78 Refuerzos en vértice de baluarte con sillares de piedra basáltica

7.3.2.10 Refuerzos en vértices y boquillas de merlones con ladrillo

En los vértices los merlones y boquillas de las troneras de los parapetos se observa la integración de ladrillo que dispuesto a soga y tizón permiten una fábrica de amortiguamiento para las vibraciones que emiten los cañones. De esta manera en caso de fracturas o pérdida de fragmentos de merlones era más práctico restituir las obras de ladrillo que las de mampostería.



Figura 7. 79 Perfiles y boquillas de merlones y troneras con ladrillo

7.3.3 Cubiertas: bóvedas

San Carlos de Perote ha sido la obra de fortificación abaluartada que consolida la tipología del siglo XVIII a través de su diseño basado en una geometría perfecta de planta cuadrada y baluartes siguiendo las reglas del arte. Los espacios se estructuraron con el repertorio formal de bóvedas que gracias a la bondad de los materiales de la región pudieron seguir los lineamientos de **bóvedas a prueba de bomba** y paralelamente ofrecieron una gama de formas resueltas con ladrillo, cantería en toba blanca y basalto. Este lenguaje nuevamente motivó a realizar el estudio geométrico detallado de las cubiertas y presentar la composición

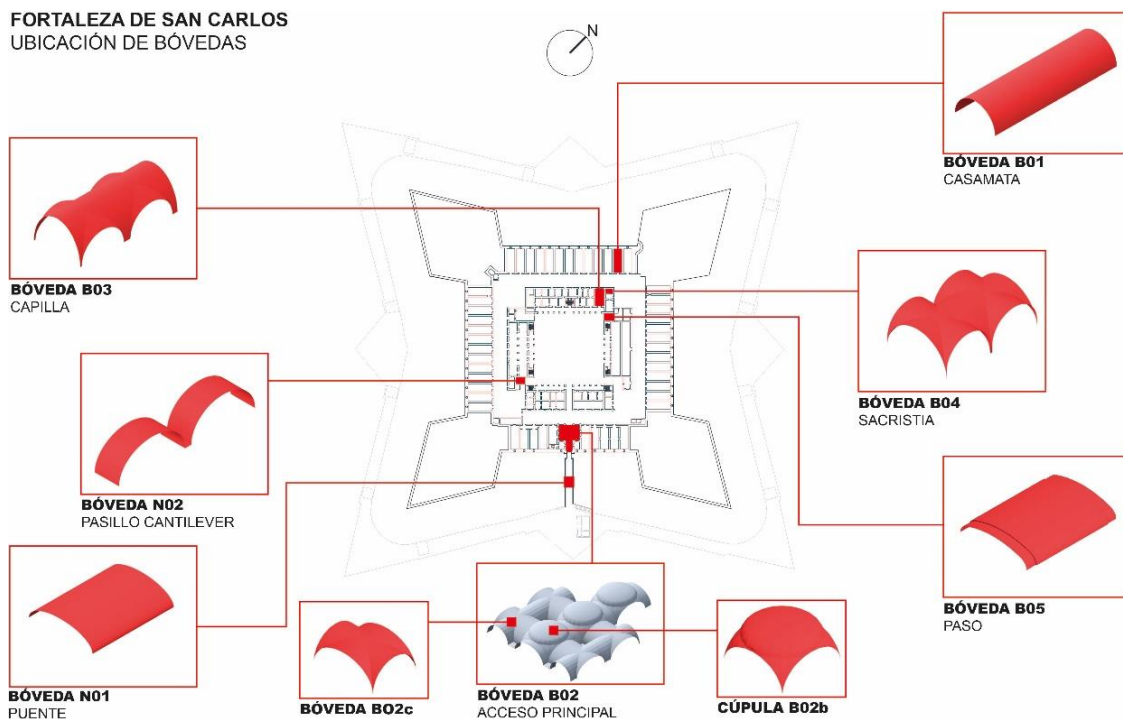


Figura 7. 80 Croquis de ubicación de bóvedas analizadas en el Fuerte de Carlos de Perote.

de los materiales por su estudio basado en casos tipológicos que demuestran la aplicación se conocimientos constructivos y su relación con la técnica.

7.3.3.1 Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con sillares de toba blanca

En abril de 1770 inició la construcción del Fuerte de San Carlos de Perote. El Ingeniero Manuel de Santistevan, autor del proyecto, se encargó personalmente de la dirección de la obra. Su planteamiento para alcanzar una ejecución rápida y eficiente se basó en la división del conjunto en dos frentes de trabajo para la edificación de las cortinas y baluartes, en una primera zona se incluyeron la cortina oriente y norte, y un segundo frente a la cortina poniente y sur. De esta manera, logró llevar simultáneamente la realización de las actividades, aprovechar tiempos de fraguado y optimizar cuadrillas de trabajadores, materiales, equipos y herramientas.

De acuerdo con las relatorías de obra, la bóveda **B-01** corresponde al segundo frente de trabajo, se trata de la cubierta de una casamata ubicada en la cortina noroeste, la cual se levantó durante el primer semestre de 1773. Meses anteriores se habían edificado las casamatas de las cortinas noreste, por lo que cuando levantó las obras de la B-01, tenían

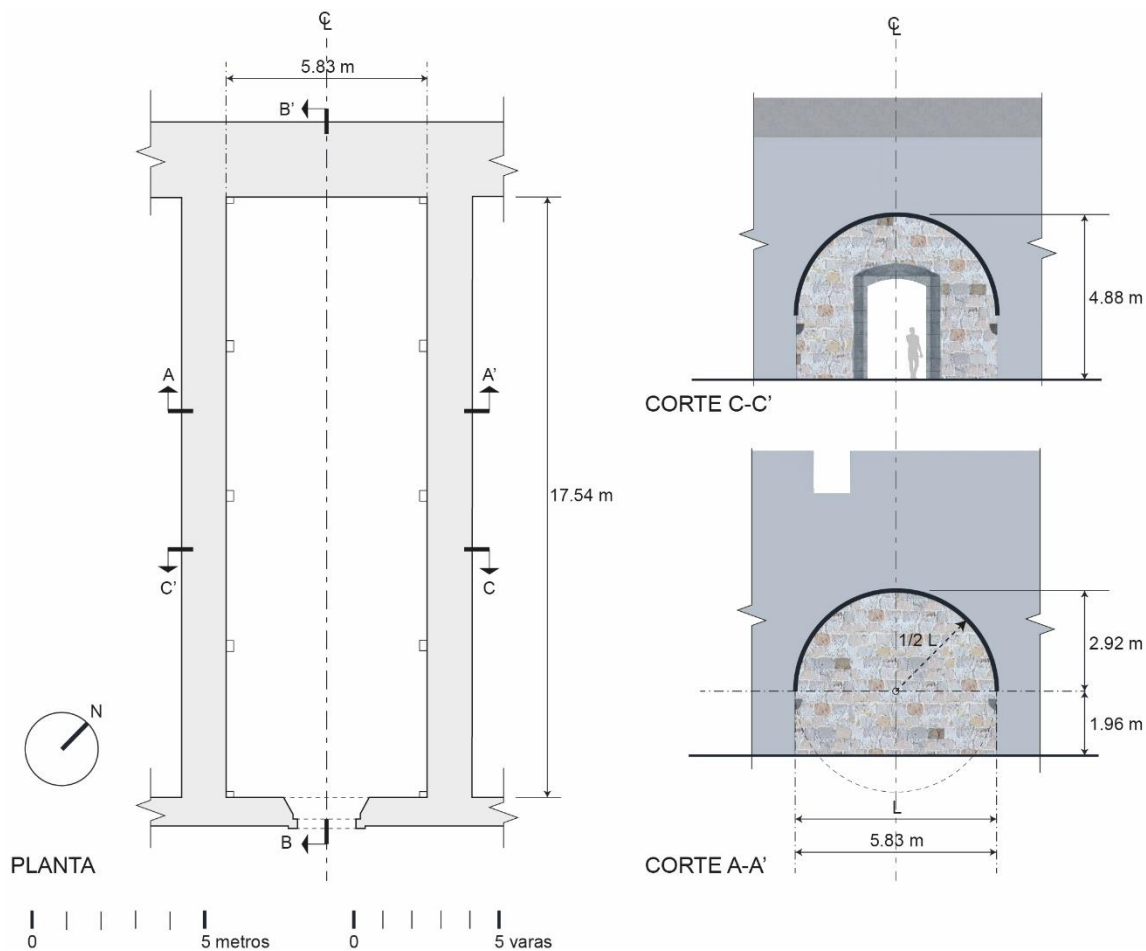


Figura 7. 81 Planta y cortes de la casamata que se cubre con una bóveda de cañón corrido.

completamente dominado el proceso de trabajo. Así durante el primer semestre de 1773 se ejecutaron 7 bóvedas de la cortina noroeste en la que probablemente se ubica el caso de estudio, al estar contigua a la poterna, obra ejecutada en 1772 y durante el siguiente semestre de 1773 se realizaron las 6 bóvedas faltantes de la cortina.

En cuanto a su **morfología**, la bóveda B-01 presenta un cañón corrido con directriz de medio punto de 5.83m (7 varas) de luz y una longitud de 17.54 (21 varas). Se encuentra desplantada en ángulo recto a partir del muro de la cortina poniente. El local se divide en 4 tramos, indicados por las ménsulas de cantería que como impostas marcan el arranque del boleado de las bóvedas, y que seguramente fueron utilizadas para apoyo de cimbras.

Derivado del **estudio técnico** de la bóveda B-01 se identificó su composición a base de sillares de cantería blanca, según la describen las relaciones de obra, sin embargo, en sitio se observa que las tonalidades varían entre gris y rosa y que corresponden a la piedra identificada como una toba riolítica. La cantería labrada forma sillares rectangulares que denotan una talla rústica, pues a pesar de presentar cierta escuadría no están perfiladas perfectamente las aristas, ni bien talladas las caras, y las dimensiones son diferentes en cada pieza, fluctuando en su tizón entre los 35 x 27cms, 48 x 26cms o 37x32cms, por mencionar algunas medidas, y con una profundidad de 60 cms promedio. Las diferencias en las dimensiones de las piezas hicieron necesario el uso de variables grosores de mortero de cal - arena para ajustar las hiladas.



Figura 7. 82 Sillares de cantería en la bóveda B-01 que corresponde a una casamata, cabe destacar que la disposición de las piezas es a tizón.

La bóveda de cañón corrido de medio punto corresponde con la técnica de bóvedas a prueba de bomba y está compuesta por dos roscas de sillares de cantería dispuestos a tizón como se observa en la primera bóveda de la cortina oriente, cubriendo el local contiguo al vestíbulo. Este es el único caso en donde la bóveda llegó hasta el paño de la fachada sobre la calle militar, y su falta de aplanado nos permite observar las roscas que componen las bóvedas de cañón, (Figura 7.83) por lo tanto, en una analogía con el caso de estudio, se considera que también la bóveda B-01 se ejecutó con dos roscas de sillares con similar espesor.

Las hiladas de cantería labrada se colocaron siguiendo la generatriz de la bóveda, como se representa en la digitalización (figura 7.84) También se observa que los tímpanos que cierran en los extremos a las bóvedas están hechos con cantería a diferencia de los pies derechos que se construyeron con piedra basáltica. Sobre las roscas de sillería, según las relaciones de obra, se describe que una vez colocada la cimbra se macizaron los senos hasta los tercios, esta es una técnica recurrentemente señalada en las relaciones de obra del siglo XVIII, tanto en el Castillo de San Juan de Ulúa como en el Fuerte de San Carlos de Perote.



Figura 7. 83 Testimonio de las dos roscas de la bóveda de una casamata en la cortina oriente



Figura 7. 84 Vista del intradós de la bóveda B-01.

Si consideramos las recomendaciones del tratadista Fray Lorenzo de San Nicolás⁴⁰⁷, (siglo XVII), a partir del trazo del arco de medio punto que es la directriz de la bóveda, se divide la flecha en tercios y para asegurar la estabilidad del elemento se deben macizar los senos siguiendo esa proporción. Fray Lorenzo de San Nicolás sugiere que, para el caso de las

⁴⁰⁷ Fray Lorenzo de San Nicolás, *Arte y uso de arquitectura: con el primer libro de Euclides traducido en castellano*. Primera parte. Madrid, Quinta edición por Plácido Barco Flores, 1796 pág. 125

bóvedas de cañón corrido, con macizar las embecaduras⁴⁰⁸ del primer tercio es suficiente, sin embargo, no podemos comprobar para el caso de la bóveda B-01 si se resolvió macizando los primeros tercios o se alcanzó hasta el segundo tercio, como sí es visible en el caso de la bóveda N-02 que corresponde a una directriz con un arco elíptico. En ese elemento, la pérdida total de aplanado permite dimensionar que el macizado de las embecaduras se realizó hasta los dos primeros tercios (ver figura 7.85). No obstante, es pertinente considerar que se trata de dos arcos directriz con empujes distintos.

Las relaciones de obra⁴⁰⁹ solo describen que se colocaron las cerchas, se macizaron los tercios con mampostería ordinaria y se voltearon las bóvedas, como si el macizado se hiciera con un relleno, sin embargo, por el espesor de los muros longitudinales (pies derechos) y considerando la colocación de las dos roscas, no hay espacio en los primeros tercios para el vaciado de un tipo de relleno más rígido que permita contrarrestar los empujes del cañón, por lo que se interpreta que el macizado se ejecutó con los salmeres y riñones de las bóvedas, y que el proceso marca esta acción como una primera etapa por los tiempos de fraguado. Una vez terminadas las roscas de cantería labrada con un aparejo trabado con piezas a tizón vistas desde el intradós, se colocó mampostería ordinaria y posteriormente un hormigón pisado.

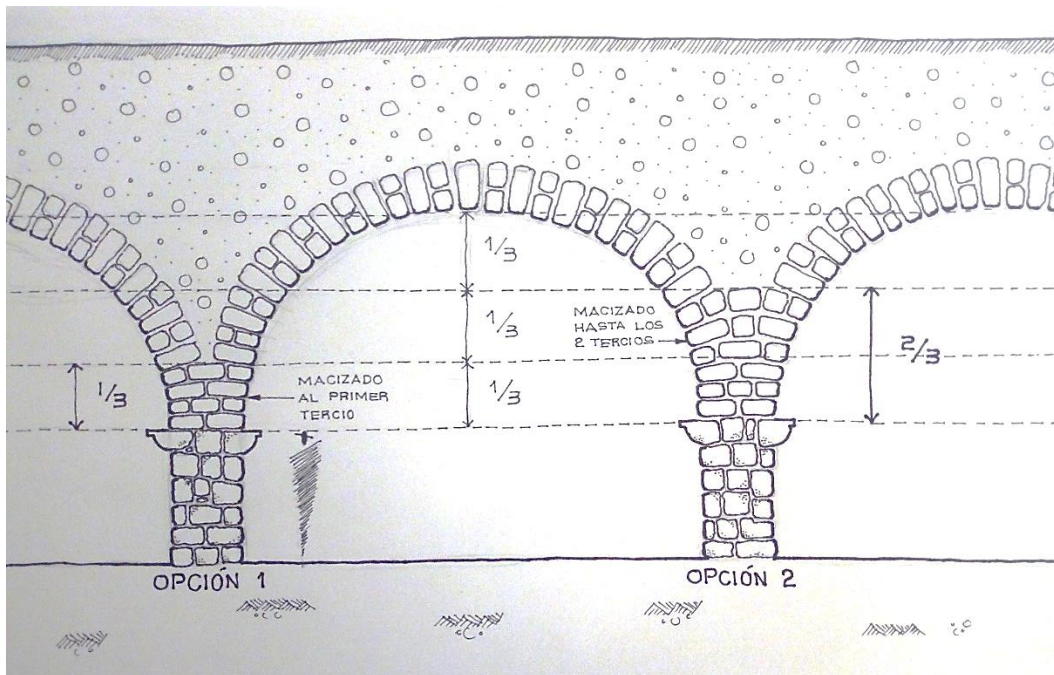


Figura 7. 85 Representación de la técnica para el macizado de los senos de las bóvedas. La opción 1 indica el macizado de las embecaduras hasta el primer tercio de la flecha y la opción 2 representa el macizado en los dos primeros tercios.

⁴⁰⁸ La embecadura se identifica como una enjuta, es decir el espacio triangular que deja en un cuadrado el círculo inscrito en él.

⁴⁰⁹ Archivo General de Indias (AGI), Sevilla, México, 2460.

7.3.3.2 Bóvedas de arista y cúpulas rebajadas a prueba de bomba con sillares de toba blanca, arcos de piedra basáltica y rellenos de mampostería ordinaria

El Ing. Manuel de Santistevan realizó un primer proyecto para el Fuerte de San Carlos en Perote que no convenció al Rey, quien objetó el tamaño de la propuesta, sugiriendo ampliar los espacios para cubrir las necesidades de almacén y resguardo de una guarnición destinada a detener el posible paso del enemigo ante un ataque. Ante esta situación hoy podemos comparar el diseño del vestíbulo de acceso a la fortificación en el primer plano fechado en 1770 y en el plano de la obra construida fechado en 1777. El comparativo de ambas representaciones nos ilustra sobre la importancia que otorgó el ingeniero a este espacio, estableciendo una clara jerarquía dentro del recinto y aprovechando las modificaciones del proyecto para organizar una amplia galería abovedada al centro de la cortina oriente. De acuerdo con las relatorías de obra, las bóvedas que cubren el vestíbulo fueron construidas en el año de 1774.

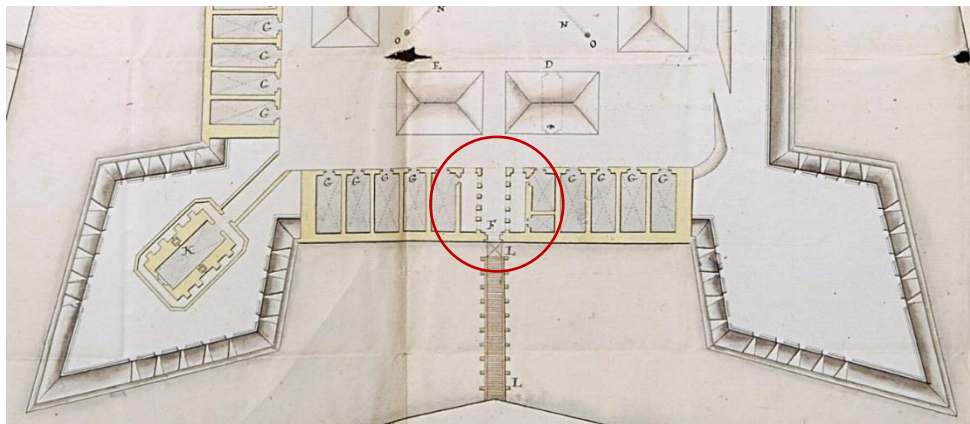


Figura 7. 86 Fragmento del plano del Fuerte de San Carlos de Perote, 1770.

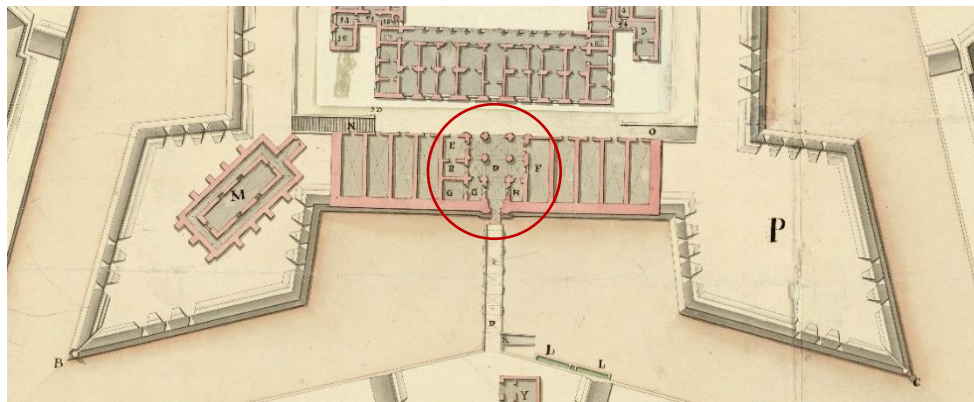


Figura 7. 87 Fragmento del plano del Fuerte de San Carlos de Perote, 1777.

Para el diseño del vestíbulo que se cubre por el conjunto denominado **B.02**, el ingeniero Santistevan utilizó un espacio proporcional a tres casamatas de la cortina oriente en donde organizó una galería estructurada por apoyos aislados, arcos, bóvedas y cúpulas. El vestíbulo se compone de tres naves: la principal ubicada en el eje central del recinto y con acceso directo a la puerta de ingreso al Fuerte, se diseñó con una luz de 5.03m y un largo de 17.50m dividido en tres tramos marcados por arcos fajones y cubiertos por cúpulas rebajadas; las dos naves laterales de 3.72 de luz por 10.50 m de largo, se dividieron en dos tramos también delimitados por arcos fajones y cubiertos con bóvedas de arista. La composición del vestíbulo dentro de la sobriedad del conjunto militar otorga un carácter estético y sobrio característico de la arquitectura neoclásica.

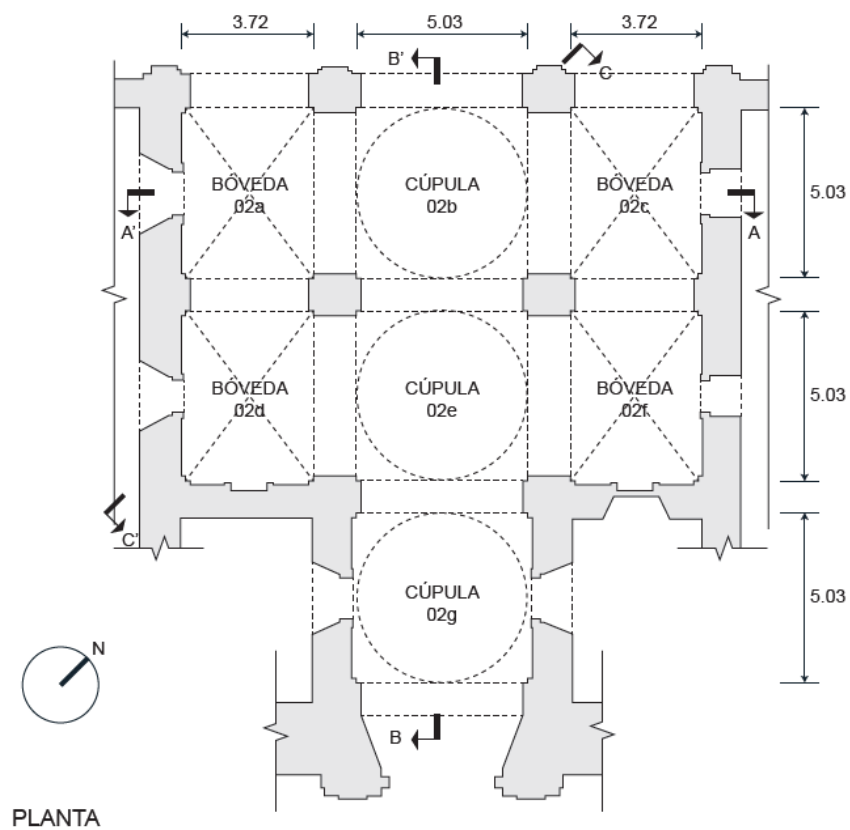


Figura 7. 89 Planta arquitectónica del vestíbulo que representa las cubiertas B.02

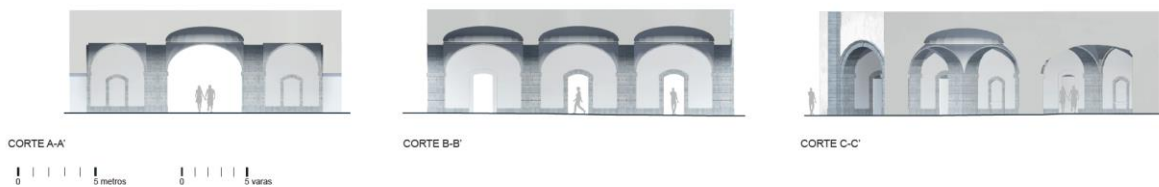


Figura 7. 88 Cortes A, B y C del vestíbulo en donde se observan la composición de bóvedas y cúpulas.

Los apoyos aislados de planta rectangular permitieron corresponder con arcos de medio punto o elípticos a la estructura organizada por el encuentro de bóvedas de arista de planta rectangular y cúpulas con pechinas sobre una planta cuadrada. Para generar la mayor sobriedad del conjunto, el autor combinó el uso de los materiales, ya que los apoyos y arcos

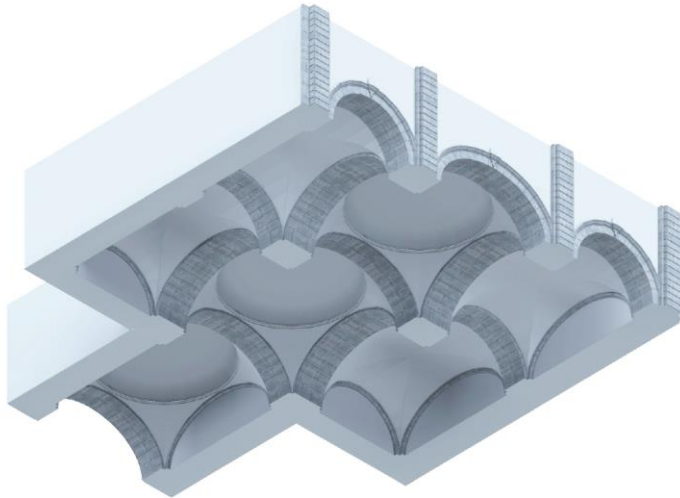


Figura 7. 90 Isométrico del conjunto de arcos, bóvedas y cúpulas que cubren el vestíbulo de ingreso al Fuerte de San Carlos.

fajones y formeros se construyeron con cantos sillares de piedra negra basáltica y para la conformación de la plementería de las bóvedas se utilizó la cantería con toba blanca con recubrimiento de aplanado de cal. Aunque no es posible verificar el relleno y sus espesores, por su ubicación en la cortina principal de la muralla, es evidente que la estructura estuvo edificada con la técnica de bóvedas a prueba de bomba, por lo que las roscas de sus bóvedas y cúpulas, así como sus rellenos de mampostería

ordinaria y la capa final del hormigón de cal, conformaron una estructura de gran solidez que destacaba al interior con los pequeños detalles como la clave polar en las bóvedas de arista acentúan el carácter estético del espacio.

Durante el levantamiento en sitio de este juego de cúpulas y bóvedas se pudo constatar el dominio de la geometría, pues el trazo de las figuras arqueadas corresponde a los lineamientos marcados por los tratados para el diseño de arcos elípticos. Por ejemplo, una de las bóvedas de arista, sobre planta rectangular de 3.72m por 5.03m, se compone por la intersección de un cañón de medio punto y un cañón con directriz de arco elíptico formado por dos focos.

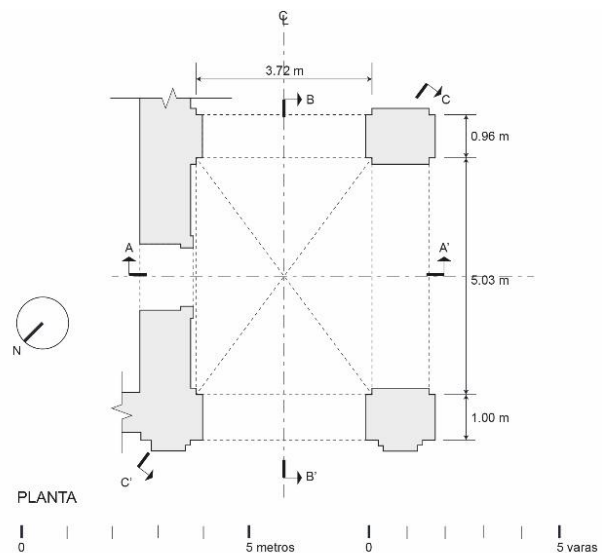


Figura 7. 91 Planta arquitectónica de la bóveda de arista denominada B-02a.

CAPÍTULO 7
Técnicas constructivas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz

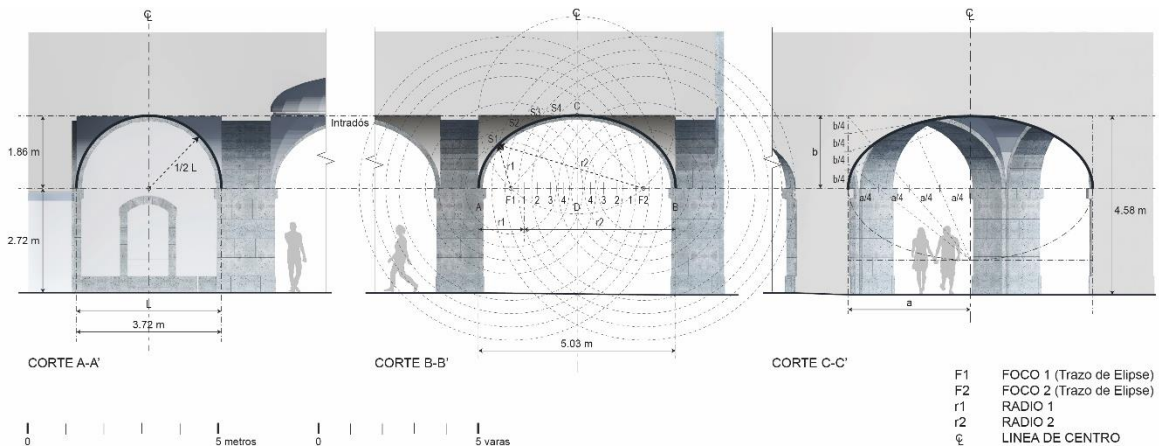


Figura 7. 92 Corte A-A' con el trazo del cañón de medio y la proyección de arco fajón. Corte B-B' con el análisis del trazo en base a dos focos de la bóveda elíptica que intercepta a la bóveda de medio punto. Corte C-C' que representa el arco diagonal en la arista que señala la intersección de los dos cañones, como se observa la curva corresponde con un arco carpanel.

Asimismo, si analizamos a detalle el trazo de la cúpula rebajada que corona cada uno de los tramos de la nave central, se ha encontrado que la directriz es un arco elíptico configurado por dos focos como puntos fijos (Figura 7.92), e incluso la curvatura de las pechinas deriva de este trazo.

El trazo de la cúpula se definió tanto por la luz de las naves como por la altura disponible para flecha del arco directriz, ya que la estructura de la cortina debía mantener el mismo nivel de adarve en las casamatas y vestíbulo, pues por los movimientos de artillería no es óptimo manejar diferencias de piso en cubierta. Entonces, el ingeniero dispuso de poca altura para el diseño de su bóveda y partiendo de la línea de centro proyectó un círculo que interceptó la línea de arranque de la cúpula la cual ahora distinguimos por una cornisa. En los puntos de intersección de la línea de arranque y el círculo, ubicó los focos (F1 y F2) y dividió la distancia entre ellos en segmentos iguales; inició con el trazo de dos círculos cuyo centro se ubica en los extremos de la luz de la cúpula y el radio se determinó por la ubicación de cada segmento, posteriormente ambos círculos se desplazan para coincidir su centro con el foco. La secuencia de círculos desplazados a los focos 1 y 2 va generando la intersección de ambas series de circunferencias que nos ofrecen los puntos para formar la curvatura generatriz de la cúpula.

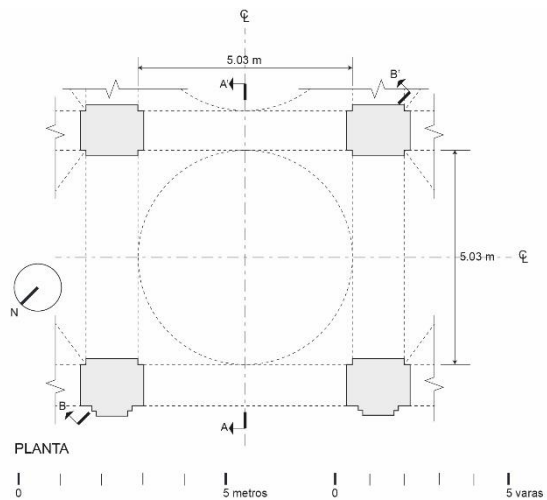


Figura 7. 93 Planta arquitectónica de un tramo en la nave central del vestíbulo

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

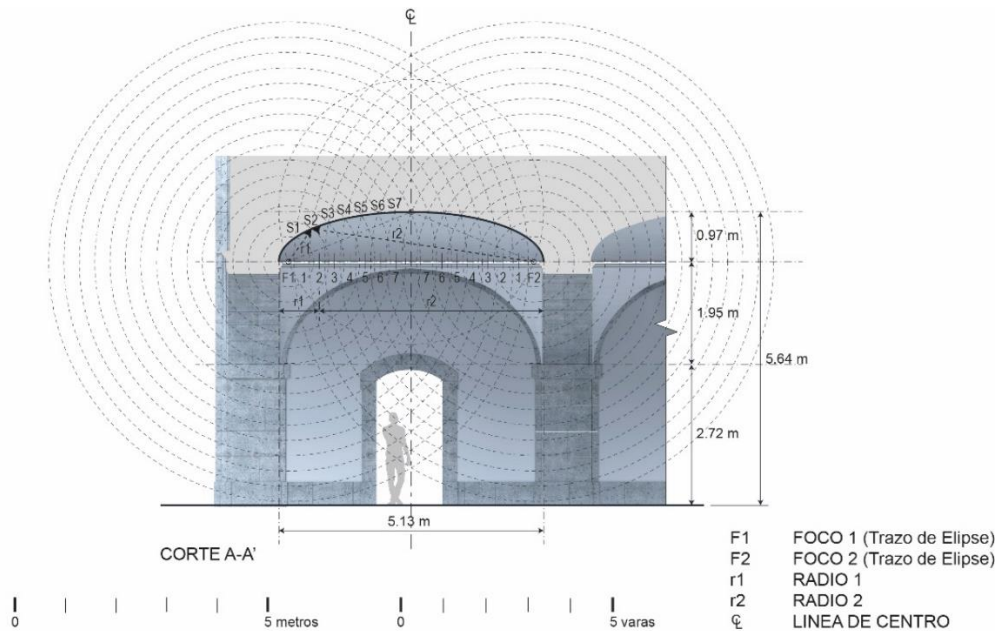


Figura 7. 94 Trazo del arco elíptico que funge como directriz de la cúpula B-02b del vestíbulo.

De la misma manera, este método de trazo de la elipse fue utilizado para definir la curvatura cóncava de las pechinas. La forma de los elementos se ha levantado in situ con cinta, distanciómetro laser, ubicación de niveles y apoyándose con diagonales y triangulaciones para comprobar las dimensiones. Por lo tanto, ha sido sorprendente no sólo el conocimiento geométrico para la configuración de las formas abovedadas, sino también que queda demostrada la habilidad para la realización de las obras auxiliares, como las cimbras que durante el proceso de obra debieron manifestar el arte de la carpintería de los grandes maestros del siglo XVIII, en la región. Desafortunadamente, en las relaciones de obra no existen datos de las cimbras utilizadas, y sólo se indica las fechas del montaje de cerchas, y algunas denominaciones de madera para los andamios, en base a su corte: vigas, soleras, tablas de 2 ½ varas, quartoncillos de 2 ½, 3 y 4 varas.

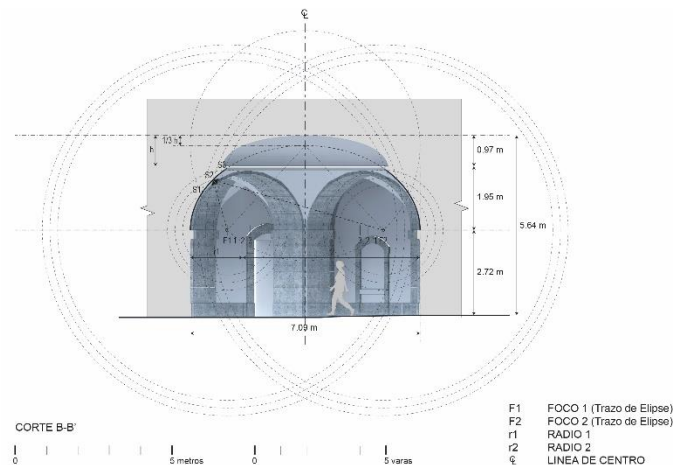


Figura 3. Líneas de trazo de las pechinas

7.3.3 Bóveda de cañón elíptico con lunetos a base de sillares de toba blanca y arcos fajones y formeros con ladrillo

La bóveda designada como **B.03** cubre la iglesia, una de las construcciones accesorias en las fortificaciones. En el caso de San Carlos de Perote, el plano datado en 1770 ubicó a la iglesia en uno de los dos edificios militares proyectados al oriente de la plaza de armas; sin embargo, al modificarse el plano ésta se pasó al edificio militar poniente donde se encontraban las habitaciones del Gobernador y cuarteles del Estado Mayor de la Fortaleza. (Figura 7.95). De acuerdo con las relaciones de obras, la construcción de este edificio inició en 1774 por lo que la bóveda que cubre la capilla también pudo ser ejecutada en este periodo o en 1775.

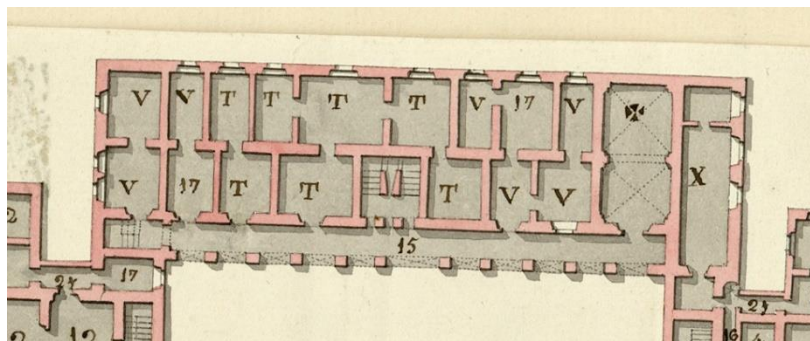


Figura 7. 95 Fragmento del plano del Fuerte de San Carlos de Perote de 1777, que muestra la planta arquitectónica del edificio militar poniente y en el extremo derecho, en el segundo local se localiza la nave de la capilla identificada con una cruz.

Aunque se trataba de un espacio litúrgico, la sobriedad del conjunto militar también se observa en los interiores, e incluso como testimonio de un expediente que acompaña el plano fechado en 1792 que representa el muro testero de la capilla, se narra lo siguiente:

“...encontramos 2 columnas y sobre ellas se abre un gran arco, en el centro hay una ventana cuyas figuras son dos círculos, uno más grande que el otro, los cuales tienen cuatro puntas pequeñas; además en medio es posible observar una especie de reja. El capellán del Fuerte de Perote mencionó la inquietud de proveer a la Capilla de los ornamentos que le faltaban...”⁴¹⁰

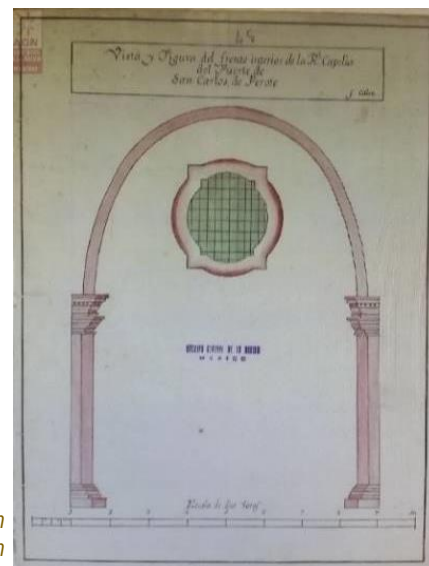


Figura 7. 96 Vista y figura del frente interior de la Real Capilla del Fuerte de San Carlos de Perote. F. Calvo, 1792. Fuente: Archivo General de la Nación

⁴¹⁰ Archivo General de la Nación (AGN), México, Instituciones Coloniales, Historia, volumen 344bis, expediente 2., f. 45

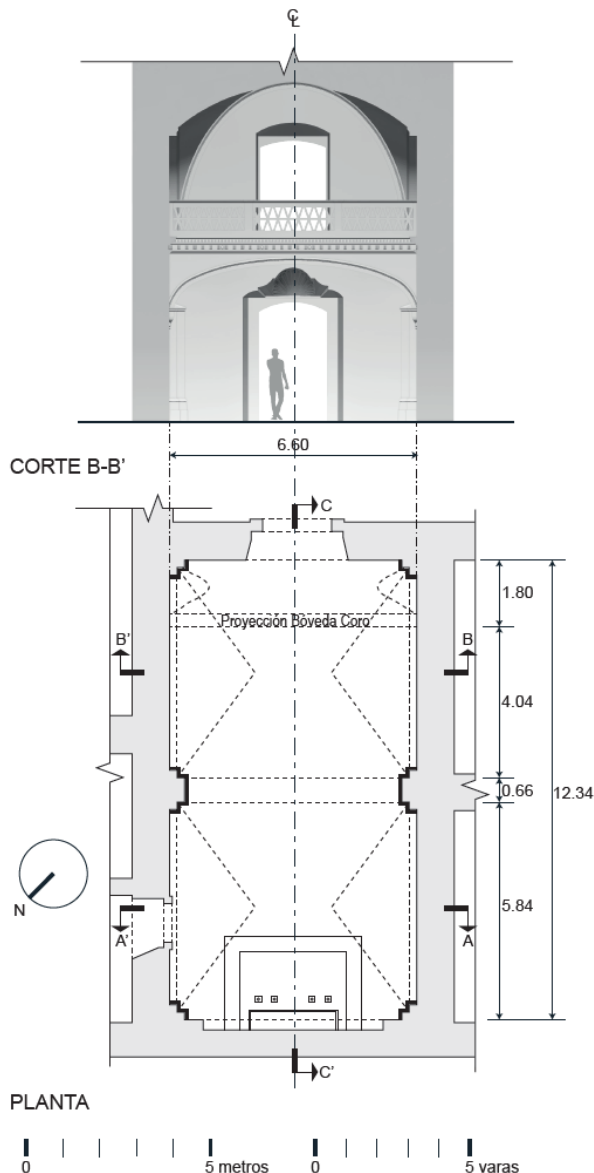


Figura 7. 97 Planta y corte transversal de la capilla.

Las proyecciones de las líneas de intersección se dibujan con ligeras curvas como lo vemos en los gráficos de la figura 7.97.

El trazo del arco del cañón principal tiene una directriz de arco elíptico cuya luz corresponde con el diámetro menor de la elipse, de esta manera el ingeniero logró que el arranque de las bóvedas acentuado por la línea de cornisa en los muros longitudinales coincida con el nivel de la planta alta del edificio militar, lo cual además permite el acceso al coro sin recurrir a otra escalera auxiliar. Los cañones que forman los lunetos parten de una directriz de arco de medio punto y ambos cañones (elíptico y cilíndrico) se interceptan perpendicularmente.

En cuanto a su **morfología**, la capilla de planta rectangular con un espacio libre de 6.60m (7.9 varas) por 12.34m (14.76 varas) se cubre con una bóveda de cañón con lunetos. Este tipo de cubiertas es característica de las parroquias del siglo XVIII, por lo que el ingeniero Santistevan empleó este recurso para generar el carácter del espacio litúrgico dentro de la sobriedad de un conjunto militar; sin embargo, la ubicación dentro del edificio poniendo en que compartirá la estructura con otros usos, no le permite cumplir con la función de los lunetos en este tipo de cubiertas, pues no es posible abrir el paso de la luz a través de los vanos ubicados en sus tímpanos, ya que los muros longitudinales de la capilla tienen colindancia inmediata con otros locales y mantiene la altura de éstos. En consecuencia, para permitir el paso de luz, el ingeniero integró un vano tipo óculo mixtilíneo en el muro testero de la capilla, como lo representa el plano fechado en 1792 (Figura 7.96)

La bóveda con lunetos corresponde a la intersección de dos semicilindros de distinto tamaño. Esta tipología de cubierta se resolvió en el Fuerte de San Carlos por única ocasión en la capilla. El cañón de menor diámetro presenta una línea de centro inclinada tangente a la directriz de la bóveda del cañón mayor.

La planta de la capilla está compuesta por dos tramos estructurado con arcos fajones elípticos y arcos formeros de medio punto.

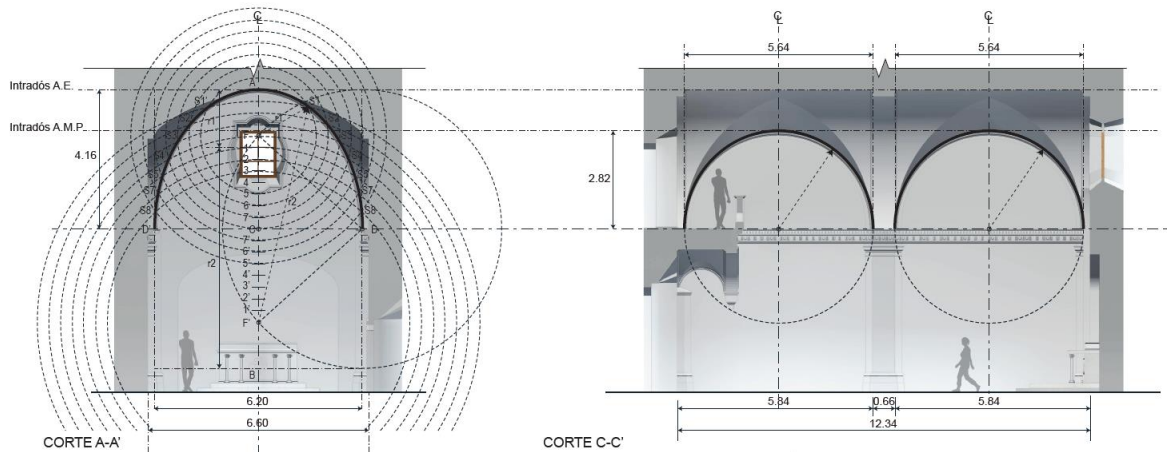


Figura 7. 98 Corte transversal y longitudinal del espacio a doble altura de la capilla.

En el **estudio técnico** han distinguido las cualidades geométricas de la bóveda, pues resulta interesante la solución del espacio, ya que el ingeniero proyectó esta bóveda en un edificio que se planteó para cubrir con una estructura de madera y teja, por lo que sobre las bóvedas se colocó un relleno y una capa de hormigón pisado que fungiría como bajo cubierta.

Al respecto de los elementos arqueados, se puede observar en sitio que la fábrica de los arcos está realizada con ladrillo y para el caso de las bóvedas probablemente se ha formado con sillares de cantería, lo cual, por la conservación del aplanado en el intradós de su bóveda, no se pudo verificar la disposición de los sillares, ni la disposición de los aparejos y sólo en algunos fragmentos de los arcos se observa el material de ladrillo que complementa la estructura.

Figura 7. 99 Interior de la capilla, vista hacia el coro y acceso.



7.3.3.4 Bóveda doble de arista

Esta bóveda se ha identificado como la **B.04**, que cubre el espacio destinado como sacristía de la iglesia. Se considera que la obra de la bóveda se realizó con la misma datación de la capilla, en 1774, sin embargo, en las relaciones de obra no hay descripciones específicas del periodo de ejecución, ni de la cubierta de la iglesia, ni de la bóveda de su sacristía, y de los entresijos del edificio militar sólo se ha encontrado que la estructura de vigas se colocó en el año de 1775.



Figura 7. 100 Fotografía de la bóveda que cubre la sacristía. Por lo compacto del espacio es imposible tomar una imagen de la bóveda completa.

La proporción de la planta arquitectónica de 3.31m (4 varas) de ancho por 5.04m (6 varas) de largo, fue aprovechada por el ingeniero para cubrir la sacristía con una bóveda de arista doble en donde su longitud se aprovecha para proyectar dos cañones que se intercepten perpendicularmente con un cañón que inicia en el muro de menor longitud. Aunque al interior del espacio se percibe un aparente uso de arcos elípticos, la solución por la proporción de la planta pudo generarse con directrices de arcos de medio punto, y solo se encontró un ajuste en el arranque de los arcos sobre el muro longitudinal, en donde se desfasa o peralta para que las líneas de clave de todas las bóvedas coincidan.

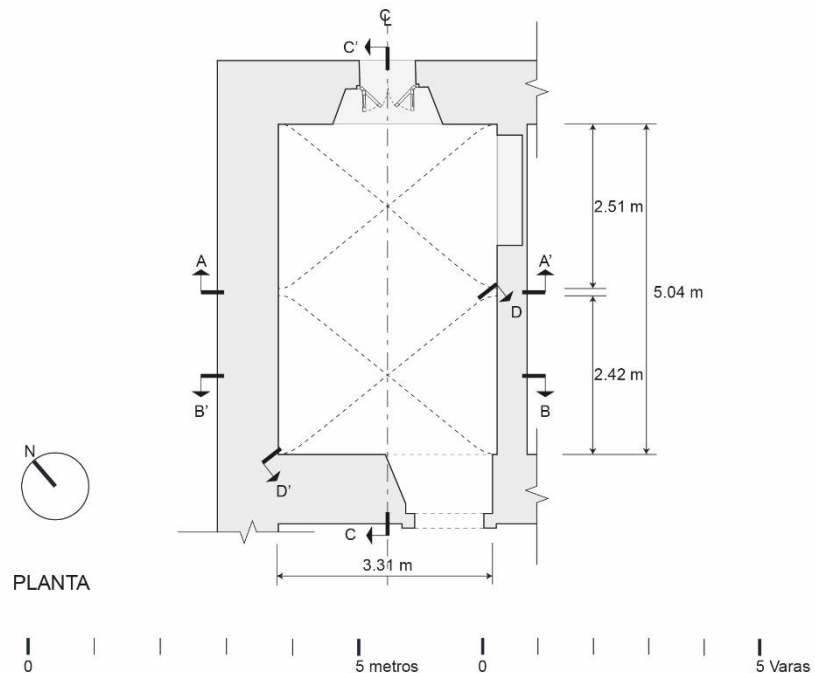


Figura 7. 101 Planta arquitectónica de la sacristía

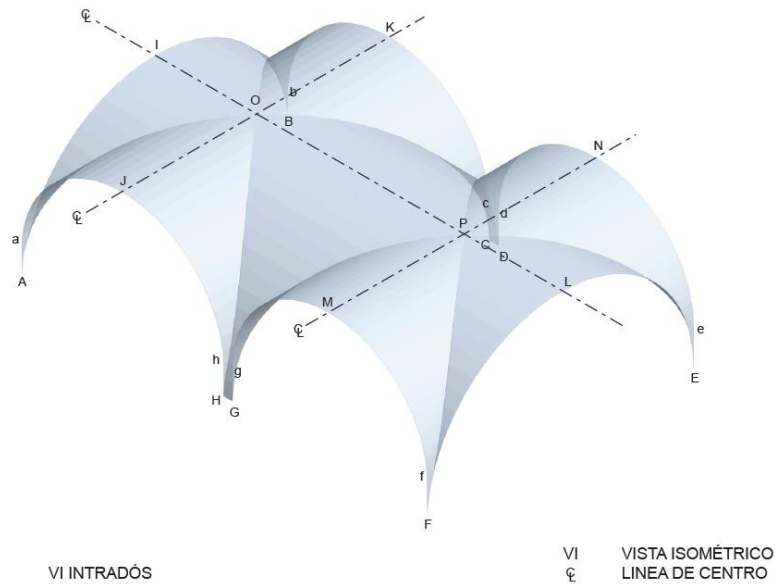


Figura 7. 102 Vista isométrica de las bóvedas que cubren la sacristía.

En un intento por acentuar el carácter religioso se integraron molduras tipo cordón franciscano acentuando los arcos fajones y torales, sin embargo, sólo se encontró como parte de la decoración, pues no hay una cantería resuelta que estructure algún tipo de nervio en los elementos. Asimismo, por la conservación de los aplanados en el intradós de las bóvedas, y las diversas capas de pintura existentes no ha sido posible constatar el material de la plementería.

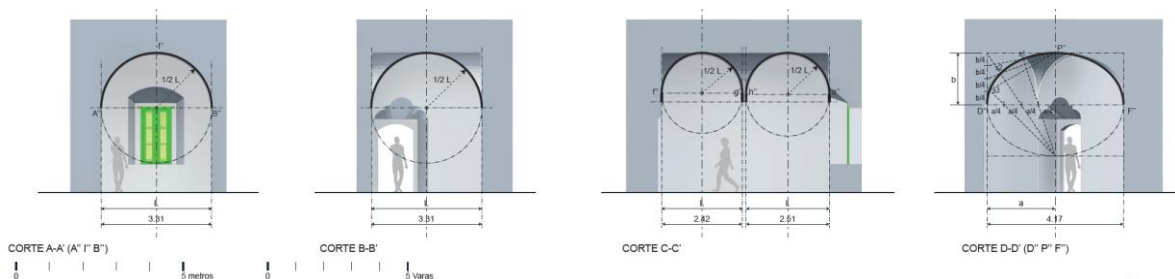


Figura 7. 103 Cortes de la sacristía en donde se ha identificado el trazo de los arcos de medio punto que generan los cañones y el arco diagonal de la arista.

7.3.3.5 Bóveda de cañón a carpanel con sillares de toba blanca y arcos fajones de ladrillo

La bóveda **B-05** corresponde a la tipología de solución constructiva y formal empleada en la conexión de los cuatro edificios militares, es decir, su estructura enlazó un edificio con otro dispuesto en perpendicular y aunque el espacio generado correspondió a diversos usos, todos fueron resueltos con un entrepiso de bóveda carpanel. En las diversas adecuaciones del conjunto, estos conectores han sido alterados espacialmente, sin embargo, conservan la estructura abovedada, la cual se ha podido verificar a través del levantamiento de la B-05, que es utilizada como pasillo de conexión entre la plaza de armas y la calle militar.

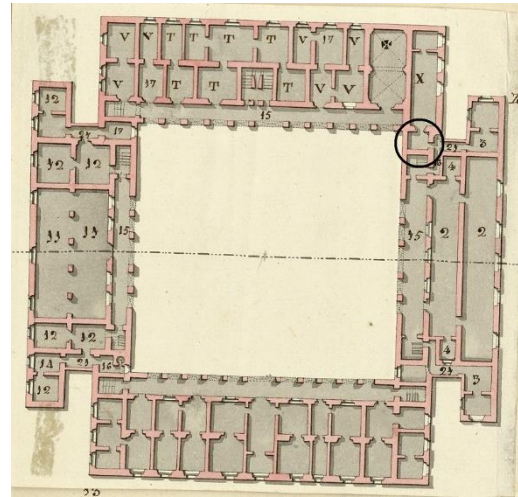


Figura 7. 104 Planta de los cuatros edificios militares que rodean la plaza de armas. Fragmento del plano del Fuerte de San Carlos de Perote por el Ing. Manuel Santistevan, 1777

Al respecto de la **morfología** de la B-05, se encontró que para cubrir el espacio sobre una planta rectangular se utilizó una bóveda con directriz de arco carpanel de tres focos, esta solución permitió que se cubriera el espacio con una luz de 5.29m (6.30 varas) y que la altura de su flecha no repercutiera en un cambio de nivel de piso de la planta superior del edificio. Así el arco carpanel tiene una flecha de 1.04m y los focos de los extremos se ubican en la línea de arranque.

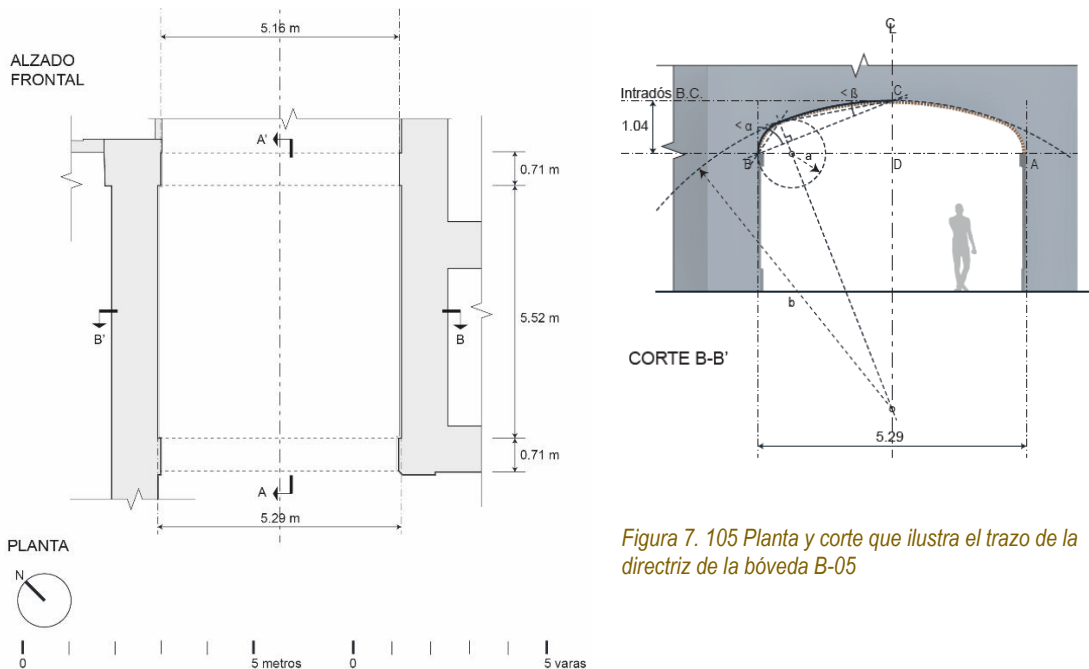


Figura 7. 105 Planta y corte que ilustra el trazo de la directriz de la bóveda B-05

En cuanto al **estudio técnico**, se encontró que los materiales utilizados en la bóveda B-05 fueron dos principalmente: ladrillo de barro rojo recocido con dimensiones de 26 x 14 x 4 cms y cantería labrada en sillares semi regulares de toba blanca. En la unión de las piezas

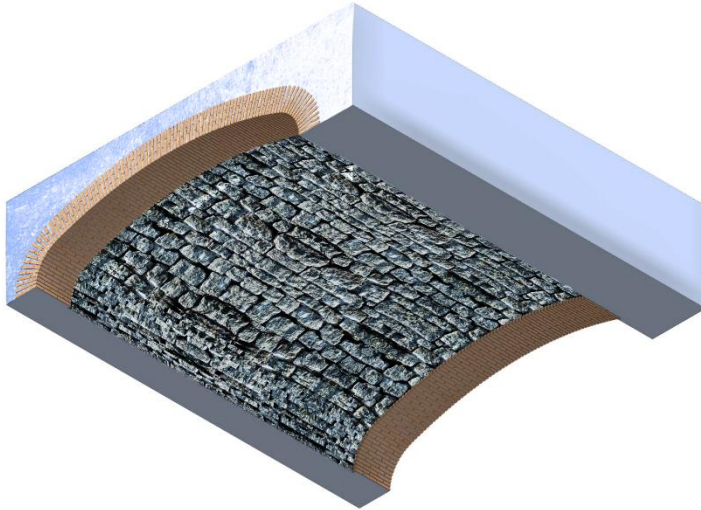
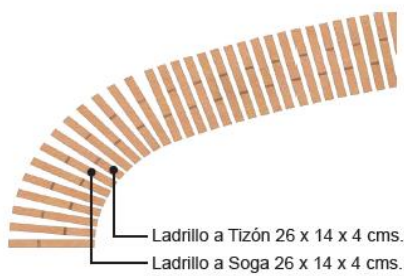


Figura 7. 106 Isométrico de la bóveda B-05

se utilizó mortero de cal y arena, en los rellenos se utilizó mampostería ordinaria. La combinación de los materiales expuesta por el uso del ladrillo en los arcos y el uso de la cantería en la bóveda ciertamente llama la atención, sin embargo, corresponde en el caso de los arcos a la continuidad del mismo material que presenta la arcada de los edificios militares y que al ubicarse en el mismo paramento, correspondió con el mismo

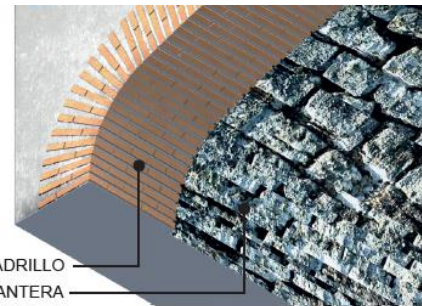
material. Para el caso de la cantería en las bóvedas, cabe destacar que los sillares labrados rústicamente fueron los utilizados para formar las roscas de las bóvedas de casamatas, vestíbulo, capilla y en este caso, pasillos de conexión.

Los arcos presentan un aparejo visto desde el intradós con la combinación de una hilada a soga y otra a tizón. En el caso de la cantería, esta se colocó con una disposición de aparejo a tizón visto desde el intradós de la bóveda, y con traslape entre las hiladas que corresponden a la generatriz de la bóveda.



DETALLE VF

Figura 7. 107 Detalle vista frontal (VF) del arco carpanel que marca el arranque de la bóveda B-05.



DETALLE VI INTRADÓS

Figura 7. 108 Detalle vista isométrico (VI) de la combinación de materiales: arcos fajones de ladrillo y cantería labrada en la bóveda

7.3.3.6 Bóveda de cañón elíptico con sillares de toba blanca y sillares de basalto

El análisis de los elementos arquitectónicos desde su **morfología** ha dado por resultado que el Fuerte de San Carlos de Perote ofrece un catálogo de arcos y bóvedas utilizados tanto para cubrir espacios como para estructurarlos. En las circulaciones horizontales, también fue un recurso importante que muestra a simple vista un trazo geométrico claramente resuelto, por lo que ha sido interesante incluir el análisis de dos casos. En este primer ejemplo la bóveda **N-01** expone la solución formal y constructiva de un tramo del puente de ingreso a la fortaleza, el cual se desplanta desde el nivel del foso seco, lo que permitió realizar un registro completo del trazo y de la combinación de los materiales utilizados.



Figura 7. 109 Perspectiva del puente de ingreso al Fuerte de San Carlos, visto desde la cortina oriente a nivel del foso. 2019.

En cuanto a su **morfología**, el puente se compone de una secuencia de cinco bóvedas apoyadas en amplios estribos que soportan los empujes de cada una y por el exterior se han reforzado con tajamares semicirculares, aunque el foso es seco y aparentemente no requeriría de este tipo de elementos, su integración acentúa el carácter del puente. La directriz de las bóvedas corresponde al trazo de un arco elíptico que se ha verificado por el método de trazo de dos círculos de diferentes diámetros.

Para encontrar la geometría del arco elíptico se trazaron dos círculos coincidiendo su centro con el punto medio de la luz de la bóveda, el círculo con radio **b**, corresponde a la flecha del arco del puente, y el círculo con radio **a**, establece la distancia del centro a la línea de arranque de la bóveda. La circunferencia del círculo se dividió en segmentos iguales y se trazó una línea diagonal definida por el centro de los círculos y un segmento de la circunferencia, esta línea se prolonga a cortar ambos círculos (**a** y **b**); en la intersección de la diagonal con el círculo **b**, se inicia el trazo de una línea horizontal (**D**), y en la intersección de la misma diagonal con el círculo **a**, se inicia el trazo de una línea vertical (**C**), el encuentro de ambas líneas define un punto del arco elíptico (**E**). Así, entre más segmentos generen las líneas de referencia, más definida se tendrá la elipse.

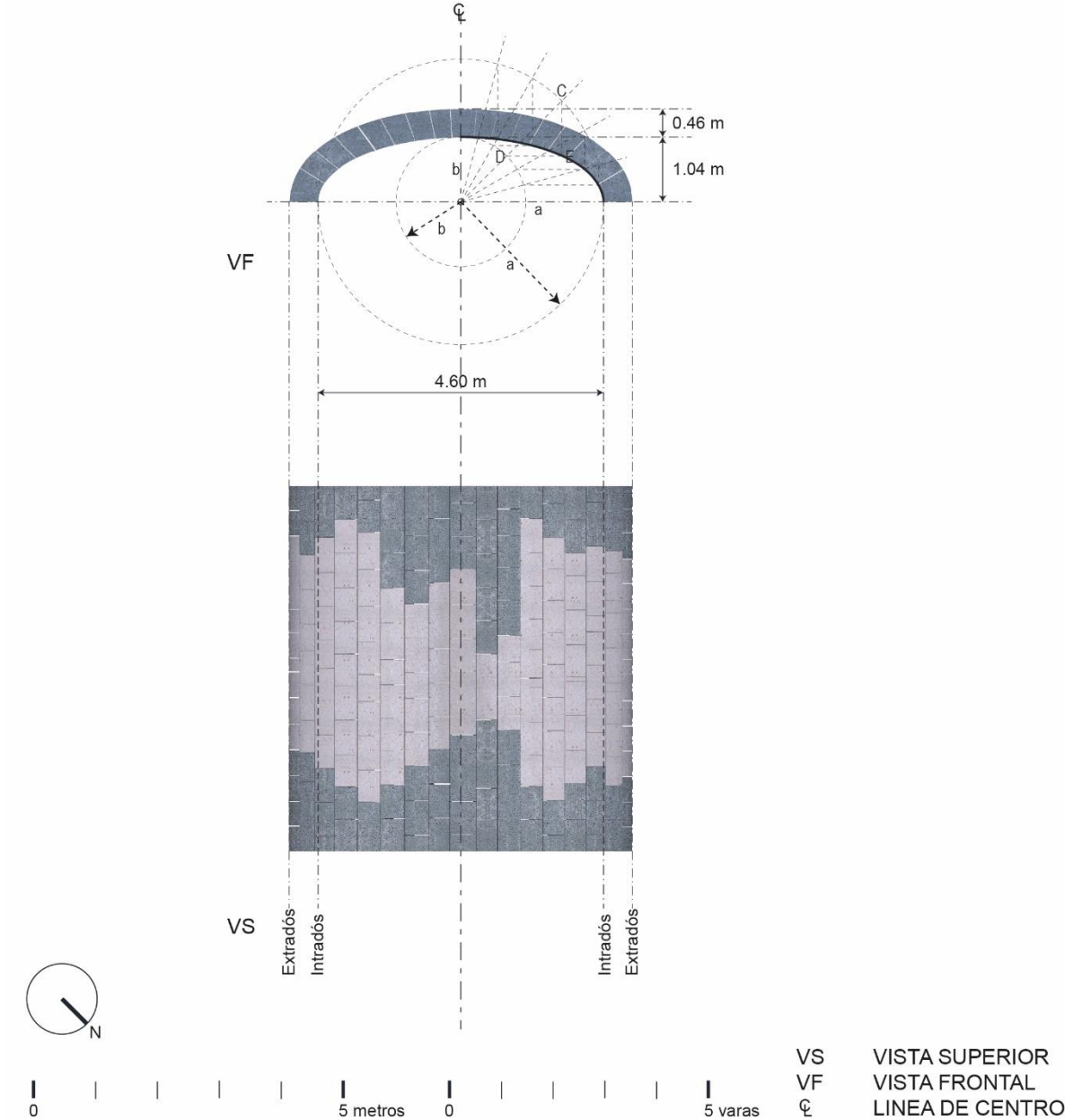


Figura 7. 110 Representación del trazo de la bóveda N-01 del puente.

Al respecto del **análisis técnico** se encontró que cada bóveda está formada por una combinación de piezas labradas de cantería rosa y piedra basáltica negra. Resultó de interés esta particular combinación, por lo que en la búsqueda del patrón de despiece se registraron todos los plementos. Sin embargo, en la representación se puede apreciar que la ubicación de los diferentes materiales únicamente atendió al principio de reforzar los extremos de la bóveda colocando los sillares de piedra basáltica en el sentido de la directriz.

Así desde el exterior, el puente manifiesta el arco elíptico conformado por dovelas de piedra negra basáltica, un material de la región que fue ampliamente utilizado tanto en elementos que requerían de la talla y labrado definido de los cantos, por ejemplo: en apoyos aislados, arcos, enmarcamientos de puertas, ventanas, losetas de piso, escalones y en la portada de acceso principal al recinto; como de forma ordinaria cuyo corte irregular fue utilizado en el mamposteo de cimientos y muros. La representación de las dovelas del puente de acceso corresponde con el levantamiento en sitio, a pesar de que las piezas parecen vulnerables a deslizamiento, durante el trabajo de campo no se observó ninguna manifestación de movimiento en las piezas.

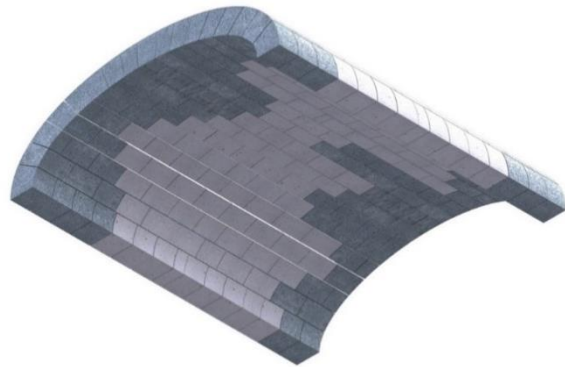


Figura 7. 111 Isométrico de la bóveda N-01 que muestra la combinación y disposición de la piedra basáltica y la cantería blanca o rosa. La representación de las dovelas corresponde al levantamiento en sitio.

Los sillares que conforman la bóveda del puente tienen dimensiones promedio de 30 x 50 cms con una profundidad de 46 cms. La talla está definida por sus testas y aristas lo que se aprovechó para trabajar una mínima junta que se hace imperceptible, simulando una disposición a hueso. El acomodo de los sillares permite identificar las hiladas en sentido de la generatriz de la bóveda y un aparejo español resulta de la colocación de cada hilada, para perder la continuidad de las juntas, por lo que los arcos de los extremos que se distinguen desde el exterior presentan dovelas con dimensiones variables en el intradós que hacen los ajustes para asegurar la trabazón.

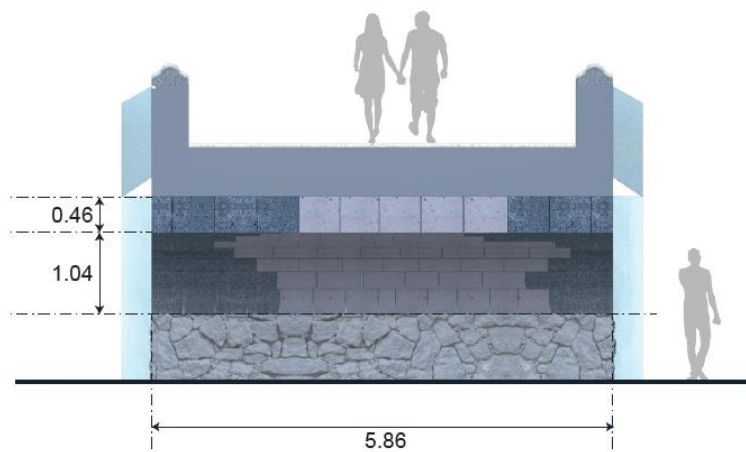


Figura 7. 112 Representación gráfica del corte del puente, en el que se observa la ubicación de los sillares de piedra basáltica a los extremos y las piezas de cantería al centro de la longitud de la bóveda.

7.3.3.7 Doble bóveda de cañón elíptico en voladizo con una rosca de ladrillo a sogá y tizón y ménsulas de piedra basáltica

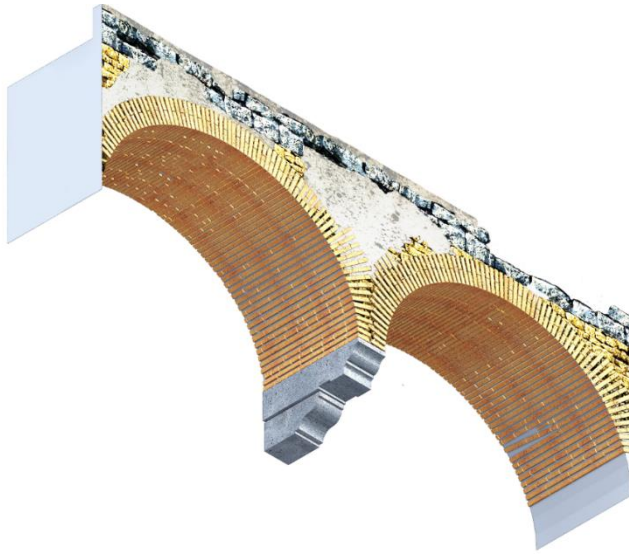


Figura 7. 113 Isométrico de la estructura que soporta el pasillo de planta alta en edificios militares.

Otro elemento de circulación horizontal se ubica en la conexión de los edificios militares resuelta a través de un pasillo en voladizo apoyado sobre dos cortas bóvedas elípticas denominadas **N-02**. Este recurso se presenta en los cuatro edificios que rodean la plaza de armas y es visible desde las calles militares. Las diferentes intervenciones han alterado y afectado el estado de conservación de estos elementos, sin embargo, en el edificio militar sur, sus condiciones permitieron distinguir claramente la geometría del trazo y la combinación de materiales, razones por las cuales se presenta su análisis.

También es importante destacar que esta solución del pasillo en voladizo fue un recurso formal y constructivo frecuentemente utilizado en la arquitectura de la región de Perote, con otros usos, pero muy cercanos a su temporalidad. Por ejemplo, en el caso de los almacenes de pólvora ubicados en el mismo municipio, el acceso se coronó con una marquesina resuelta con arco elíptico creando una pequeña bóveda apoyada en sus extremos sobre ménsulas de piedra basáltica. También en la fachada de la hacienda de Totalco, encontramos el voladizo en un balcón, que de igual forma estructura el arranque de su bóveda sobre ménsulas empotradas al muro de fachada.



Figura 4. Acceso al polvorín antiguo, ubicado en la localidad de Francisco I Madero, municipio de Perote.



Figura 5. Acceso a la Casa Principal de la Hacienda de San Antonio Limón en la localidad de Totalco, municipio de Perote

En el caso de **análisis morfológico** de la **N-02** se presenta una secuencia de dos angostas bóvedas con un apoyo intermedio en una ménsula. La estructura es utilizada como un pasillo en el nivel de planta alta de los edificios militares. La falta de aplanado permite observar el uso de materiales, la disposición de aparejos y la geometría. Los materiales utilizados son ladrillo de barro rojo recocido de dimensiones promedio 14 x 28 x 4cms, el cual se observa en las roscas de las bóvedas. Las bóvedas están apoyadas en sus extremos a muros de los edificios militares y en el centro de la longitud del pasillo, el apoyo cae sobre una ménsula de piedra basáltica negra tallada con molduras. La ménsula está compuesta por dos piezas de diferente longitud, ambas empotradas a muro.

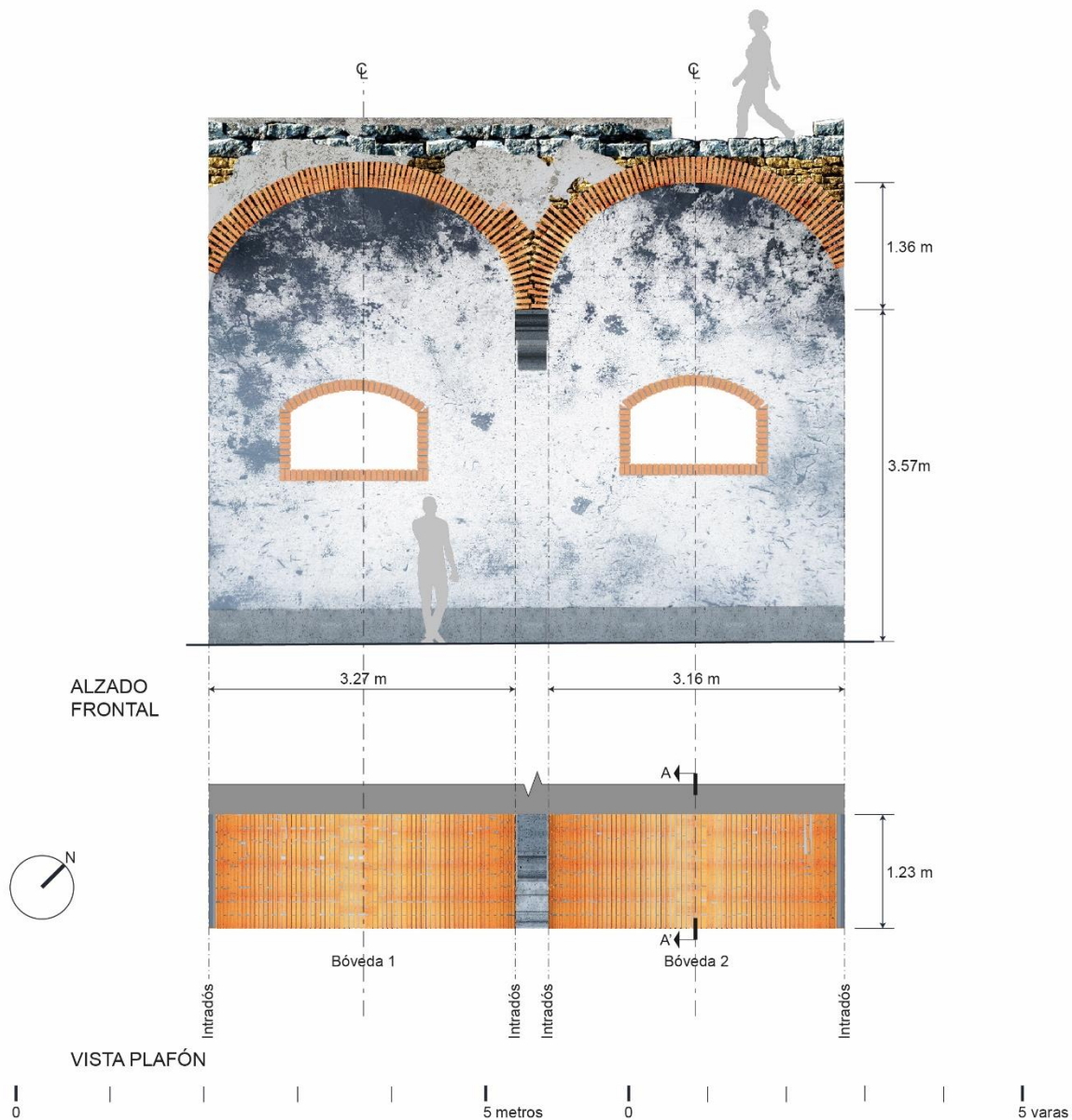
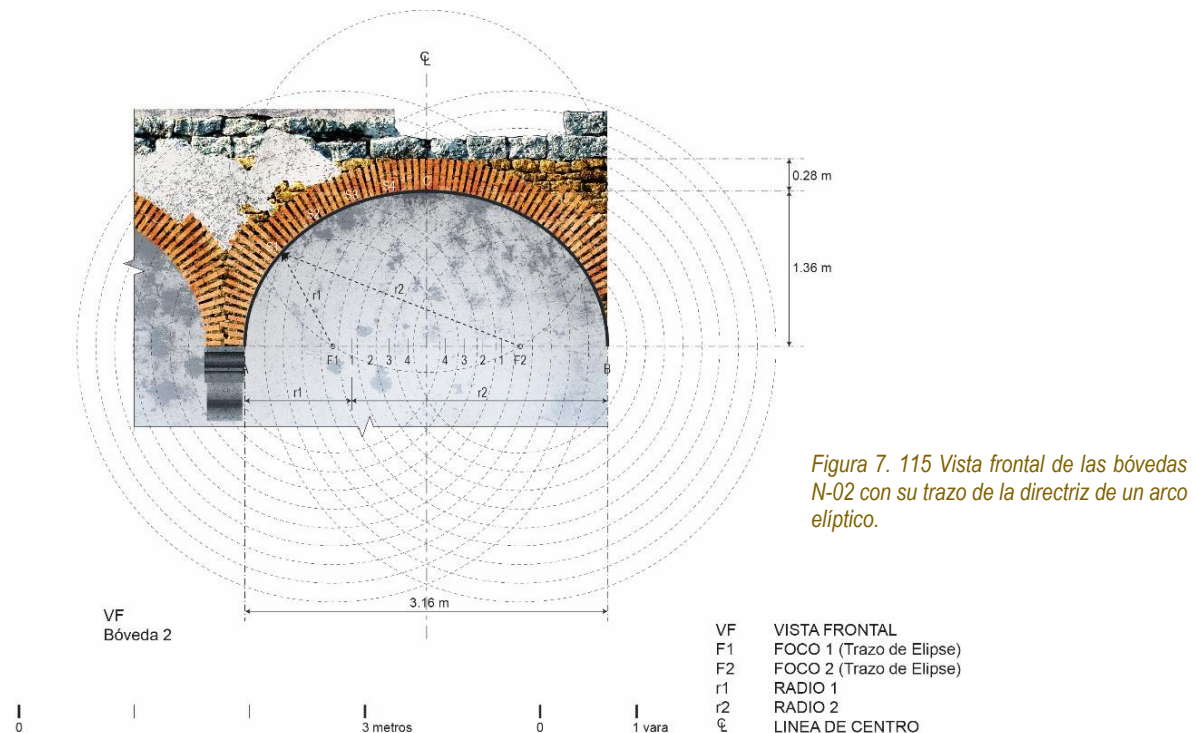


Figura 7. 114 Montea biplanar de las bóvedas N-02.

En un estudio del trazo geométrico, se ha comprobado su diseño a partir del método de dos focos, que describe Fray Lorenzo de San Nicolás en su tratado (1663) sobre el Arte y uso de la Arquitectura. En donde para el trazo del arco elíptico hay que definir la luz y la flecha, las cuales serán el eje mayor y el menor respectivamente. La luz del arco será definida por AB y la flecha por CD. ambos segmentos perpendiculares entre sí. El centril del arco será el punto C, y se ubica en el punto medio de AB. Desde el punto C (centril), se traza una línea perpendicular a AB con la longitud requerida para la altura del arco, de este modo es que la flecha del arco será CD. En resumen, los arranques de arco serán los puntos “A” y “B”, el centril el punto C y la flecha máxima “D”.

Para el trazo de la elipse se requieren de 2 puntos auxiliares denominados “focos” (F y F’), los cuales forman parte de AB. Para ubicar los focos, se traza un círculo tomando como radio AC y con centro en D, los puntos que intercepta el círculo en AB serán los focos F y F’. La longitud FC y F’C son equidistantes. Se divide FC en “n” fracciones iguales (2, 3, 4, 5, 6, etcétera) y del mismo modo para F’C. Posteriormente se ubicarán un conjunto de puntos que formarán parte del arco elíptico a partir de la intersección de ambas circunferencias que tienen como centro F y F’. Para definir los radios de estas circunferencias, se tomará como referencia el punto A y el punto B, además, como se mencionó anteriormente, los centros de dichas circunferencias serán F y F’.



El primer círculo por trazar tiene centro en F y radio A1, considerando que el punto 1, es resultado de dividir FC en segmentos iguales; el segundo círculo tiene centro en F’ y radio 1B. El punto de intersección de ambas circunferencias, por encima de la línea de arranque

AB, es un punto perteneciente al arco elíptico. Es siguiente círculo con centro en F y radio A2 se intersectará con el círculo con centro en F' y radio 2B, cumpliendo el teorema donde la sumatoria de ambos radios, será igual a la longitud de la luz o línea de arranque del arco, que en este caso es la línea AB. Sucesivamente se trazan y se interceptan los demás círculos según el número de fracciones en que se haya dividido FC y F'C, para ubicar un conjunto de puntos que pertenecen al arco elíptico.

Además de lo interesante que ha resultado la geometría del pasillo, también es importante destacar **la técnica constructiva** utilizada. El ingeniero Santistevan optó por resolver las bóvedas con una rosca de ladrillo considerando el canto de la pieza, y por esta razón, para lograr una mejor trabazón en los elementos dispuso las hiladas de ladrillos en aparejo inglés, es decir, una hilada a soga y una hilada a tizón. Esta disposición, de acuerdo con la generatriz de las bóvedas es visible desde el intradós.

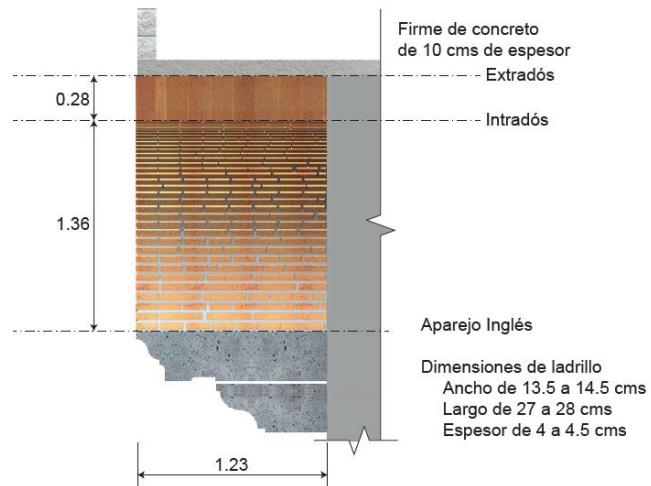


Figura 7. 116 . Corte de la bóveda N-02.

Por otra parte, las bóvedas se macizaron en sus embecaduras hasta los dos primeros tercios, como es claramente identificable en la figura 7.117. Una vez macizados los senos se colocó un relleno de mampostería ordinaria y el proceso original debió terminar con la capa de hormigón de cal, que posteriormente fue sustituido por un firme de concreto de 10 cms de espesor. El pasillo también contó con un parapeto, pues aún conserva dos hiladas de la cantería labrada que sirvió de arranque.

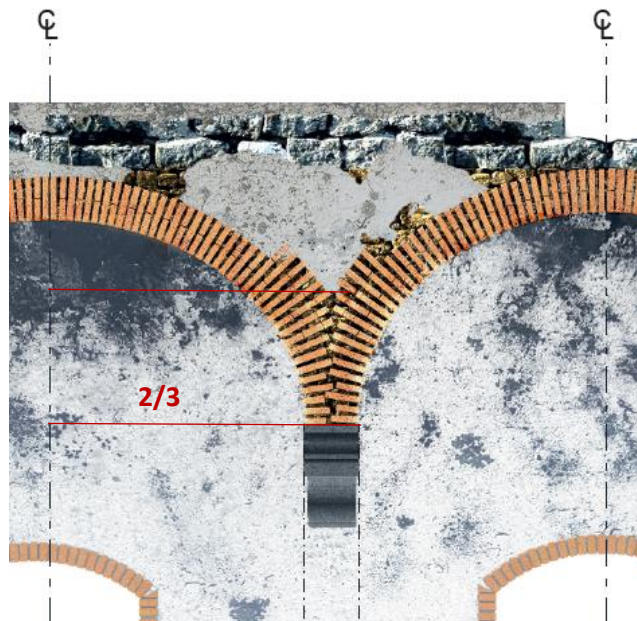


Figura 7. 117 Identificación del macizado de embecaduras a 2/3 de los senos de las bóvedas.

7.4 Atributos técnicos y formales de los elementos estructurales

7.4.1 Técnicas constructivas y variantes

Las técnicas constructivas identificadas en los elementos estructurales de las fortificaciones abaluartadas presentan una gama de composiciones por el tipo de material empleado o especie de coral, sus combinaciones, la forma en que se han manipulado para la conformación en el elemento y su integración al conjunto arquitectónico. El análisis de las técnicas constructivas permite hacer diversas interpretaciones de las soluciones generadas por los ingenieros militares en base a la finalidad de la técnica, a su nivel de calidad en el manejo de los materiales, sus aparejos e incluso por la geometría del propio elemento que forman. El proceso de investigación y registro de las técnicas en los tres niveles de una estructura arquitectónica: cimentación, apoyos y cubiertas, implicó que existen variantes que no pueden generalizarse por lo que se presenta una primera agrupación por cada nivel de la estructura que aproxima a la interpretación de las variantes.

En el caso de la cimentación, la investigación se centró en los datos arrojados por los documentos históricos y la comparación con los tratados que indican elementos que coincidieron con los reportes y presupuestos de las obras. De acuerdo con ello se encontraron únicamente dos variantes de las técnicas según el terreno sobre el que se desplanta la estructura: las cimentaciones en suelos marinos y las cimentaciones en suelos secos. Las primeras corresponden a un tipo de cimentación profunda de pilotes de madera y la segunda con un tipo de cimentación superficial por las condiciones de buena resistencia del terreno en el caso de Perote. De esta manera las diferencias entre ambas soluciones radican en la fijación de la mampostería con el suelo, pues a partir de la estructura de pilotes las técnicas son similares con sillares o bloques de piedra y relleno con mampostería ordinaria irregular, aunque el material pétreo es diferente, en cada sitio la elección se fundamenta en el tipo existente de mayor dureza.

Tabla 7.6 Técnicas constructivas aplicadas en cimentaciones de las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII.		
Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)		
Variantes	Técnica constructiva	Fortificación
En suelos marinos	Cimentación con piedra de cal sobre estructura de estacas y varengas de madera de zapote previa colocación de palplanchado	SJU
En suelos secos	Cimentación con piedra basáltica en sillares y mampostería ordinaria de basalto	SCP

En cuanto a los apoyos, las técnicas constructivas identificadas en muros y murallas de las fortificaciones abaluartadas se han agrupado considerando la calidad y regularidad en la composición de los materiales de sus paramentos, lo que implica identificar el nivel de trabajo y perfeccionamiento en el corte, dimensionamiento de las piezas, estandarización, patrón de colocación en hiladas y trabazón. En ese sentido, se han concentrado en tres variantes: composición regular, composición semirregular y composición irregular. Por otra

parte, se ha integrado la identificación de los refuerzos verticales en muros situados en los vértices de baluartes, revellines y lunetos, como un registro que complementa el conocimiento de la fábrica de las fortificaciones.

Las técnicas identificadas por una composición regular presentan sillares escuadrados, perfilados y labrados en volúmenes estandarizados de prismas rectangulares, su aparejo es en isódomo y las hiladas son completamente regulares en su horizontalidad. Sin embargo, también resulta interesante que a este grupo se integró el trabajo del coral semiesférico que sistematizó su corte y disposición en hiladas. Otra característica importante de destacar es que las técnicas de este grupo fueron aplicadas en los paramentos exteriores de murallas, por lo que nos refiere la intencionalidad de los ingenieros militares en presentar sobre los lienzos de murallas un trabajo de mayor calidad y solidez técnica.

Tabla 7.7 Técnicas constructivas aplicadas en muros y murallas de las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII. Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)		
Variante	Técnica constructiva	Fortificación
Composición regular	Obras con sillares de toba blanca en aparejo isódomo	SCP
	Obras de ladrillo dispuesto en aparejo a tizón	SCP
	Obras con sillares de coral y piedra en aparejo isódomo	SJU
	Obras de coral semiesférico en hiladas regulares	SJU
Composición semirregular	Obras con sillares de toba blanca semi escuadrados y de diferentes dimensiones	SCP
	Obras de cantería blanca semi escuadrada en hiladas	SCP
	Obras de coral semiesférico en hiladas con piezas encontradas	SJU
	Obras mixtas con bloques careados semi escuadrados de piedra basáltica y toba blanca en hiladas regulares	SCP
	Obras de coral de corte careados dispuestos en hiladas y cuatrapeo	SJU
	Obras mixtas de coral semiesférico en hiladas regulares con verdugadas de ladrillo	SJU
	Obras con reutilización de coral semiesférico en hiladas semirregulares	SJU
Composición irregular	Obras de mampostería irregular de piedra blanca	SCP
	Obras de mampostería irregular de piedra basáltica	SCP
	Obras mixtas con coral de diversas especies y piedra en forma ordinaria irregular	SJU
	Obras mixtas de mampostería irregular en piedra toba blanca, basalto negro y cantos rodados de río	SCP
Refuerzos verticales	Refuerzos en los vértices de baluartes con sillares de basalto	SCP
	Refuerzos en vértices y boquillas de merlones con ladrillo	SCP
	Refuerzos en los vértices de baluartes, revellín y lunetos con sillarejos	SJU

En la segunda variante denominada de composición semirregular se encuentran las técnicas aplicadas en muros interiores, parapetos, fachadas interiores a calles militares o plazas de armas. En estas técnicas se aprecia un trabajo de cantería sin la exigencia de la labra o escuadría perfecta, pues la adición de los elementos se resuelve con ajustes en su disposición, ripios o morteros. Un aspecto interesante de destacar es que aquí se ha integrado la técnica mixta de coral con verdugadas de ladrillo, que en el caso de la

fortificación de San Juan de Ulúa se presenta de manera aún irregular, pero que, en las obras como atarazanas y el hospital militar de la ciudad de Veracruz, se encuentra más perfeccionada, lo que implicó mayor regularidad en su composición. Esta situación hace evidente que una técnica trabajada inicialmente en el Fuerte de San Juan de Ulúa, trascendió a otras edificaciones, perfeccionándose y contribuyendo al desarrollo de la tecnología constructiva en la región.

La tercera variante de las técnicas en muros y murallas se refiere a las obras de manufactura irregular a base de materiales pétreos, corales o mixtos; están aplicadas en muros interiores, rellenos y algunos paramentos interiores de murallas. La elección de estas técnicas se basó en la prontitud y economía de las obras de aquellos elementos que posteriormente serían aplanados o no serían visibles. Las fábricas mixtas emplearon los materiales de reutilización y el uso considerable de morteros de cal y ripios que aseguraron la estabilidad de las piezas; la conformación del elemento no se dispone en hiladas, sino que pondera la trabazón en el muro.

En cuanto a los refuerzos verticales en murallas se encuentra la presencia de sillares o sillarejos labrados para unir dos paramentos de diferente dirección, característica en las tipologías de fortificación abaluartada. Los materiales para estas piezas fueron los de mayor dureza en el sitio, por lo que el trabajo de tallado regular y escuadrado requirió de la labor del cantero; las dimensiones de las piezas debían ser mayores a los sillares de las murallas, cuidando la verticalidad y talud del paramento que se prolongaba hasta el cordón o parapetos. Este tipo de refuerzos se conoce en el ámbito coloquial de la albañilería virreinal como *rafas*.

En el caso de las cubiertas, las condiciones de deterioro por humedad, alteraciones por adecuaciones de uso, presencia de aplanados y otras situaciones complicaron la lectura completa de las técnicas. No obstante, el trabajo de investigación documental y levantamiento en sitio confirmó la ejecución de bóvedas a prueba de bomba, lo que permitió interpretarla como una técnica por el objetivo de su construcción y como una variante en la agrupación de todas las cubiertas. El repertorio formal de los ingenieros militares propició que no todas las obras se prepararan bajo esa consigna, sin embargo, resulta evidente que la construcción de las bóvedas fue diferente para aquellas que tenían que cumplir con mayores requerimientos de resistencia que para cualquier otro tipo, por lo que, de acuerdo con los resultados registrados, se han agrupado en: bóvedas a prueba de bomba, bóvedas de resistencia básica y bóvedas para estructuras de comunicación.

Aunque en el sentido estricto, este último grupo no corresponde a cubiertas, en el proceso de registro en sitio se valoró el trabajo de ejecución de las superficies curvas por lo que se han integrado estos elementos por su aporte geométrico. Incluso cabe destacar de que, en cuanto al nivel de calidad de la cantería, el caso de la bóveda del puente de acceso al Fuerte de San Carlos, es representativo de una mejor calidad por el labrado de sus sillares, superando a las bóvedas de las casamatas.







La morfología de las cubiertas ofrece variantes en cuanto a los tipos bóvedas edificadas, su superficie de curvatura o su composición, en esta primera agrupación de las técnicas se ha considerado el acercamiento a la geometría de las bóvedas a partir de reconocer si los

espacios se encuentran cubiertos por superficies generadas a partir de una curva directriz o corresponden a la combinación de superficies de diferentes directrices, es decir bóvedas compuestas por la intersección o unión de dos o más curvas directrices. Esta primera agrupación de variantes ha permitido identificar que la ejecución de bóvedas a prueba de bomba no limitó a los ingenieros militares en el uso de diversas formas geométricas. Asimismo, para los casos en que no era imperante la resistencia a la fuerza del cañón, las obras demostraron el trazo libre de las formas abovedadas como un lenguaje de la sobriedad y solidez del conjunto militar.

Tabla 7.8 Técnicas constructivas aplicadas en bóvedas de las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII.			
Fuerte San Juan de Ulúa (SJU) y Fuerte San Carlos de Perote (SCP)			
Variante	Variante por geometría	Técnicas constructivas	Fortificación
Bóvedas a prueba de bomba	Superficies de una directriz curva	Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con sillares de toba blanca	SCP
		Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral	SJU
		Ampliación de bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral	SJU
		Bóveda de cañón corrido con corte oblicuo en extremos, a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral	SJU
	Superficies compuestas por la intersección de dos o más directrices curvas	Bóveda de arista y cúpulas rebajadas a prueba de bomba con sillares de toba blanca, arcos de piedra basáltica y rellenos de mampostería ordinaria	SCP
		Bóveda de arista a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral	SJU
		Bóveda compuesta de cañón elíptico y medio cono elíptico con coral	SJU
Bóvedas de resistencia básica	Superficies de una directriz curva	Bóveda de cañón a carpanel con sillares de toba blanca y arcos fajones de ladrillo	SCP
	Superficies compuestas por la intersección de dos o más directrices curvas	Bóveda de cañón elíptico con lunetos a base de sillares de toba blanca y arcos fajones y formeros con ladrillo	SCP
		Bóveda doble de arista	SCP
Estructuras de comunicación	Superficies de una directriz curva	Bóveda de cañón elíptico con sillares de toba blanca y sillares de basalto (puente)	SCP
		Doble bóveda de cañón elíptico en voladizo con rosca de ladrillo a soga y tizón y ménsulas de piedra basáltica (pasillo)	SCP
		Bóveda de cañón corrido con directriz de arco tranquilo con ladrillo y relleno de coral (rampa y escaleras)	SJU

7.4.2 Aparejos

Los aparejos reflejan la disposición del material en el elemento para asegurar la trabazón de la pieza. En el caso de las fortificaciones abaluartadas de Veracruz, tratando de incluir tanto paramentos de muros como intradós de bóvedas se han clasificado en los siguientes grupos: aparejos de sillares, de ladrillo, de coral y mampostería. No todas las técnicas tienen una lectura clara del aparejo o bien presentan ciertas variantes de las tipologías conocidas, lo cual se debe a las características del material, su suministro o el trabajo de los canteros y albañiles. No obstante, se plantea una lectura de los principales tipos de aparejos que se encontraron como parte de las técnicas constructivas aplicadas en los elementos estructurales del siglo XVIII.

Tabla 7.9 Aparejos de sillares de cantería y coral en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII.		
		
Aparejo isódomo	Aparejo isódomo	Aparejo isódomo
Piedra toba riolítica blanca Murallas y baluartes del Fuerte de San Carlos	Coral y piedra sedimentaria Caras del baluarte de San Pedro y San Crispín en el Fuerte de San Juan de Ulúa	Piedra sedimentaria Desplante de baluarte de San Crispín en San Juan de Ulúa
		
Aparejo regular de sillares	Aparejo regular de sillares a tizón	Aparejo irregular de sillares toscos
Piedra toba riolítica blanca Intradós del puente de acceso al Fuerte de San Carlos de Perote	Piedra toba riolítica blanca Intradós de casamatas y en conexión de edificios militares en el Fuerte de San Carlos de Perote	Piedra toba riolítica blanca Fachada de casamatas

En el primer grupo que corresponde a aparejos con sillares se incluye tanto el trabajo en coral como las canterías, es decir cuando el coral y la piedra es escuadrada, labrada y tallada hasta constituir elementos prismáticos de forma y tamaño regular o semirregular que se pueden disponer en hiladas o roscas sin ajustes. En el caso de las fortificaciones abaluartadas se han encontrado aparejos en isódomo, sillería regular y sillería irregular. El

aparejo de tipo isódomo, que corresponde al trabajo más definido del sillar por sus dimensiones, perfiles y tallado, presenta las piezas en sogas medianas que se disponen en hiladas que alternan las juntas verticales en los puntos intermedios de la hilada inferior, y se ha encontrado principalmente en paramentos exteriores de cortinas y murallas. Los aparejos regulares se han encontrado en el intradós de bóvedas como la de cañón elíptico y de cañón corrido de medio punto, en estos últimos se ha identificado su disposición a tizón también. Finalmente, los aparejos irregulares de sillería se han encontrado en muros de casamatas.







En cuanto a las obras en ladrillo se han encontrado dos tipos de aparejos principalmente: a tizón y, a soga y tizón. El aparejo a tizón también se conoce como español. La pieza se coloca alineando su testa o tizón al paramento de muro o intradós de bóveda. Las hiladas alternan en los puntos medios del tizón las juntas verticales. Este aparejo es muy utilizado para la conformación de elementos estructurales, por lo que en las fortificaciones abaluartadas lo encontramos en elementos que requieren de mayor estabilidad estructural como los muros cilíndricos de las garitas sobre voladizos o las roscas de bóvedas a prueba de bomba.

El aparejo a soga y tizón también se conoce como inglés y se compone de una hilada a soga y otra hilada a tizón, trabando la llaga (junta vertical) de la pieza a soga sobre ladrillo a tizón terciado. Este tipo de aparejo se encontró conformando también las roscas de bóvedas a prueba de bomba en la cortadura de San Fernando, sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, las bóvedas varían en su aparejo y también se localizan en la misma crujía, bóvedas con aparejo a tizón, por lo que sin ser una condicionante, confirma la preferencia de la disposición de aparejos a tizón en la mayoría de las bóvedas a prueba de bomba.

Tabla 7.10 Aparejos de ladrillo en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII.

Aparejo a tizón	Aparejo a soga y tizón
	
Ladrillo de barro rojo recocido	Ladrillo de barro rojo recocido
Muros de cuerpo cilíndrico de las garitas del Fuerte de San Carlos de Perote Roscas de bóvedas B.01 ampliación de la cortina noroeste, bóvedas B.04 y B.05 del revellín de San José en San Juan de Ulúa.	Roscas de las bóvedas B.03 cortadura San Fernando de San Juan de Ulúa y bóvedas N.02 pasillo entre edificios militares del Fuerte de San Carlos de Perote.

En cuanto a las obras con coral se han encontrado diversas variantes que se han interpretado como aparejos regulares en hiladas, en hiladas con piezas encontradas, con verdugos de ladrillo, aparejos con fabricas careadas y concertadas en hiladas, semi regulares y ordinarias irregulares. El uso de las diversas especies de coral en el Fuerte de San Juan de Ulúa propició la disposición de las piezas de acuerdo a la posibilidad que ofrecían, aunque la mayoría de los elementos se construyeron con fábricas irregulares, en el siglo XVIII ha destacado el uso de las piezas de coral de las especies *diploria sp* y *colpophyllia natans* aprovechando el corte en meridiano de su casquete esférico, por lo que esta forma de carear la pieza logró que se pudieran conformar aparejos regulares y dispuestos en hiladas como los que se muestran en la tabla 7.11. Se considera que esta es una de las mayores aportaciones de las técnicas constructivas en las fortificaciones de Veracruz.

Tabla 7.11 Aparejos de coral o fábricas mixtas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII		
		
Aparejo regular en hiladas	Aparejo en hiladas con piezas encontradas	Aparejo en hiladas con verdugos de ladrillo
Diploria sp y colpophyllia natans Caras del baluarte de San Pedro y San Crispín en el Fuerte de San Juan de Ulúa	Diploria sp y colpophyllia natans Revellín de San José	Diploria sp, colpophyllia natans y ladrillo Muros de casamatas ampliación cortina noreste
		
Fábrica careada y concertada en hiladas	Fábrica de coral en hiladas semi regulares	Fábrica ordinaria e irregular
Corales en diversas especies Parapetos del revellín de San José en Fuerte de San Juan de Ulúa	Corales en diversas especies Muros del revellín de San José en Fuerte de San Juan de Ulúa	Corales en diversas especies Muros de ampliación de cortinas, cortadura de San Fernando en Fuerte de San Juan de Ulúa

Como se ha mencionado anteriormente se denomina mampostería a las fábricas de piedra en corte irregular y dimensión manipulable con las manos, las cuales se integran a los muros, rellenos o bóvedas cuidando la trabazón que se auxilia de morteros, ripios u otros materiales que dan soporte efectivo a la pieza, ante la falta de regularidad de su forma. En las fortificaciones de Veracruz es común el referente de mampostería ordinaria, por lo que

esta ocupa en gran volumen de obra, sin embargo, es la menos visible pues se coloca en rellenos de muros, murallas, cimentaciones y otros elementos que serán posteriormente aplanados y por tanto no requiere una fábrica detallada. En un caso intermedio se ha encontrado un tipo de aparejo semirregular que presenta la pieza de piedra dispuesta en hiladas con un corte careado para ubicarlo en el paramento. Estos aparejos incluyen en algunos casos ripios para ajustes y reducción de juntas de mortero, y en otros casos las piezas se cortan casi precisas para asentarlas con menos mortero, sin que ello implique la escuadría de un sillar, por lo que se considera como un aparejo concertado.

Tabla 7.-12 Aparejos de piedra o mamposterías mixtas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII	
	
Mampostería careada con piezas semi escuadradas	Mampostería ordinaria irregular
Piedra toba riolítica, piedra basáltica o mixta	Piedra toba riolítica, piedra basáltica o mixta con cantos rodados de río.
Muros de casamatas y parapetos en Fuerte de San Carlos de Perote	Muros de edificios militares, fachadas de casamatas, rellenos en murallas, parapetos, cimentaciones del Fuerte de San Carlos de Perote

7.4.3 Morfología

En las edificaciones militares del siglo XVIII, sean de nueva creación o ampliación de lo existente, se utilizaron arcos, bóvedas y cúpulas como un recurso para configurar estructuralmente las obras. El repertorio de los elementos arqueados fue ampliado por los ingenieros militares que poseían conocimientos sobre matemáticas y geometría por su formación en la Academia de Barcelona, el estudio de los tratados, y la práctica constructiva. Bajo estas condiciones se enriqueció el código constructivo que en siglos anteriores incluyera solo al arco de medio punto o la bóveda de cañón corrido. Los ingenieros militares emplearon las formas geométricas para estructurar los espacios diseñados bajo la tipología abaluartada, resolviendo las estructuras constructivas con bóvedas como un recurso para garantizar la solidez y resistencia ante el ataque de balas de cañón del enemigo, pero también como un lenguaje de composición estética.

Así, en el siglo XVIII el lenguaje formal de las estructuras se compone por arcos rebajados, en carpanel, bóvedas de cañón elíptico, de arista, de cañón carpanel, cañón tranquilo o rampante, bóvedas cónicas, cúpulas rebajadas con pechinas y semi esféricas. Eso implica que todas las obras emplearon los materiales de cada región generando una morfología nítida de las superficies de curvatura simple o doble, que, bajo un levantamiento detallado y análisis de la forma, permite identificar la raíz de su trazo, por lo que fue realmente

significativo que la exposición de las técnicas constructivas en las bóvedas incluyese los gráficos del trazado. Ante las limitantes para explorar físicamente las dimensiones de las roscas, los rellenos y secciones del hormigón de cal, la construcción se visualiza a partir del diseño de la forma que sería construida, considerando que el dominio técnico inicia en esa coyuntura entre forma y su construcción.

Por lo tanto, si algo demuestra el conocimiento de la geometría por parte de los ingenieros militares es la habilidad que se desarrolló durante el siglo XVIII para articular un lenguaje constructivo en base a superficies de curvatura simple, doble, generadas por una sola directriz curva o por la combinación de dos superficies interceptadas o continuas. Estas soluciones que parecieran fáciles de determinar y calcular actualmente fueron un avance técnico en la arquitectura del siglo XVIII, tanto por la definición de las formas como por la organización de los procesos constructivos. Por ejemplo, el uso de cimbras y su estructuración, el macizado de las embecaduras, la puesta en obra de los aparejos que debía seguir el sentido de la generatriz, el trabajo de las sillerías o dovelas para su trabazón perfecta. Asimismo, se ha observado un manejo del tipo de bóveda acorde a las alturas o énfasis de los espacios, por lo que muchas veces se combinaron las bóvedas de cañón elíptico rebajado o peraltado de acuerdo con los niveles de cubierta o entepiso del conjunto.

En consideración a la geometría de las bóvedas, se presenta una agrupación de las variantes en base al tipo de superficie que configura, si es simple o compuesta, también se agrupan por el arco de su directriz curva que da origen a las superficies que integran la bóveda. De esta manera se ha encontrado que las bóvedas analizadas, además de representar una técnica constructiva se pueden clasificar en los siguientes grupos:

Bóvedas de una superficie de curvatura simple cilíndrica de revolución: este representa el grupo más amplio por que incluye a aquellos casos más utilizados en las fortificaciones abaluartadas como son: bóveda de cañón corrido de medio punto, bóveda de cañón de medio punto con corte oblicuo, bóveda de cañón carpanel, bóveda de cañón elíptico y bóveda de cañón tranquilo. Estas soluciones indistintamente cumplen con los requerimientos de resistencia al impacto de bombas, cubren espacios de edificios militares o se ubican en estructuras de circulación. Este grupo es el que más se edificó por que representó la ejecución de la puesta de obra más ágil por cimbrado y por albañilería regular, lo que también se interpreta como economía y estandarización de los elementos. No obstante, es un grupo de bóvedas que ofrecen estética al conjunto, sobre todo por el uso de bóvedas elípticas y a carpanel.

Como se ha mencionado, el conocimiento de la geometría permitió que los ingenieros militares edificaran estructuras de mayor complejidad por lo que se encontraron tres variantes en la organización de bóvedas compuestas. La primera se ha denominado tipo 1 y corresponde a superficies compuestas por la intersección de dos o más superficies de curvatura simple cilíndrica de revolución, en este grupo se han incluido las bóvedas de arista que interceptan dos cañones de medio punto, las bóvedas que interceptan cañones de medio punto con cañones elípticos, y la bóveda de cañón elíptico con lunetos. Este tipo de edificaciones son comunes en espacios de transición, amplios y en sitios litúrgicos.

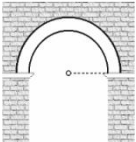

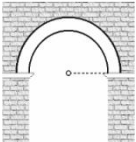

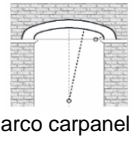

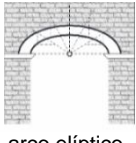



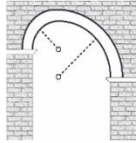

Tabla 7.13 Tipos de bóvedas edificadas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII					
San Juan de Ulúa (SJU) y San Carlos de Perote (SCP)					
Superficie	Tipo de bóveda	Directriz curva	Gráfico	Elemento registrado	Técnica constructiva
Una superficie de curvatura simple cilíndrica de revolución	Bóveda de cañón	arco de medio punto 		B.03 en cortadura de san Fernando SJU	Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral
				B.01 casamatas SCP	Bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con sillares de toba blanca
	Bóveda de cañón con corte oblicuo			B01 Casamatas cortina noroeste SJU	Ampliación de bóveda de cañón corrido a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral
				B04 Revellín SJU	Bóveda de cañón corrido con corte oblicuo en extremos, a prueba de bomba con roscas de ladrillo a tizón y relleno de coral
	Bóveda de cañón carpanel			B.05 edificios militares SCP	Bóveda de cañón a carpanel con sillares de toba blanca y arcos fajones de ladrillo
	Bóveda de cañón elíptico			N01 puente de acceso SCP	Bóveda de cañón elíptico con sillares de toba blanca y sillares de basalto
				N02 pasillo SCP	Doble bóveda de cañón elíptico en voladizo con rosca de ladrillo a soga y tizón y ménsulas de piedra basáltica
	Bóveda de cañón tranquil			B05 revellín SJU	Bóveda de cañón corrido con directriz de arco tranquil con ladrillo y relleno de coral

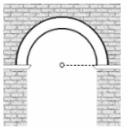

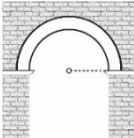





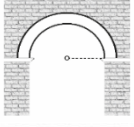


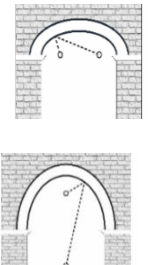

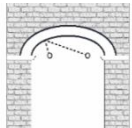

Tabla 7.13 (continuación) Tipos de bóvedas edificadas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII San Juan de Ulúa (SJU) y San Carlos de Perote (SCP)					
Superficie	Tipo de bóveda	Directriz curva	Gráfico de la superficie	Elemento registrado	Técnica constructiva
Superficies compuestas tipo 1: intersección de dos o más superficies de curvatura simple cilíndrica de revolución	Bóveda de arista	arco de medio 		B02c baluarte de San Pedro SJU	Bóveda de arista a prueba de bomba con roscas de ladrillo y relleno de coral
		arco de medio punto y arco elíptico  		B.02c vestíbulo SCP	Bóveda de arista a prueba de bomba con sillares de toba blanca, arcos de piedra basáltica y rellenos de mampostería ordinaria
		arco de medio punto y arco de medio punto peraltado  		B.04 sacristía SCP	Bóveda doble de arista (material no identificado)
	Bóveda de cañón elíptico con lunetos	arco elíptico peraltado y arco de medio punto  		B.03 iglesia SCP	Bóveda de cañón elíptico con lunetos a base de sillares de toba blanca y arcos fajones y formeros con ladrillo

Tabla 7.13 (continuación) Tipos de bóvedas edificadas en las fortificaciones abaluartadas de Veracruz durante el siglo XVIII San Juan de Ulúa (SJU) y San Carlos de Perote (SCP)					
Superficie	Tipo de bóveda	Directriz	Gráfico de la superficie	Elemento registrado	Técnica constructiva
Superficie compuesta tipo 2: intersección de superficie de curvatura simple cilíndrica con superficie de curvatura cónica de revolución	Bóveda de cañón oblicuo y cónica elíptica	Arcos elípticos 		B06 Revellín SJU	Bóveda compuesta de cañón elíptico y medio cono elíptico con coral
Superficie compuesta tipo 3: intersección de superficie de doble curvatura con superficie de curvatura simple cilíndrica de revolución	Cúpula sobre pechinas	arco elíptico rebajado 		Cúpula 02b SCP	Cúpulas rebajadas a prueba de bomba con sillares de toba blanca, arcos de piedra basáltica y rellenos de mampostería ordinaria

En el tipo 2, se encuentra una bóveda de superficie compuesta por la intersección de una superficie de curvatura simple cilíndrica con una superficie de curvatura cónica de revolución, este caso es sumamente interesante pues resulta sorprendente el cálculo geométrico y matemático que implicó su edificación. Aunque sólo existen dos bóvedas con esta geometría en el Fuerte de San Juan de Ulúa, específicamente en el revellín menor, se aprecia que fue una solución que demostraba la habilidad constructiva por la planeación de su cimbra y la ejecución de la obra en coral, a diferencia de las otras bóvedas del revellín elaboradas con roscas de ladrillo, este caso utilizó la facilidad del corte y ajuste de los corales para adecuarse a una geometría compuesta.

Por último, el tipo 3 corresponde a la compuesta por una superficie de doble curvatura con otras superficies de curvatura simple cilíndrica de revolución, este caso se refiere a las cúpulas elípticas rebajadas sobre pechinas ubicada en el vestíbulo de acceso al Fuerte de San Carlos. Cabe destacar que el vestíbulo es un espacio que recibe el ingreso a la fortificación con una exposición de arcos, bóvedas y cúpulas que introducen al lenguaje formal de todo el conjunto. La integración de esta cúpula que ajusta su nivel a las bóvedas de arista contiguas propició el uso de directrices elípticas rebajadas de una perfección singular. De esta manera el Fuerte de Perote abre el diálogo de formas y materiales que consolidó las construcciones abaluartadas del siglo XVIII.

CONCLUSIONES

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

CONCLUSIONES

El estudio de las fortificaciones veracruzanas permitió demostrar la trascendencia constructiva de las obras defensivas del virreinato con el análisis de la capacidad edificatoria a través de las técnicas constructivas. El avance técnico alcanzado durante la segunda mitad del siglo XVIII distingue un desarrollo evolutivo durante el virreinato y rechaza la visión generalizada sobre la homogeneidad del periodo novohispano. La capacidad de ejecución de las fortificaciones durante la segunda mitad del siglo XVIII se basó en un saber técnico fundado, vinculado a los avances de la época moderna, situación que no había sido apreciada, pero que en esta investigación se expone al relacionar las cualidades y particularidades de las obras con su ambiente técnico.

La habilidad de los ingenieros militares sólo se reconocía por sus proyectos basados en tipologías abaluartadas que posicionaron el territorio veracruzano a la par de las obras europeas o del Caribe, sin embargo, los resultados de esta investigación permiten conocer los atributos que exponen la habilidad de sus constructores para reducir tiempos de ejecución, seleccionar y manipular los materiales, trabajar la esbeltez de los elementos estructurales, adaptarse a las posibilidades del contexto, desarrollar un lenguaje geométrico y edificar estructuras estables que permanecen hasta la actualidad, siendo sólo afectadas por la mano del hombre, pero no derribadas por la naturaleza, como anteriormente ocurría.

Las obras que en siglos precedentes se levantaban con grandes dificultades ante la imposibilidad de resistir las condiciones de la costa veracruzana, durante el siglo XVIII se realizaron en poco tiempo y con calidad constructiva. El fuerte de San Juan de Ulúa es un claro ejemplo de los alcances que tiene la construcción a partir del dominio de sus materiales, superando sus límites y potencializando su uso a través de la sistematización de sus cortes, su utilización apropiada en los diferentes elementos y la versatilidad de sus aparejos. El manejo de los corales fosilizados permitió la articulación de un lenguaje geométrico basado en muros y cubiertas abovedadas, sin límite a la complejidad de las formas, sino por el contrario, el material se integró a favor de la resistencia requerida, porque se colocó en la forma precisa, determinada por sus constructores, quienes supieron llevar su conocimiento teórico a la práctica. Así se llegó hasta la construcción de bóvedas elípticas cónicas con piezas de coral, que además podían resistir la fuerza de una bomba, económicas y ejecutadas en pocos meses.

El coral fosilizado ya no era solo el componente de las mamposterías ordinarias irregulares, sino que examinadas las virtudes de cada especie se trabajó como cantería para dovelas, piezas de pavimentos, escalones, cordones y todo tipo de molduras; asimismo, dependiendo de sus características se utilizó en rellenos para macizar las embedaduras de bóvedas o para ser la base del vaciado del hormigón. Esto implicó que el material, a pesar de la dificultad de su extracción y de las variantes en su forma y composición se aprovechó

completamente, empleándose sólo o en combinación con ladrillo, piedras sedimentarias o madera.

En tierra adentro, la magna fortaleza de San Carlos muestra la racionalización de los tiempos de construcción nunca visto en la región, lo que facilitó que en cinco años se edificara un conjunto militar sobre dos hectáreas de superficie. Esta eficiencia redujo el costo a la Real Hacienda, pero sobre todo revela que existió una coordinación de esfuerzos, sistematización y habilidad para enfrentar las problemáticas de la edificación. El Fuerte de San Carlos, que destaca como el mejor ejemplo de su tipología en la Nueva España, muestra su magnificencia a través del lenguaje constructivo con predominio de bóvedas y cúpulas elípticas en ladrillo, cantería o basalto. El material y su trabajo es un aliado para la expresividad de la solidez y sobriedad del conjunto militar.

La lectura constructiva de San Carlos manifiesta la estrecha vinculación con la tratadística militar en cuanto al trazo y la puesta en obra, pero también expone la libertad de uso de los materiales al manipularlos según la intencionalidad de sus ingenieros. Acorde al diseño de su proyectista, se integraron bóvedas y cúpulas elípticas rebajadas en espacios que, requiriendo la resistencia al ataque de bomba, además de generar espacios con jerarquía y elegancia, como en el vestíbulo de acceso a la fortificación. Por otra parte, la posibilidad del material también permitió explayar el repertorio geométrico en los edificios militares, como la cubierta de la capilla, la sacristía o las escaleras, o bien como estructuras para la comunicación. A su vez, la secuencia de arcos en fachadas interiores no oculta la generación de su trazo basado en métodos aprendidos en las academias.

La necesidad de consolidar los sistemas defensivos veracruzanos llevó a que sus ingenieros militares realizaran sus actividades bajo los lineamientos que dibujaban la figura del ingeniero moderno: solidez, economía y prontitud. La estructura jerárquica y el perfil de formación profesional técnica, así como la experiencia permitió que el trabajo fuera atendiendo diversos aspectos que anteriormente habían sido los principales obstáculos. A través de la investigación realizada se encontró que las técnicas constructivas que muestran la evidencia de lo que se identifica como una transformación tecnológica en la arquitectura militar de Veracruz, son aquellas que contribuyen con los requerimientos de resistencia y forma de los elementos estructurales que configuraron los conjuntos abaluartados. La implementación de una tipología moderna abaluartada requería la integración de elementos y espacios que se articularan bajo los lineamientos de una traza geométrica, además de ser lo suficientemente capaces de resistir tanto los ataques bélicos como la agresividad del contexto natural en donde se desplantaron, lo cual había sido uno de los principales retos en las edificaciones precedentes de costa.

En conclusión, cuando se distingue la magnificencia de la arquitectura militar, no sólo destacan las tipologías de fortificación moderna abaluartada, sino que se acentúa la relevancia de la habilidad constructiva para llevarlas a cabo. Los proyectos trasladaron las ideas a la realidad gracias a la capacidad de construirlos y ese proceso de conformación de elementos con la composición de diferentes materiales les mantiene a su vez como testimonios de la trascendencia técnica.

CONCLUSIONES

Ahora bien, el conocer el trabajo de los constructores no tiene sentido contemplativo, sino que implica valorar su conservación en las obras, pues de esta manera la estructura y sus componentes se mantienen como una unidad. Esta investigación pretende demostrar que las obras también se conocen a través de sus técnicas, y que las técnicas constructivas son parte de un sistema que involucra a sus creadores, ejecutantes, el contexto y los materiales. El conocimiento de sus técnicas obliga a respetarlas y conservarlas, así como dejar de hacer intervenciones superficiales que solo conservan fachadas o formas de determinadas áreas por su estética ornamental y compositiva.

Las intervenciones deben respetar en lo posible la integridad de las obras y sus atributos constructivos, por lo que esta tesis promueve el reconocimiento de las aportaciones de las obras defensivas identificando las innovaciones tecnológicas en el proceso de ejecución de las técnicas constructivas, lo que implica que una innovación tecnológica no sólo corresponde con la implementación de un nuevo material, sino también con el mejoramiento en el uso de uno existente y previamente utilizado, que bajo la evolución de los procesos se alcance la maestría de su ejecución.

Es importante leer las diferencias en los usos de los materiales y las variantes de las técnicas, pues ha sido común la visión generalizada de las fábricas del virreinato basadas en piedra, adobe, madera y teja. En consecuencia, la restauración a menudo parece una serie de recetas que se repiten en cualquier intervención, sin considerar que cada edificación antigua correspondió con un momento, y el hecho de generalizar pone en peligro las cualidades de cada edificio. La especificidad en nuestra disciplina nos permitirá ser más profesionales en el conocimiento de la obra arquitectónica y en intervenirlos apropiadamente sin arriesgar los valores del conjunto y del contexto.

De esta manera, el estudio constructivo de las fortificaciones no ha buscado solo resaltar la arquitectura que cumple una función defensiva, sino que ha implicado el análisis e interpretación de un proceso que involucró un medio cultural y natural, un avance tecnológico y la creatividad del hombre para resolver ante todo las complejidades de la obra. La capacidad creadora y técnica del hombre se demuestra en la habilidad para resolver las obras.

Los testimonios de la actividad constructiva dirigida por los ingenieros militares de la Monarquía Hispánica especialmente durante la segunda mitad del siglo XVIII muestran el empleo de técnicas que ejemplifican la aplicación de saberes constructivos teóricos, pero también el saber acumulado de la experiencia adquirida en otras plazas, lo que permitió que realizaran su labor con mayor certidumbre con soluciones similares a otras regiones, aunque con diferencias por el uso particular de algunos materiales empleados en Veracruz. Así, las técnicas se vinculan a las aplicadas en España o en el Caribe, pero a la vez tienen particularidades por la conformación específica de materiales que hacen que los conjuntos militares veracruzanos tengan un valor patrimonial.

Como la investigación partió desde el supuesto de que las técnicas constructivas aplicadas en las fortificaciones de Veracruz durante el siglo XVIII son evidencias de la transformación tecnológica de la arquitectura militar porque se basaron en el conocimiento academicista, científico y metódico de los ingenieros militares aportando nuevas soluciones a los procesos

edificatorios en los sistemas de defensa, entonces fue necesario recorrer los diversos caminos de la fundamentación y trabajo de campo para distinguir esta transferencia de saberes.

Concluida la investigación se ha interpretado que la influencia academicista, científica y metódica de los ingenieros militares se hace patente en los siguientes aspectos de las técnicas constructivas:

- a) Vinculación de las técnicas con los campos de conocimiento que contenía el programa de estudios de las academias de fortificación de Madrid, Bruselas, Barcelona, Orán y Ceuta que fundamentaron su enseñanza en las matemáticas (aritmética y trigonometría), la geometría, los tratados de fortificación, la mecánica y maquinaria, construcción, hidráulica y arquitectura civil. Así como el cuarto de curso de la Academia de Barcelona que incluía temas como la confección de un proyecto, presupuesto y coste horario, consideraciones previas a la ejecución de las obras y que definitivamente influyeron en la toma de decisiones sobre una u otra técnica.

Cabe destacar que a pesar de que no todos los ingenieros asistieron a las academias, obtuvieron los aprendizajes a cargo de los ingenieros de mayor rango. El caso de Pedro Ponce, que llega como asistente del ingeniero en jefe Carlos Luján lo demuestra en el desarrollo de su actividad constructiva, ligada en principio a sus superiores, su participación directa en la ejecución de las obras, la clase de matemáticas que impartió a los jóvenes militares y el alcance del final de su trayectoria como ingeniero director elaborando proyectos complejos de construcciones hidráulicas, además de los militares, revela que los saberes de los alumnos y maestros se replicaron y trascendieron.

- b) Los tratados fueron los principales materiales didácticos en las academias y la transferencia de conocimientos se observa en la elección de las técnicas y métodos de puesta en obra que contenían estos documentos. De manera específica se distingue que las técnicas de cimentación aplicadas en San Juan de Ulúa y San Carlos de Perote retoman las alternativas planteadas por Bernard Forest de Bélidor representadas gráficamente en la lámina ocho del libro III de su tratado *La ciencia de los ingenieros (1729)* y en el tratado de Sebastián Fernández de Medrano *El arquitecto perfecto en el arte militar (1708)* sobre el proceso de ejecución de los trabajos para obras en mar que fue utilizado en el caso de Ulúa, con el empleo de cajones contenedores a modo de tablaestacado para la ejecución de las obras y que a la vez tiene un antecedente en los planteamientos de los tratadistas italianos del siglo XVI, como Juanelo Turriano.

Por otra parte, las técnicas en muros hacen referencias a sistemas antiguos que se reutilizaron en la arquitectura moderna, como los muros de dos paramentos y rellenos, técnica que se adecuaba a las nuevas formas de murallas en talud definidas por las reglas de proporción. En cuanto a cubiertas, durante el siglo XVIII se desarrolló la técnica de bóvedas a prueba de bomba tanto en el Fuerte de San Juan de Ulúa, como en el Fuerte de San Carlos de Perote. Las obras hechas con

CONCLUSIONES

diferentes materiales se basaron en aspectos que refieren Sebastián Fernández de Medrano en *El arquitecto perfecto en el arte militar* (1708), Pedro Lucuze en *Principios de Fortificación* (1772) en cuanto a el requerimiento de resistencia de espesores entre 4 y 6 pies, el manejo de los materiales en roscas de ladrillo o cantería y el uso de rellenos. Las bóvedas a prueba de bomba también se basaron en las recomendaciones que señalaron en sus tratados Bernard Forest de Bélidor en *La ciencia de los ingenieros* (1729) y John Müller en *Tratado de fortificación o arte de construir los edificios militares y civiles*, traducción de Sánchez Taramas (1769), sobre los procesos de cimbrado, aplicación de morteros, macizado de rellenos y aplanados.

- c) La transferencia de conocimientos científicos es visible a través de los trazos geométricos que definen las formas edificadas logradas por las técnicas constructivas. La selección de las técnicas corresponde con la posibilidad de seguir la geometría de bóvedas cumpliendo con los requerimientos de resistencia y estabilidad de las obras, así como facilitar el proceso constructivo de las superficies abovedadas basadas en trazos de una o más directrices curvas. Las técnicas utilizaron piezas regulares de material pétreo, coral o ladrillo en las cubiertas abovedadas que se asemejan con las técnicas aplicadas en el entorno europeo, sin embargo, en Veracruz destaca durante el siglo XVIII la ampliación del repertorio geométrico basado en directrices curvas de arcos de medio punto, elípticos, carpanel, tranquilo, así como el manejo de cortes oblicuos, intersección de superficies y superficies cónicas. La manipulación de los materiales en su corte, adición y composición con otros materiales para configurar las bóvedas a prueba de bomba con diseños de geometría diversa es una muestra del conocimiento que los ingenieros tenían sobre las potencialidades de los materiales, su estandarización, la conformación de cimbras, sistematización de procesos, elementos que sin lugar a duda además de representar el conocimiento científico y metódico, permitieron agilizar la construcción de las obras.
- d) El uso de máquinas en la construcción apoyó la ejecución de las técnicas. Destaca en las obras de cimentación el uso de martinetes, bombas de cadena de rosario, cabrías o cigüeñales. Aunque este tema no está profundizado en la investigación, cabe destacar que las referencias en el uso de estas máquinas principalmente en el caso del Fuerte de San Juan de Ulúa, son un testimonio de la capacidad técnica de sus ingenieros, ya que las máquinas eran planeadas, elaboradas y reparadas en el sitio de la obra con la dirección de los ingenieros.
- e) La coordinación del trabajo bajo una estructura jerárquica es un punto importante para el desarrollo metódico y sistematizado de las técnicas constructivas. La estructura encabezada por el ingeniero director, la coordinación de los trabajos en obra por el ingeniero del detal, la colaboración de los ingenieros segundos, primeros, extraordinarios, y la participación de maestros de obra, maestros canteros y maestros carpinteros, establecieron un organigrama durante el siglo XVIII más consolidado que en siglos precedentes, lo que permitió que el proceso de puesta en obra se apoyara también de varios frentes de trabajo, alcanzando un ritmo eficaz en

la construcción, sólo interrumpido por las limitaciones de financiamiento. Además, la sistematización del registro de avances de la obra a modo de relatorías o informes han permitido identificar los procesos y métodos para la ejecución de las obras.

- f) La ejecución de las técnicas constructivas en los elementos estructurales de las fortificaciones abaluartadas se desarrolló como parte de un proceso metódico del trabajo de puesta en obra que va más allá de la actividad de adición de piezas de determinado material. Los métodos enseñados desde las academias y practicados en el ejercicio de los integrantes del Real Cuerpo de Ingenieros Militares que seguían las pautas de las Ordenanzas de 1718 y 1749 configuraron que la ejecución de las técnicas iniciara desde la elección del material a utilizar para conformar el elemento arquitectónico. En el caso de San Carlos de Perote, la selección de las canteras y demás fuentes de materiales fue una de las primeras acciones de sus ingenieros, que potencializaron el uso de sillares de toba blanca y basalto. En las obras de la llanura costera veracruzana, ante la escasez de materiales, la ejecución de las obras requirió de ampliar la exploración de las fuentes de suministro de materiales, evaluaciones sobre el costo de producción y la definición de los tamaños, así como las características que debe tener la cantería o corales supervisadas por el ingeniero del detal de la obra; todos estos procesos demostraron que la técnica constructiva implica un conjunto de acciones previas vinculadas en un proceso metódico que llevó a su regularización y que si el análisis no realiza la contextualización de las condiciones, se demerita el valor de los procesos edificatorios.

Por consiguiente, las técnicas son la demostración de que el ingeniero tenía conocimiento antecedente de cómo se debía construir, el seguimiento de los métodos y la estandarización podía solucionar los problemas de edificación, cómo podría evaluar los materiales y se podrían abaratar los costos y cómo el cálculo de bóvedas podía generar las formas perfectas y resistentes a las bombas de cañón. El conocimiento está presente en las técnicas y fue un medio para alcanzar el fin: los elementos constructivos. Sin embargo, para identificar los aspectos anteriormente expuestos, es importante destacar que la investigación planteó la posibilidad de analizar la técnica constructiva como parte de un sistema técnico en el que interviene el medio en el que se ejecuta, los ingenieros como agentes condicionantes de qué técnica se aplica, la definición del objetivo a construir y los fines para los cuales se realizaban las obras.

La visión de la técnica como parte de un sistema permitió que esta investigación no quedara en una simple lectura de tipos de material y conformación de aparejos, sin conexión alguna, situación a las que se hubiera llegado si sólo se seguían las metodologías de registro de paramentos. El riesgo de acotar la investigación a las lecturas paramentales de los elementos era que al identificar el uso de materiales en mamposterías ordinarias irregulares o en disposiciones de aparejos utilizados desde la antigüedad como el isódomo, pareciera que no existieron mayores innovaciones que el perfeccionamiento del corte de la cantería en sillar. En cambio, la aproximación al ambiente técnico de la Edad Moderna permitió apreciar la trascendencia del academicismo neoclásico en la reutilización de técnicas

CONCLUSIONES

antiguas que garantizaban la resistencia de los elementos al uso de balas de cañón de pólvora y que durante esta época se perfeccionaron.

Por lo tanto, se considera que la comprobación de la hipótesis se logró con el desarrollo de una amplia fundamentación que, desde la conceptualización del término técnica en la Edad Moderna, planteó la articulación de ésta como parte de un todo, y para lo cual también se hizo necesaria la investigación histórica de la conformación de los sistemas defensivos veracruzanos, el desempeño de los ingenieros militares en la región y las etapas de construcción de las obras. A su vez, al identificar los atributos que caracterizaron a las técnicas de otras regiones, condujo que el trabajo de campo involucrara la lectura de la morfología del elemento además de las caracterizaciones de materiales y aparejos.

La investigación arrojó interesantes resultados en el estudio de los dos casos de estudio: el Fuerte de San Carlos de Perote y el Fuerte de San Juan de Ulúa. El análisis de los elementos que cumplen las funciones estructurales de cimentación, apoyos y cubiertas permitió el registro de 33 técnicas constructivas: dos técnicas en cimentación, 18 en apoyos y 13 en cubiertas. Aunque ambas obras pertenecen a una tipología abaluartada permanente, la influencia del contexto natural en que se ubican y su desarrollo histórico propiciaron diferencias en su conformación durante el siglo XVIII, pues a pesar de la participación de algunos ingenieros militares en ambas obras, existe variación en las técnicas.

En cimentación se encontró que:

- a) La técnica bajo agua presentaba un proceso más elaborado. La cimentación involucró tres subsistemas en la puesta de obra: el palplanchado o tablaestacado, el estacado o pilotaje y el envarengado o emparrillado. Estos tres subsistemas son el procedimiento previo para el asentado de los sillares y rellenos mampostería, trabajo a partir del cual la técnica de cimentación en Ulúa presenta similitudes con la de Perote. La cimentación que es el desplante del murallas y muros, se define desde el trazo del proyecto y su capacidad de resistencia es muy importante, por eso en el contexto del islote arrecifal de San Juan de Ulúa, la cimentación presenta una técnica integrada por más componentes que garantizarían su unión al terreno. El uso de estacas de madera de zapote preparadas con grasa para evitar su permeabilidad, así como el empleo de sillares y piedra de cal, la más dura en la región que además combinó su composición caliza con la de los corales calcáreos, hicieron que las obras del siglo XVIII presenten mayor estabilidad que las obras del siglo XVI, a pesar de que el terreno se encuentra expuesto a constantes vibraciones por el oleaje y el paso de embarcaciones.

En los apoyos la investigación y registro de las técnicas constructivas permite destacar los siguientes aspectos:

- b) Los espesores y capacidad de resistencia requeridos para la construcción de murallas se resolvieron al utilizar técnicas de edificación compuesta, por lo que predominó la construcción de los paramentos exteriores con aparejos regulares o semirregulares y los rellenos con mampostería ordinaria irregular. Por tanto, se observa que se retomaron las técnicas antiguas de herencia romana. La fábrica

compuesta resolvió la construcción de la muralla en talud, que ya no puede ser ejecutada por la técnica de encofrado o tapia, técnica común en la arquitectura militar medieval europea. Por tanto, la regularidad de los materiales y el refuerzo en los paramentos exteriores de murallas fueron la búsqueda constante durante el siglo XVIII, que permitiría enfatizar la solidez del elemento y asegurar la contención de los rellenos de mampostería irregular.

- c) El uso de coral supera las limitaciones de su forma orgánica. En el siglo XVIII se distinguen las técnicas que muestran la experimentación del corte regular de la piedra de coral. Por ejemplo, en sillares que serán parte de los paramentos exteriores en baluartes, lienzos de muralla y garita, pero sobre todo destaca la utilización del coral de forma semiesférica por su corte en el meridiano permitiendo utilizar una cara plana en paramento y una base plana que sigue la disposición horizontal de las hiladas. Este aprovechamiento de las piezas de coral de las especies *diploria sp* y *colpophyllia natans* desarrolló técnicas de conformación de paramentos con hiladas regulares y técnicas mixtas de hiladas de coral con verdugadas de ladrillo. Los verdugos que son elementos de refuerzo horizontal utilizados desde las obras romanas, y también empleados en el medievo con la técnica de tapia, fueron integraron a las técnicas de obras de coral para asegurar la solidez de los muros de apoyo de bóvedas principalmente, pues cabe destacar que no fueron utilizados en paramentos exteriores de murallas, en donde el uso regular de hiladas con coral está claramente marcado. Así el siglo XVIII fue el periodo en el que se logró un mayor conocimiento de la forma y capacidades físicas de los corales que permitió su utilización a través de siete técnicas constructivas en muros.
- d) Las técnicas constructivas en muros presentan aparejos diversos que se han agrupado en regulares, semirregulares e irregulares. Existe una relación directa entre la variante por la calidad de las piezas con su ubicación en el conjunto. De esta manera los aparejos que presentan un material de corte regular o fabricación estandarizada (ladrillo) representan técnicas de mayor solidez aplicadas en paramentos exteriores de murallas, garitas y bóvedas a prueba de bomba. Esto indica que para garantizar la solidez y estabilidad de los elementos se prefirieron las piezas regulares. En un caso intermedio, las técnicas con composición de piezas semirregulares fueron utilizadas en paramentos interiores de murallas y parapetos, muros de casamatas o revellines, lo que implica que no precisamente son fábricas que se liberen del requisito de resistencia, sino que, por el contrario, son técnicas utilizadas en el segundo frente de batalla. Las técnicas de composición irregular fueron utilizadas en cimentación, rellenos y muros de edificaciones militares. Estas técnicas a pesar de su falta de escuadría en el corte de canteras o corales fueron muy utilizadas por la rapidez y economía de su ejecución.
- e) El uso de refuerzos en murallas desde su cimentación hasta los parapetos. Las técnicas constructivas aplicadas en las murallas, independientemente del tipo de material, corte o composición presentan refuerzos verticales en los ángulos de murallas, baluartes, revellines o lunetos a través de sillares regulares que labrados por canteros responden con su estereotomía al trazo de los paramentos. Estos

CONCLUSIONES

refuerzos verticales inician desde la cimentación hasta el cordón magistral en el caso de San Juan de Ulúa, y en San Carlos de Perote de prolongan hasta los parapetos, pero sustituyendo el basalto por ladrillo. Otros refuerzos que destacan en algunos paramentos exteriores de muralla son los refuerzos horizontales a base de grandes bloques dispuestos en isódomo, que son desplantados desde la cimentación; aunque las dimensiones son variables en ambos casos de estudio, la presencia de estos refuerzos horizontales es identificable del resto del paramento, por el cambio del material principalmente. Otro tipo de refuerzos se localizan en las aristas y boquillas de merlones en los parapetos, este tipo de trabajo muy similar a las fortificaciones europeas como San Fernando de Figueras, se relaciona con la posibilidad de contener el impacto de los cañones sin afectar todo el elemento.

En cuanto a las cubiertas, los resultados del análisis de las técnicas destacan los principales aspectos:

- f) La técnica constructiva fundamental de las bóvedas es la que corresponde con el tipo a prueba de bomba y que se ejecutó con algunas variantes por su composición material y morfología. No obstante, el desarrollo general de las técnicas de bóvedas a prueba de bomba se basó en la conformación de las superficies de directriz curva a base de dos o tres roscas de ladrillo, cantería o coral, cuyas embecaduras se macizaron hasta el segundo tercio de los senos de la curva, posteriormente se rellenaron con mampostería ordinaria, piedra o coral, dependiendo del material accesible, alcanzando un espesor entre cuatro y seis pies. Como parte del relleno en algunos casos se ha identificado la colocaron de camas de piedra o de coral de corte regular para asegurar la base sobre la cual se vertía el hormigón de cal. La imposibilidad de realizar calas como parte del trabajo de campo limitó el registro detallado de los espesores de relleno y hormigón, así como tampoco se pudo verificar la existencia de un enlosado intermedio con canalizaciones para agua pluvial y un relleno superior, como Vila Rodríguez (2014) lo ha identificado en las bóvedas a prueba de bomba de San Fernando de Figueras. Sin embargo, dentro de las limitantes del trabajo de tesis, se considera que la lectura de la técnica de bóvedas a prueba de bomba en el Fuerte de San Carlos de Perote y en San Juan de Ulúa, presenta aporte al conocimiento de sus cubiertas.
- g) La conformación de las roscas de ladrillo que en los tratados de fortificación se especificaban como de tres roscas, en la mayoría de los casos de las fortificaciones veracruzanas los encontramos de sólo dos roscas, lo que señala la tendencia a la esbeltez del elemento abovedado, que combinado con el relleno le permitió garantizar su eficiencia.
- h) La integración de las roscas de ladrillo o cantería en las bóvedas presentó en todos los casos la conformación de las hiladas paralelas a los muros longitudinales de las casamatas, es decir, perpendiculares a la muralla o fachadas. Además, los aparejos más utilizados en bóvedas fueron el español (a tizón) y el inglés (soga y tizón), en donde el primero fue el más común.
- i) Las técnicas constructivas aplicadas están supeditadas a la morfología de las bóvedas, pues la elección y conformación de los materiales de las roscas obedecen

no solo a la geometría de las bóvedas, sino a las posibilidades de cada material para lograr la forma proyectada.

- j) El estudio del trazo geométrico de las bóvedas elípticas corresponde con el método para el trazo de arcos elípticos con dos focos contenidos en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás, *Arte y uso de arquitectura* (1639). No obstante, si las bóvedas se analizan por otros métodos también se obtiene la generación del perfil curvo a partir de un desarrollo geométrico. Este ejercicio de análisis de la geometría a partir de los métodos de trazado, indica que los ingenieros en el siglo XVIII aún continuaron con el uso de las reglas empíricas para sus proyectos, aunque también realizaron cálculos a base de fórmulas algebraicas.

De manera general la investigación presenta resultados importantes que anteriormente era omitidos en los estudios de las fortificaciones abaluartadas veracruzanas, pues la pátina del tiempo o la inmediata percepción del uso de sistemas tradicionales no dejaba ver los atributos de las técnicas constructivas del siglo XVIII.

Por otra parte, es importante reconocer que la investigación también tuvo limitantes como el número reducido de casos de estudio y la falta de realización de calas en los elementos. La determinación del estudio de sólo dos conjuntos militares obedeció a la pérdida y mutilación del patrimonio militar, lo que llevó a una restricción en la selección de los casos, enfocándose a aquellos que por características comunes de sus componentes permitieran el tratar de realizar lecturas e interpretaciones generales. La otra limitante fue la imposibilidad de realización de calas en muros y cubiertas que permitiera tener cortes más precisos de los rellenos, su composición y dimensiones y que contribuyeran a tener datos más rigurosos de las técnicas, no obstante, se considera que la extensa labor de trabajo de campo en el levantamiento y registro de los elementos permitió conocer en sitio las soluciones visibles, y el trabajo documental propició la contrastación de los datos.

Finalmente se considera que los resultados de la investigación aportan la posibilidad de un conocimiento útil. El generar nuevos conocimientos no tendría sentido si permanece encarpado, por lo que como se planteó desde su inicio, el estudio sobre las técnicas constructivas de las fortificaciones veracruzanas está dirigido a dar fundamentos para la valoración constructiva del patrimonio militar de la región, y sobre todo para que sus datos sean tomados en cuenta durante los procesos de intervención y conservación de los conjuntos militares.

El patrimonio militar tanto en la Nueva España como en Veracruz ha sido duramente sacrificado, perdiéndose gran parte de los conjuntos o quedando en abandono a pesar de que algunas autoridades tengan su custodia. La urgencia de atender estas edificaciones llevará en un mediano plazo a intervenciones en sus estructuras, por lo que se espera que esta investigación se utilice como parte de la fase previa de conocimiento de la composición de sus elementos, la valoración técnica de la ejecución de las obras que debe respetar la morfología y la conformación de los elementos, así como en la conservación de los testimonios de las técnicas, que muchas veces son omitidos en las intervenciones, alterando su disposición.

CONCLUSIONES

Esta investigación ha organizado su contenido para destacar el valor de la técnica moderna, los materiales, los ingenieros militares, el conocimiento constructivo y el contexto natural veracruzana en las fortificaciones abaluartadas. Así como todo fue parte de un sistema técnico que legó las construcciones militares a nuestras generaciones, así la conservación del patrimonio debe respetar que cada piedra y cada muro, es parte de la historia del elemento y que corresponde a una visión global del conjunto. Es innegable que los procesos de adecuación a nuevos usos requieran la intervención física de los elementos constructivos, pero es importante enfatizar que las técnicas son como la pintura mural o las molduras, es decir, tienen un valor intrínseco que merece ser respetado, conservado y restaurado, por lo que sus intervenciones deben sopesar la mayor conservación posible de las técnicas originales o la integración de técnicas afines a la composición de los elementos.

La tarea en el patrimonio militar veracruzano es muy amplia, por lo que también se considera que esta tesis además abre nuevas líneas que pueden ser de interés para otros investigadores relacionados con la temática y que, por cuestiones de tiempo y concordancia con el tema de esta tesis, no se pudieron incluir. Algunas de esas líneas de investigación son:

1. El estudio de la actividad constructiva de los ingenieros militares, como Felipe Feringan Cortés y Pedro Ponce, que no tuvieron una extensa formación en las academias pero que desarrollaron una larga y productiva trayectoria en Veracruz, que se reconoció con el ascenso de sus rangos y categorías y que impactó en obras tanto militares, como civiles, religiosas e hidráulicas.
2. Estudio constructivo y arquitectónico de las obras militares en los caminos reales de Veracruz a México, por Orizaba y por Xalapa. La pérdida del patrimonio militar en estas zonas y las inconsistencias en los datos históricos de las obras, requieren ser abordadas desde estudios que en base a los registros constructivos detallados de los testimonios permitan identificar y replantear las hipótesis con mayor fundamento, pues a pesar de que existen estudios sobre algunas de estas obras, se considera que aún existen múltiples incógnitas.
3. Las técnicas de extracción de materiales y el uso de máquinas es uno de los apartados de la tesis que abrió perspectivas amplias y que deben ser retomados, para entender parte de los procesos de selección, suministro, traslado y estandarización de los materiales por su dimensionamiento. Asimismo, el uso de las máquinas de construcción es un tema interesante que no se ha abordado en nuestro entorno y que vale la pena considerar para ampliar el conocimiento de las tecnologías aplicadas.
4. El estudio de las bóvedas a prueba de bomba mediante un análisis a rotura de sus elementos. Cabe destacar que el análisis a rotura se empezó a utilizar desde el siglo XVIII, según Huerta (1990), por lo que un estudio de este tipo abriría un nuevo enfoque sobre las cualidades de resistencia de las bóvedas a prueba de bomba.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

LISTA DE REFERENCIAS

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

Alberti, León Battista, *De Re Aedificatoria* [1485], Madrid, Akal, 1992.

Alfaro Guixot, Juan Manuel, *Dos horas en... El Castillo de San Fernando de Figueres*, Barcelona, Les Fortaleses Catalanes, 2010.

Arencibia Iglesias, Sergio Raymant, *Caracterización y valoración del deterioro de la piedra en construcciones de valor cultural del centro histórico La Habana Vieja*, (resumen de la tesis doctoral) Universidad tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, 2018, pp. 24-25, consultado en <http://habana.qfa.uam.es/~lmc/PREMIO%202019/Ciencia%20T%E9cnicas/CD%20116/TESIS%20DOCTORADO%20SERGIO%20RAYMANT%20ARENIBIA%20%28RESUMEN%29.pdf>

Arrazcaeta Delgado, Roger et al, "Piedra de San Miguel": testigo del límite cretácico-terciario (K/T) en la arquitectura colonial de la Habana vieja, en *II Seminario Internacional de Arqueología*, Gabinete de Arqueología (OHCH), La Habana, Cuba, consultado en www.researchgate.net/publication/279530703_Lajas_San_Miguel_-_testigos_del_Limite_Cretacico_-_Terciario_KT_en_la_Arquitectura_colonial_de_la_Habana_Vieja

Aspe Armella, Virginia, *El concepto de técnica, arte y producción en la filosofía de Aristóteles*, México, Fondo de Cultura Económica, 1993.

Béldor, Bernard Forest de, *La Science des Ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile dédié au Roy par Mr. Béldor*, Paris, Claude Jombert, 1729.

Bello, Javier, "La relevancia de los sistemas de arrecifes coralinos veracruzanos" en *El Jarocho cuántico, suplemento científico de La Jornada Veracruz*, número especial, 27 de noviembre de 2011.

Blanes Martín, Tamara, *Fortificaciones del Caribe*, La Habana, Letras Cubanas, 2001.

Blázquez Domínguez, Carmen, *Breve historia de Veracruz*, México, El Colegio de México, Fideicomiso de las Américas, FCE, 2000.

Bunge, Mario, *Filosofía de la tecnología y otros ensayos*, Lima, UIGV, 2012, p.50

Calderón Quijano, *Visión general de las fortificaciones indianas en los distintos frentes continentales*, II Congreso de Historia Militar, Zaragoza, 1988, pp. 143-186.

Calderón Quijano, José Antonio, *Historia de las Fortificaciones en Nueva España*, Sevilla, Publicaciones de la Escuela de Estudios Hispano - Americanos, 1953,

Calderón Quijano, José Antonio, "Ingenieros militares en Nueva España" en *Anuario de Estudios Americanos*, Número 6, Sevilla, CSIC, 1949, pp. 1-71

Cámara Muñoz, Alicia, *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Editorial Nerea, Madrid, 1998.

Canivell, J. y Graciani García, A. 2015: "Caracterización constructiva de las fábricas de tapia en las fortificaciones almohades del antiguo Reino de Sevilla", *Arqueología de la Arquitectura*, 11: e025. <http://dx.doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.003>

Capel Sáez, Horacio, "Los ingenieros militares y el sistema de fortificación en el siglo XVIII, en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz, Coord., Madrid, Ministerio de Defensa, 2005, pp..231-267

Capel Sáez, Horacio, Sánchez, Joan-Eugeni y Moncada, Omar, *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, España, SERBAL-CSIC, 1988.

Carretero León, María Isabel, "La piedra como material de construcción en la Antigüedad" en *La técnica de la arquitectura en la Antigüedad*, Amparo Graciani Coord., Sevilla, Universidad de Sevilla, 2011 pp. 57-67.

Carrillo de Albornoz y Galbeño, "Agustín López de la Cámara Alta" en *Diccionario Biográfico electrónico*, Real Academia de Historia 2018, consultado en <http://dbe.rah.es/biografias/115012/agustin-lopez-de-la-camara-alta>

Carrillo de Albornoz y Galbeño, Juan, "La fortificación abaluartada. Siglos XVI al XVIII" en *Poliórcética Fortificación y Patrimonio (Asalto y defensa de plazas fuertes)*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 2005, pp. 33-82

Carrillo de Albornoz y Galbeño, Juan, "Los planes de estudio de la Academia de Matemáticas y su funcionamiento interno" en *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2004, pp. 101-115.

Carrillo de Albornoz y Carreño, "Miguel del Corral y Horobio" en *Diccionario Biográfico electrónico*, Real Academia de Historia 2018, consultado en <http://dbe.rah.es/biografias/52771/miguel-del-corrall-y-horobio>

LISTA DE REFERENCIAS

Castro Villalba, Antonio, *Historia de la construcción arquitectónica*, Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1995.

Cejudo Collera, Mónica, *La influencia del tratado de Lupicini en la arquitectura militar en Nueva España*. México, Trillas, 2014.

Cejudo Collera Mónica, “Los Antonelli en América” en *Las fortificaciones de los Antonelli en Cuba siglos XVI-XVII*, Barcelona, Galland Books, 2013, pp 71-75.

Cejudo Collera, Mónica. “El sistema de defensa del Caribe, Cartagena y Veracruz dos ciudades con un mismo origen” en *Villes en Parallele*, Ciudad de México, UAM, Solar-Servicios editoriales S.A. de C.V., 2014, pp. 47-63.

Cejudo Collera, Mónica, “Una visión de San Juan de Ulúa según los tratados de Arquitectura de Lupicini y de Cristóbal de Rojas” en *Memoria del Primer Foro de investigación: San Juan de Ulúa y Arquitectura militar*, publicación electrónica, Ciudad de México, INAH-ENCRYM, UAM, 2009, pp. 31-47.

Cejudo Collera, Mónica y Chanfón Olmos, Carlos, “Fortificaciones e ingeniería militar”, en *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicanos*. Capítulo VI, Volumen II El periodo virreinal, Tomo III El surgimiento de una identidad, Carlos Chanfón Olmos, coordinador, Ciudad de México, UNAM, FCE, 2005, pp. 277-307.

Cejudo Collera, Mónica y Segura, Germán, “Fuerte de San Carlos de Perote: sistemas y materiales constructivos de la única fortaleza española abaluartada tierra adentro en América del siglo XVIII”, en 3º Congreso Internacional de Histórica da Construcao Luso-Brasileira, Universidade do Porto, Salvador, Brasil, 2019, pp. 1102-1116.

Cobos Guerra, Fernando, “Escuela de Palas (Milán 1693): debate, eclecticismo y heterodoxia en la tratadística española de la fortificación”, en *La palabra y la imagen. Tratados de ingeniería entre los siglos XVI y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, coordinadores, Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2017, pp. 97-121

Cobos Guerra, Fernando, Castro, Javier de y Canal, Rodrigo, *Castros y recintos de la frontera de León en los siglos XII y XIII. Fortificaciones de tapial de cal y canto o mampostería encofrada*. Edición digital Junta de Castilla y León. Valladolid 2012

Coordinación General de Minería, Cerro Cuauhtémoc, *Ficha técnica del mineral caliza fosilífera*. 2011.

Díaz Capmany, Carlos, “La formación científica de los ingenieros militares españoles del XVII”, en *La Ilustración en Cataluña: la obra de los ingenieros militares*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2010, pp. 42-59.

Díaz del Castillo, Bernal, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, México, Alianza Editorial, 1991.

Durán Díaz, Pamela, *El río como eje de vertebración territorial y urbana. El río San Marcos en Ciudad Victoria, México*, (tesis doctoral), Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 2013. Consultado en: <http://hdl.handle.net/10803/146188>

Dürer, Albrecht, *Tratado de Arquitectura y urbanismo militar/Alberto Durero*, Madrid, Akal, 2004.

Ellul, Jacques, *Le système technicien*, France, Calmann-levy, 1977.

Ellul, Jacques, *El siglo XX y la técnica (Análisis de las conquistas y peligros de la técnica de nuestro tiempo)*, (Trad. Adolfo Maíllo), Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1960.

Esquirol, Josep M., *Los filósofos contemporáneos y la técnica. De Ortega a Sloterdijk*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2011.

Espinosa, P.C., *Manual de construcciones de albañilería*, Madrid: Imprenta de don Severiano Baz, 1859

Fernández de Medrano, Sebastián, *Rudimentos geométricos y militares que propone el estudio y aplicación de los profesores de la milicia*, Bruselas, 1677.

Fernández de Medrano, Sebastián, *El arquitecto perfecto en el arte militar dividido en cinco libros...*, Amberes, 1708.

Fisher, Jaime, *El hombre y la técnica. Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, México, UNAM, 2010.

Flores Alés, Vicente, “La arcilla como material de construcción en la Antigüedad” en *La técnica de la arquitectura en la Antigüedad*, Amparo Graciani Coord., Sevilla, Universidad de Sevilla, 2011, pp. 69-77.

Galindo Díaz, Jorge Alberto, *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares en el siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar* (Tesis doctoral), Universidad Politècnica de Catalunya, 1996, p. 187

Gallard Seguela, Martine, “Los ingenieros militares españoles en el siglo XVIII” en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*, Alicia Cámara Muñoz, Coord., Madrid, Ministerio de Defensa, 2005, pp. 205-229.

Gallegos Ruiz, Eder, “Apuntes sobre la Real Maestranza de artillería, Veracruz, 1762-1798”, en *Tiempo y Espacio*, Número 67, vol. XXXVI, enero-junio 2017, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Centro de Investigaciones Históricas Mario Briceño Irigorry, pp. 45-61, Consultado en

https://www.academia.edu/34352818/Apuntes_sobre_la_Real_Maestranza_de_artiller%C3%ADa_Veracruz_1762-1798

García del Valle y Villagrán, Gabriel, *Introducción al estudio de la edificación*, México, UNAM, 1993.

García Ruiz, Luis, “Veracruz como provincia: de la defensa de la costa al reacomodo territorial (1765-1804)”, en *Veracruz Puerta de cinco siglos 1519-2019*, TOMO I, Carmen Blázquez Domínguez, Gerardo Antonio Galindo Peláez y Ricardo Teodoro Alejandre (coordinadores), Xalapa, Universidad Veracruzana, 2019, pp.123-143.

García y García, Alfonso, *Proyecto de restauración y propuesta de uso del Fortín de Órdenes Militares de Plan del Río, municipio de Emiliano Zapata, Ver.* (tesis de maestría) Xalapa, Universidad Veracruzana, 2006.

Giedon, Sigfried, *Espacio, tiempo y arquitectura*, Barcelona, Editorial científico-medica Hoepli, 1995.

Gil Crespo, Ignacio Javier, *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII al XV en la actual provincia de Soria* (Tesis doctoral), Madrid, UPM, 2013.

Gil Crespo, Ignacio Javier, “Historiografía de la construcción fortificada” en *Historia, arquitectura y construcción fortificada*, Madrid, Instituto Juan de Herrera – ETSAM, 2014, p. 35

Ginovart, Josep Lluís i, El contexto del saber constructivo del ingeniero militar en Arte abaluartado en el territorio y plaza de Tortosa (1580-1852), p. 5, Consultado en <https://patriarq.wordpress.com/2015/10/19/el-contexto-del-saber-constructivo-del-ingeniero-militar-en-el-arte-abaluartado-en-el-territorio-y-plaza-de-tortosa-1580-1852/>

González Moreno-Navarro, José Luis, *El legado oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza Forma, 1993.

Graciani García, Amparo. “La técnica del tapial en Andalucía Occidental”, en *Construir en al-Andalus (Monografías del Conjunto Monumental de la Alcazaba de Almería, núm. 2)*, coord. por Ángela Suárez Márquez, 2009, pp. 111-140

Graciani García, Amparo, “Improntas y oquedades en fábricas históricas de tapial. Indicios constructivos” en *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Valencia, 21-24 octubre 2009, eds. S. Huerta, R. Marin, R. Soler, A. Zaragoza. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 2009.

Graciani García, Amparo, "Hacia el nacimiento de la historia de la construcción. Origen y devenir de una ciencia", *Actas del Tercer congreso nacional de historia de la construcción*, Sevilla, Inst. Juan de Herrera, 2000.

Gurriarán Daza, Pedro, "Las técnicas constructivas en las fortificaciones andalusíes" en *La ciutat medieval i arqueologia. VI curs internacional d'arqueologia medieval*, 2014, p. 263 en https://www.academia.edu/8191248/GURRIAR%C3%81N-T%C3%89CNICAS_CONSTRUCTIVAS_FORTIFICACIONES_ANDALUS%C3%8DES

Gutiérrez, Ramón, "La organización de los cuerpos de ingenieros de la Corona y su acción en las obras públicas americanas" en *Puertos y Fortificaciones en América y Filipinas, Actas del Seminario*, Madrid, CEHOPU, 1984, pp. 41-93

Gutiérrez, Ramón y Esteras, Cristina, *Arquitectura y fortificación de la ilustración a la independencia americana*, Madrid, Editorial Turo, 1993

Habermas, Jünger, *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos, 1994,

Hernández Aranda, Judith, "Las Atarazanas de Veracruz", en *Arqueología Mexicana*, serie Tiempo Mesoamericano IV, volumen VIII, número 46, noviembre – diciembre 2000, pp. 34-37.

Hernández Aranda, Judith y Ávila Hernández, Roberto Jesús, "Los aljibes en la fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz", en *Boletín de Monumentos Históricos* Núm.32, México, INAH, 2014, p. 99-123

Hernández Aranda, Judith y Ávila Hernández, Roberto Jesús, "Jaime Franck: Autos legales sobre su obra en San Juan de Ulúa (1692-1693)" en *Revista Ollin* año 8 número 15, México, INAH, 2015 p. 7-25

Hernández Aranda, Judith y Ávila Hernández, Roberto Jesús, "El Arsenal Nacional en San Juan de Ulúa, primera industria en el puerto de Veracruz", en *Boletín de Monumentos Históricos* Núm. 33, México, INAH, 2015, p.63-86

Hernández Aranda, Judith y Martínez Aguilar, Gladys, "El Baluarte de Santiago en la Ciudad de Veracruz: aproximaciones a su construcción y arquitectura", en Milagros Flores Román y Dolores Pineda Campos (editores), *El Patrimonio de los Caminos Fortificados*, Xalapa, Universidad de Xalapa A.C.,2019, pp 211-236

Icaza Lomelí, Leonardo, "El género de arquitectura militar novohispana" en *Diario de campo. Patrimonio cultural. Problemas actuales*, suplemento 27 (2003) México, INAH, pp. 89-98

Kostof, Spiro, *Historia de la arquitectura*, Tomo I, Madrid, Alianza Forma, 1988.

Kübler, George, *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 1992.

López-Kramer, Jesús Manuel et al, “Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque”, en *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, enero – junio, 2015, vol. 16, no. 1, pp 40-52

López Morales, Francisco Javier, “Campeche, centro histórico fortificado Patrimonio mundial de México” en *Revista Javeriana APUNTES*, volumen 17, números 1-2, pp. 90-97.

López Muiños, Juan, *Algunos aspectos de la ingeniería militar española y el Cuerpo Técnico: en el 50 aniversario de la creación del Cuerpo Técnico (1940-1990)*, Tomo I, Madrid, Ministerio de Defensa, 1993.

Lucuze, Pedro, *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortaleza*, (Tratado militar), Barcelona, 1772.

Luengo Gutiérrez, Pedro, “Ingenieros italianos al servicio de la Corona Española. Entre el liderazgo técnico y el espionaje”, en *Revista Internacional de Historia Militar*, número 97, (2019), pp. 15-45

Macías Domínguez, Isabelo, *La llamada del Nuevo Mundo. La emigración española a América (1701-1750)*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1999.

Manfré, Valeria, “Una isla y sus imágenes, la cartografía militar de Cerdeña (1717-1720)”, en *Ecos culturales, artísticos y arquitectónicos entre Valencia y el Mediterráneo en Época Moderna*, Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes y Gil Saura, Yolanda, (editores), Valencia, Universitat de Valencia, 2018, pp. 207-225

Mason, Stephen F., *Historia de las ciencias*, traducción Carlos Solís Santos, Madrid, Alianza, 1985,

Medellín Zenil, Alfonso, “Exploración en la Villa Rica de la Veracruz” en *La Palabra y el Hombre*, núm. 40, octubre-diciembre, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1966.

Melgarejo Vivanco, José Luis, *Breve Historia de Veracruz*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1960.

Moncada Maya, José Omar, *Ingenieros militares en Nueva España*, México, UNAM, 1993.

Müller, John, *Tratado de fortificación ó arte de construir los edificios militares y civiles*. Traducción al castellano por Miguel Sánchez Taramas, Barcelona, 1769.

Muñoz Corbalán, Juan Miguel, “La profesión del ingeniero en la Ilustración”, en *Ingeniería de la Ilustración*, Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, Coordinadores, ETSAM, Fundación Juanelo Turriano, UNED Segovia, 2015, pp. 11-34.

Muñoz Cosme, Alfonso “El proyecto y su representación en la arquitectura y en la ingeniería militar entre los siglos XVI y XVIII”, en *Ingeniería de la Ilustración*, Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, Coordinadores, ETSAM Fundación Juanelo Turriano, UNED Segovia, 2015, pp. 71- 92

Ortega y Gasset, José, *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*, Madrid, Alianza Editorial, 1996.

Ortiz Lozano, Leonardo, “Arrecifes sumergidos en Veracruz”, en Universidad Veracruzana, Dirección de Comunicación de la Ciencia, consultado en <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/arrecifes-sumergidos-en-veracruz/>

Ortiz Lozano, Leonardo *et al.* *El corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. Retos y oportunidades para su protección*, México, CEMDA, 2018. Consultado en: <https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/InfoFinalRick2.pdf>

Osante, Patricia, “Agustín López de la Cámara Alta, Descripción general de la Colonia de Nuevo Santander” en *Históricas Digital*, Revista digital, Serie Documental, 27, UNAM, 2006, pp. 62-163, consultado en <http://www.históricas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libras/nuevosantander/descripcion.html>

Palacios Coria, Eduardo, *Composición de especies macrocorales hermatípicos de zonas arrecifales someras de Veracruz, Ver., su uso como material de construcción en el Castillo de San Juan de Ulúa*, (tesis de licenciatura) Izcala, Estado de México, UNAM, 2001.

Paolini, Ramón, *Fortificaciones del Caribe. Panorama general del Caribe Fortificado*, Cartagena de Indias, Colcultura-UNESCO, 1996.

Peñalver Martínez, María Jesús y Maciá Sánchez, Juan Francisco, “El sistema constructivo empleado para la cimentación por pilotaje en las obras portuarias mediterráneas del siglo XVIII. El Real Arsenal de Cartagena”, en *Defensive Architecture of the Mediterranean, XV to XVIII centuries*, Vol. I, Rodríguez-Navarro Ed., 2015. Editorial Universitat Politècnica de Valencia, pp 421-428

Pérez España, Horacio y Vargas Hernández, Juan Manuel, *Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa*, Universidad Veracruzana, Centro de Ecología y Pesquerías Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM002. CDMX, 2008.

LISTA DE REFERENCIAS

Pérez Yelo, Martín y Rodríguez Martín, José Antonio, "Arquitectura desaparecida", Obtenido de *Guía del patrimonio arquitectónico de Cartagena*, Consultado el 19 de octubre de 2019 en <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6847/ad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pineda Campos, Dolores, *Investigación de los materiales coralinos utilizados en la construcción y restauración de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz, México, para su conservación*, UPV, 2005.

Rodríguez Elizarrarás, Sergio R. y Morales Barrera, Wendy V., "Geología" en *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*, Enrique Florescano y Juan Ortiz Escamilla, coordinadores, México, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, 2010. v. 1, p. 43-64. Consultado en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9648/02GEOLOGIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez Herrero, Hipólito, *Una ciudad hecha de mar*, Xalapa, IVEC, 2013.

Rodríguez Viqueira, Manuel, "Arquitectura militar, génesis y tipologías", en *Estudios de tipología arquitectónica*, México, UAM-A, 1996, p. 109

Rodríguez Viqueira, Manuel, *Arquitectura Militar, génesis y tipología*, México, Limusa, 2009

Rojas, Cristóbal de, *Teoría y práctica de fortificación conforme a las medidas y defensas de estos tiempos, repartidos en tres partes*, Madrid, 1598.

Rudofsky, Bernard, *Constructores prodigiosos*. México, Editorial PAX MEXICO, 2007

Saint Paul, Noizet, *Elementos de fortificación*, Madrid, Imprenta real, 1818

Sambricio, Carlos, "Tres proyectos para la ordenación del territorio en la América Hispana de la segunda mitad del siglo XVIII", en *Fortificaciones americanas y la convención del Patrimonio Mundial*, París, UNESCO, 2006, pp 128-130.

San Nicolás, Lorenzo de, *Arte y uso de arquitectura: con el primer libro de Euclides traducido en castellano*. Primera parte. Madrid, Quinta edición por Plácido Barco Flores, 1796. [1639].

Sánchez Lamego, Miguel Angel, *El Castillo de San Carlos de Perote*, Xalapa, Citlaltepétl, 1973.

Sanz Molina, Sara E., "Fortaleza de San Juan de Ulúa" en *Fortalezas.org*. Consultado en http://fortalezas.org/?ct=fortaleza&id_fortaleza=975

Sanz Molina, Sara Elizabeth, "La enseñanza del arte de la fortificación a través de imágenes: los tratados de arquitectura militar" en *Arquitectura y urbanismo militar en Iberoamérica*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, s/f, pp 253-257

Sanz Molina et al, *Proyecto ejecutivo para la rehabilitación de la Fortaleza de San Carlos, Investigación histórica y documental*, Xalapa, DGOP, 2009.

Sanz Molina, Sara Elizabeth, *Tres fortificaciones en Nueva España: estudio arquitectónico constructivo* (Tesis de doctorado), Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, 2002

SEMARNAT, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, *Programa de manejo Parque Arrecifal Veracruzano*, 2017 p. 46 consultado en https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/135_libro_pm.pdf

Servicio Geológico Mexicano, *Carta geológica minera de Orizaba E14-6*, 2001, consultada en: http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/98_E14-6_GM.pdf

Servicio Geológico Mexicano, *Carta Geológica Minera de Perote E14-B26*, 2007, consultada en http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1917_E14-B26_GM.pdf

Servicio Geológico Mexicano, *Panorama minero del Estado de Campeche*, México, 2017.

Paricio, Ignacio, *La construcción de la arquitectura*. Tomo 1: *Las técnicas*, Barcelona, Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, 1999.

Pizzo, Antonio, *Las técnicas constructivas de la arquitectura pública de Augusta Emérita*, Mérida, CSIC Instituto de Arqueología de Mérida: 2010

Tabales, Miguel Ángel, "Análisis arqueológico de paramentos. Aplicación en el patrimonio edificado sevillano" (1997), en *Revista digital SPAL número 6*, 1997 pp. 263-295 <http://dx.doi.org/10.12795/spal.1997.i6.15> o http://institucional.us.es/revistas/spal/6/art_15.pdf

Taylor, Rabún, *Los constructores romanos*, Madrid, Akal, 2003

Tovar Alcázar, Rosario, *La cal: ciencia, técnica y arte*, México, Trillas, 2016.

Turriano, Juanelo, *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*, Madrid, siglo XVI.

Universidad de Sonora, *Eje Neovolcánico, Franja volcánica Trans-Mexicana* en Material docente. Consultado en https://sivea.uson.mx/docentes/tareas/15_EJE_NEOVOLCYENICO_I.pdf

LISTA DE REFERENCIAS

Universidad Veracruzana, *La Palabra y el Hombre*, octubre-diciembre 1966, no. 40, pp 625-632 en <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/2728>

Vargas Matías, Sergio, “En busca de los enigmáticos vigilantes de la montaña y el sotavento: nuevos hallazgos, hipótesis y preguntas en torno al patrimonio fortificado de Veracruz” en *Boletín de monumentos históricos*, Tercera época, Núm. 43, mayo – agosto 2018, Ciudad de México, INAH pp. 20-50

Vila Rodríguez, Rafael, “Las cubiertas a prueba de bomba de la fortaleza de San Fernando de Figueres: una singularidad muy problemática” en *Patrimonio Cultural de España, Arquitectura defensiva*, No. 9, 2014, Madrid: Secretaría General Técnica, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp. 268-281

Villasante Sánchez, Esteban, *Mampostería y construcción*, México, Trillas, 1995.

Viollet Le Duc, Emmanuel, *La construcción medieval*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 1996

Vitruvio Polión, Marco, *Los diez libros de la Arquitectura*, Madrid, Alianza Forma, 2000.

LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS FORTIFICACIONES EN EL SIGLO XVIII.
Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz

**ARCHIVOS Y
OTRAS FUENTES DE CONSULTA**

Archivos consultados:

Archivo General de Indias en Sevilla

Archivo General Militar de Madrid

Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército de Madrid

Archivo General de la Nación México

Mapoteca Orozco y Berra de México

Archivo Histórico de Veracruz

Archivo General del Estado de Veracruz

Otras fuentes de consulta de documentos antiguos:

Biblioteca virtual del Ministerio de Defensa en
<http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/busqueda.cmd>

Biblioteca Digital Hispánica en
<http://www.bne.es/es/Catalogos/BibliotecaDigitalHispanica/Inicio/index.html>

Portal de Archivos Españoles (PARES) en <http://pares.culturaydeporte.gob.es/inicio.html>

Biblioteca Cervantes virtual. Archivos en <http://www.cervantesvirtual.com/areas/#archivo>

Biblioteca Digital Mundial en <https://www.wdl.org/es/>