

# La esteática

Un modelo arquenético de la arquitectura

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Arquitectura, Maestría en Diseño Arquitectónico

Mtro. Arq. Mario Raúl Ramírez de León

Asesor: Dr. Arq. Karim Chew

**Índice**

Índice .....	2
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	6
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>LIBRO 1 EL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.1.1 Síntesis Histórica .....	15
1.1.2 Estética Estructural .....	16
1.2 Delimitación del tema .....	17
1.2.1 Delimitación Espacial .....	17
1.2.2 Delimitación temporal.....	17
1.2.3 Delimitación del enfoque teórico.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.4 Criterios .....	18
1.4.1 Criterio de relevancia.....	18
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Generales.....	19
1.5.2 Específicos.....	19
1.6 Planteamiento de hipótesis.....	20
1.6.2 Premisas.....	20
1.6.3 Marco lógico .....	21
1.6.4 Hipótesis.....	22
1.7 Definición de términos .....	22
1.7.1 Estética .....	22
1.7.2 Estática .....	22
1.8 Metodología .....	23
<b>LIBRO 2 PENSAMIENTO .....</b>	<b>24</b>
2.0 Introducción: El Pensamiento Occidental .....	25
2.1 Orígenes:.....	25
2.2 Sócrates (469-399 a.C.).....	26
2.2.1 Método general .....	26
2.3 Pensamiento Paralelo .....	28
2.4 La Creación de Nuevos Conceptos y Palabras.....	29
2.5 El nuevo escenario del diseño .....	29
2.6 El pensamiento paralelo y los modelos .....	30
2.7 Conclusiones del capítulo .....	32
<b>LIBRO 3 MODELOS .....</b>	<b>33</b>
3.0 Introducción.....	34

3.1 El modelo de la arquitectura: evolución del pensamiento .....	34
3.2 Modelos y Métodos de diseño .....	37
3.2.1 Evolución histórica: Broadbent.....	37
3.2.2 El diseño analógico: Cross, Takeda .....	38
3.2.2.1 Modelos descriptivos .....	38
3.2.2.2 Modelos prescriptivos .....	39
3.2.2.3 Modelos cognitivos .....	39
3.2.2.4 Modelos computacionales.....	39
3.3 Los modelos y métodos de diseño en el siglo XX .....	39
3.4 Los nuevos modelos: Arquitectura, espacio hiperbólico, tejido .....	44
3.5 Conclusiones .....	46
<b>LIBRO 4 LÓGICA .....</b>	<b>47</b>
4.0 Introducción:.....	48
4.1 Características Principales Problemas Intuitivos Transformativos .....	49
4.1.1 Tres Aspectos Básicos .....	49
4.2 Problemas Racionales e Irracionales .....	50
4.2.1 Los problemas racionales:.....	50
4.2.2 Problemas irracionales .....	52
4.2.3 Solución problemas irracionales: .....	53
4.2.4 Ejercicios:.....	54
4.2.5 Conceptos básicos para el análisis del espacio de posibilidades:.....	56
4.2.6 Relación del espacio de posibilidades con problemas reales: .....	56
4.2.7 Técnicas de exploración del espacio de posibilidades .....	57
4.2.7.1 El Brainstorming.....	57
4.2.8 Variaciones intencionales del tema.....	58
4.2.8.1 El Doodle .....	60
4.3 Experimentos – determinación de patrones lógicos mentales en tres grupos de análisis.61	
4.3.1 Experimento 01 fijación estructural.....	61
4.3.2 Experimento 02 Lógica deductiva-inductiva .....	64
4.3.2.1 Prueba 01 de pensamiento 2d/3d.....	64
4.3.2.2 Prueba 02 de fijación de orden espacial .....	65
4.3.2.3 Prueba 03 de fijación de límites .....	65
4.3.2.4 Prueba 04 de fijación funcional .....	65
4.3.2.5 Prueba 05 modo deductivo-intuitivo.....	66
4.4 Conclusiones .....	67
<b>LIBRO 5 ESPACIO DE POSIBILIDADES .....</b>	<b>69</b>
5.0 Introducción .....	70
5.1 Arquitectura y estética .....	71
5.1.1 Estética analítica.....	73
5.1.2 Teoría de la elasticidad, mecánica, estática .....	73

5.1.2.1 Estructura estática .....	77
5.1.2.2 Estrés mecánico .....	77
5.1.2.3 Cargas .....	77
5.1.2.4 Equilibrio estático (vertical) .....	77
5.1.2.5 Equilibrio estático (horizontal) .....	77
5.1.2.6 Tipos de esfuerzos.....	77
5.1.2.7 Tipos de estructuras.....	78
5.1.3 Teoría de la Arquitectura: .....	82
5.1.4 Teoría de la evolución de las especies .....	82
5.2 El aislamiento del tipo: .....	83
5.3 La estructura estética: .....	87
5.4 Genética, estética: .....	90
5.5 La Geometría Fractal .....	94
5.5.1 Elementos básicos:.....	96
5.5.2 La dimensión euclidiana – dimensión fractal .....	96
5.5.3 La dimensión fractal .....	97
5.5.4 “Organizing depth” .....	97
5.5.5. Simetría y autosemejanza .....	97
5.5.5.1 La curva de Von Koch.....	98
5.5.6 El tiempo:.....	99
5.5.7 Teoría de sistemas de función interactiva .....	100
5.6 Conclusiones:.....	102
<b>LIBRO 6 .....</b>	<b>103</b>
<b>EVOLUCIÓN-ESTRUCTURA ESTÉTICA .....</b>	<b>103</b>
6.0 Introducción .....	104
6.1 Arquitectura e Historia .....	105
6.2 Generación de la forma.....	106
6.3 Historia evolutiva de la forma .....	106
6.2.1 Período arcaico.....	107
6.2.2 Período Greco-Romano .....	113
6.2.3 Gótico.....	116
6.2.3.1 Variaciones en el Gótico: .....	125
6.2.4 Renacimiento .....	127
6.2.4.1 Variaciones en el Renacimiento:.....	127
6.2.5 Manierismo, Barroco .....	131
6.2.6 Modernismo .....	132
6.4 Conclusiones .....	133
<b>LIBRO 7 ESTUDIO DE CASOS: DE LA ANTIGÜEDAD AL RENACIMIENTO .....</b>	<b>134</b>
7.0 Introducción .....	135
7.1 Criterio de selección .....	136

7.2 PÆSTUM.....	138
7.2.1 Dimension Fractal Templo Apolo .....	141
7.3 EL PANTHEON (Santa María ad Martyres).....	147
7.3.1 Dimensión fractal Pantheon .....	152
7.4 REIMS .....	153
7.4.1 Dimensión fractal de Reims .....	155
7.5 Il tempietto di San Pietro (Bramante, 1502).....	158
7.5.1 Dimension fractal del Tempietto di San Pietro .....	161
<b>LIBRO 8 ESTUDIO DE CASOS: NUEVA ESPAÑA, NUEVA INGLATERRA .....</b>	<b>163</b>
8.0 Introducción .....	164
8.1 Occidente .....	165
8.1.1 Nueva Inglaterra en tiempos de la colonia .....	165
8.1.2 La Nueva España en tiempos de la colonia .....	166
8.2 Reseña histórica Antigua Guatemala .....	169
8.3 Antecedentes arquenéticos.....	170
8.4 Elementos de Análisis .....	172
8.5 El Templo Y Monasterio De San Francisco.....	176
8.5.1 Reseña Historica .....	176
8.5.2 Dimensión fractal templo de San Francisco.....	183
8.5.2.1 Fachada Templo.....	183
8.5.2.2 Fachada Templo, detalle .....	184
8.5.2.3 Fachada Templo, primer cuerpo.....	185
8.5.2.4 Campanario .....	186
8.5.2.5 San Buenaventura.....	187
8.6 Templo De La Merced .....	188
8.6.1 Dimension Fractal Templo De La Merced:.....	189
8.7 El Templo Y Convento De Santa Teresa .....	190
8.8 Conclusiones .....	198
<b>LIBRO 9 SIGLO XIX - XXI:.....</b>	<b>200</b>
9.1 Introducción.....	201
9.2 Siglo Xix Y Xx .....	201
Dimension Fractal, Ejemplos Contemporaneos .....	210
9.2.1 La Ferrari .....	210
9.2.2 Centro De Convenciones En Berlin.....	211
9.2.2 Musee D'Orsay (París).....	212
9.2.3 La Defense (París).....	213
9.2.4 Edificio Comercial En La Zona 9.....	214
9.2.5 Antiguo Edificio Del Banco Empresarial .....	215
9.2.6 Sede Central Sat .....	217
9.2.7 Condominio Bella Vista, Zona 13, ciudad de Guatemala .....	218

9.2.8 Catedral Metropolitana de Guatemala.....	219
9.3 Resultados Del Análisis Fractal .....	221
9.4 Generalizacion Inductiva .....	224
9.5 Conclusiones: .....	227
<b>LIBRO 10 Conclusiones .....</b>	<b>228</b>
10.1 Introducción: Los Principios Y Leyes De La Esteática .....	229
10.2 La Esteática Y Los Métodos De Diseño .....	230
10.3 El Pensamiento Arquitectonico - Tipos.....	231
10.4 El Modelo De La Esteática.....	232
10.5 El arquene recesivo en la arquitectura guatemalteca: .....	233
10.6 Principios y leyes de la esteática.....	240
10.6.1 Leyes: .....	240
10.6.2 Principios.....	241
10.6.2.1 Principio de precedencia: .....	241
10.6.2.2 Principio de Punto Crítico de Abstracción-Complejidad .....	242
10.6.2.3 Principio de aislamiento-difusión:.....	242
10.6.2.4 Principio de características superfluas o del gene recesivo .....	242
10.6.2.5 Principio de la precedencia del módulo estructural .....	242
10.6.2.6 Principio de la estructura estética .....	243
10.6.2.7 Principio del hábitat.....	243
10.7 Esteática, Aplicaciones Prácticas .....	243
10.7.1 Modelo Computacional Esteático .....	244
10.7.1.1 AUTOCAD.....	244
10.7.1.1 Fractal Explorer .....	246
10.7.1.3 Flash Mx .....	247
10.7 Reflexiones Finales .....	248
Glosario: .....	250
Bibliografía: .....	251
Solución a los ejercicios: .....	253

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 En la imagen de la página anterior, de esta calle en San Francisco, E.U.A. el horizonte ha sido girado, se muestra acá con la inclinación real.</i> .....	14
<i>Ilustración 2 Diferentes visiones del fenómeno arquitectónico, elaboración propia.</i> .....	16
<i>Ilustración 3 Esquema metodológico divergente - convergente, elaboración propia.</i> .....	23
<i>Ilustración 4 La Escuela de Atenas, Stanza di Raffaello, Vaticano, Roma, elaboración propia.</i> .....	25
<i>Ilustración 5 Sócrates, copia romana, siglo III d.c., Museos Vaticanos, elaboración propia.</i> .....	26

<i>Ilustración 6 Estado estable en un espacio múltiple o manifold</i>	34
<i>Ilustración 7 Modelo clásico, estructura vertical lineal, elaboración propia</i>	37
<i>Ilustración 8 Modelo básico, elaboración propia</i>	37
<i>Ilustración 9 Modelo de French</i>	38
<i>Ilustración 10 a la izquierda, Modelo de Pahl y Beitz, a la derecha, Modelo de Archer.</i>	41
<i>Ilustración 11 Modelo VDI 2221.</i>	42
<i>Ilustración 12 Modelo de March.</i>	43
<i>Ilustración 13 De arriba abajo, la Dra. Taimina y sus figuras de espacio hiperbólico</i>	44
<i>Ilustración 14 Esquema de cálculo de curvas hiperbólicas y su representación en el espacio.</i>	45
<i>Ilustración 15 Página anterior, "Guernica", de Picasso</i>	48
<i>Ilustración 16 Hieronimus Bosch, Estudio para el jardín de las Delicias</i>	57
<i>Ilustración 17 Pablo Picasso, estudio para el "Guernica".</i>	59
<i>Ilustración 18 El Doodle</i>	60
<i>Ilustración 19 Hospital en Mauritania, Africa</i>	61
<i>Ilustración 20 Incremento del peralte de arcos</i>	79
<i>Ilustración 21 Mecanismos de falla de sistemas de arcos</i>	80
<i>Ilustración 22 Desarrollo de rótulas y articulaciones</i>	81
<i>Ilustración 23 Biogeografía de la distribución de un anfibio en América</i>	82
<i>Ilustración 24 A la derecha, forma diversa, franjas, aletas, sin embargo todos pertenecen a la misma familia: peces.</i>	86
<i>Ilustración 25 Curva de Von Koch</i>	98
<i>Ilustración 26 A la derecha, cálculo de la dimensión fractal.</i>	100
<i>Ilustración 27 Atractor</i>	101
<i>Ilustración 28 Construcciones circulares y falsa cúpula, a la derecha, planta del palacio de Ctesifon. .</i>	108
<i>Ilustración 29 Derecha Reconstrucción de capitel zoomorfo, Museo del Louvre, elaboración propia.</i>	108
<i>Ilustración 30 Entrada a una tumba etrusca, Cerveteri, Italia, elaboración propia.</i>	109
<i>Ilustración 31 Arriba, a la derecha, diversas configuraciones de bóvedas en el área maya, según Sharer, abajo, a la derecha, bóveda salediza en el sitio arqueológico de Yaxhá, Petén, Guatemala, elaboración propia.</i>	109
<i>Ilustración 32 Arriba, pirámides de Gizah, Egipto, abajo, "sandpile" de un sistema de autoorganización de puntos críticos.</i>	110
<i>Ilustración 33 Arriba Componentes de un edificio maya, elaboración propia.</i>	111
<i>Ilustración 34 A la derecha, esquema de formación de pequeñas avalanchas en un sistema de autoorganización de puntos críticos.</i>	111
<i>Ilustración 35 Principales ciudades mayas.</i>	112
<i>Ilustración 36 A la derecha, esquema de evolución histórica de la bóveda.</i>	113
<i>Ilustración 37 Arco de Trajano y esquema de pedestal compuesto según Vignola.</i>	114
<i>Ilustración 38 Plano de la "Villa Adriana"</i>	115
<i>Ilustración 39 Distribución arquenética: Los puntos negros indican iglesias y catedrales góticas en el área de Paris y alrededores existentes hacia el año de 1740.</i>	117
<i>Ilustración 40 Países del Mediterráneo en la época de la primera cruzada.</i>	118
<i>Ilustración 41 Países del Mediterráneo en la época de la cuarta cruzada.</i>	118
<i>Ilustración 42 Planta de Saint Sernin y Notre Dame de Amiens.</i>	123
<i>Ilustración 43 Planta del ábside de un proyecto de Willars de Honecirt.</i>	124

<i>Ilustración 44 Esquema de elementos estructurales y geométricos en el Gótico.</i>	125
<i>Ilustración 45 Planta de Saint Denis, obsérvese la sobreposición de una planta Gótica sobre una Románica.</i>	126
<i>Ilustración 46 La "Ventana de Leonardo" según Brook Taylor. Vista del interior del hospital de los Inocentes en Florencia.</i>	127
<i>Ilustración 47 Pantheon de Agripa, por Piranesi. Dos objetos no corresponden a la estructura estética original ¿cuáles son?</i>	134
<i>Ilustración 48 Pantheon de Agripa, por Piranesi, los campanarios son un agregado de Borromini, los cuales fueron demolidos posteriormente.</i>	135
<i>Ilustración 49 "Cárceles imaginarias", por Piranesi.</i>	137
<i>Ilustración 50 Isométrico, Planta y elevación del templo de Apolo, en Paestum, elaboración propia.</i>	144
<i>Ilustración 51 Variaciones en Paestum, elaboración propia.</i>	146
<i>Ilustración 52 Placa de referencia del Pantheon, elaboración propia.</i>	147
<i>Ilustración 53 Derecha, Tumba Octagonal en Capua, abajo, Villa Adriana.</i>	149
<i>Ilustración 54 Planta de la catedral de Reims.</i>	153
<i>Ilustración 55 Arriba y a la derecha, Capilla Absidal, Reims, nótese la planta de tipo circular, así como los contrafuertes radiales.</i>	154
<i>Ilustración 56 Reims, relación de las partes al todo (dimensión fractal).</i>	156
<i>Ilustración 57 Catedral de Colonia, relación de las partes al todo.</i>	157
<i>Ilustración 58 Planta y Sección del Tempietto di San Pietro.</i>	160
<i>Ilustración 59 Monasterio de Saint Gall, en un pergamino del siglo XIII, Suiza.</i>	163
<i>Ilustración 60 Pergamino de Saint- Gall</i>	164
<i>Ilustración 61 Arriba, a la derecha, regiones de influencia Europea-oriental y soviética, abajo, región de influencia europeo Occidental, según Georg Westerman.</i>	165
<i>Ilustración 62 Arriba, a la derecha, página de A book of Architecture, de Gibbs, abajo, iglesia episcopal norteamericana.</i>	167
<i>Ilustración 63 Planta y detalle de la catedral de Ciudad Rodrigo, Salamanca, 1165.</i>	170
<i>Ilustración 64 Imágenes a la derecha, arriba, Iglesia de San Pedro Las Huertas, abajo, Ermita de la Santa Cruz, elaboración propia.</i>	171
<i>Ilustración 65 Arriba, detalle de arranque de arco, según Fray Lorenzo de San Nicolas, Arte y uso de la Arquitectura, abajo, Templo de San Francisco, fachada.</i>	172
<i>Ilustración 66 Comparación del monasterio de San Francisco y Saint Gall.</i>	177
<i>Ilustración 67 Comparación del monasterio de San Francisco y Cluny.</i>	178
<i>Ilustración 68 Esquema del templo de San Francisco, Antigua Guatemala, elaboración propia.</i>	179
<i>Ilustración 69 Comportamiento estructural y elementos resistentes, templo de San Francisco, elaboración propia.</i>	180
<i>Ilustración 70 Modificación del esquema estructural templo de San Francisco, Antigua, elaboración propia.</i>	181
<i>Ilustración 71 Estructura estática y módulo estructural, templo de San Francisco, Antigua Guatemala, elaboración propia.</i>	182
<i>Ilustración 72 Comparación Planta del templo de la Merced (1767), con la planta de la catedral de Ciudad Rodrigo, Salamanca (1165), obsérvese la ubicación de apoyos, forma y proporción general de la planta.</i>	188
<i>Ilustración 73 Templo de Santa Teresa, elaboración propia</i>	190
<i>Ilustración 74 Planta y elevación del templo de Santa Teresa.</i>	191
<i>Ilustración 75 Esquema estructural básico del templo de Santa Teresa, elaboración propia.</i>	192

<i>Ilustración 76 Isométrico Templo de Santa Teresa, elaboración propia.</i>	193
<i>Ilustración 77 Vista superior, templo de Santa Teresa, elaboración propia.</i>	194
<i>Ilustración 78 Vista inferior, templo de Santa Teresa, elaboración propia.</i>	195
<i>Ilustración 79 De arriba abajo, Iglesia de San Francisco (Lima, 1673), catedral ciudad Rodrigo (Salamanca, 1165), Duomo de Siracusa (Sicilia, 1765)</i>	196
<i>Ilustración 80 Especiación de iglesias "sísmicas".</i>	197
<i>Ilustración 81 Musee D'Orsay, elaboración propia.</i>	200
<i>Ilustración 82 Diseño similar en diversos objetos producidos por el hombre.</i>	202
<i>Ilustración 83 Estadio Flaminio</i>	206
<i>Ilustración 84 Voladizo del estadio Flaminio, Roma, a la derecha, proceso de montaje.</i>	207
<i>Ilustración 85 Plantas y alzado del voladizo del estadio Flaminio, Roma.</i>	207
<i>Ilustración 86 Variación de sección en voladizo estadio Flaminio, a la derecha, vista general.</i>	208
<i>Ilustración 87 Esquema compositivo de la cubierta del estadio Flaminio, Roma.</i>	208
<i>Ilustración 88 Aletas dorsales de distintos animales, a) Celacanto (Forey, 1998), b) Porolepiforme (Ahlberg, 1989), c) Pez pulmón (Jarvik, 1980)</i>	228
<i>Ilustración 89 Planta noble</i>	238
<i>Ilustración 90 Arcos "pintados"</i>	238
<i>Ilustración 91 Arco dentro de ventanería en Bahía</i>	239
<i>Ilustración 92 Arco dentro de vano rectilíneo</i>	239
<i>Ilustración 93 Imágenes generadas con Fractal Explorer</i>	246
<i>Ilustración 94 Gráfico de momento de inercia (I) - módulo de sección (Z) en proceso de interpolación lineal (arriba) y no lineal (abajo)</i>	247

## Introducción

**E**l ejercicio del diseño arquitectónico plantea a menudo, múltiples interrogantes: ¿Qué es la arquitectura?, ¿Es arte?, ¿Es ciencia?, ¿El arquitecto es un artista?, ¿Qué relación tiene la estructura con las características estéticas?

La respuesta a estas interrogantes ha estado, a menudo, favorecida por partidarios de una u otra postura, inclinándose sea hacia la arquitectura como “arte mayor”, o hacia una visión analítica de la misma.

Estas posturas, válidas desde la óptica de sus partidarios, han sido consecuencia del tipo de pensamiento predominante en el mundo occidental, de tipo lineal, secuencial, y sobre todo, inclinado hacia la lógica de tipo deductivo.

Si bien el pensamiento deductivo – cuyos orígenes se remontan a Sócrates - es una poderosa herramienta de análisis, tiene la particularidad de ser secuencial, un paso a la vez, su énfasis no es la creatividad. He aquí una paradoja, ya que la creatividad es una característica deseada en los problemas no sólo de diseño arquitectónico, sino de diseño en general.

El pensamiento deductivo, válido como es, necesita de datos, parámetros, para resolver un problema, sin embargo, cuando debemos, como en el caso del diseño, primero plantear la pregunta justa, es decir, primero plantear el problema, el campo de acción se convierte en un espacio de posibilidades infinitas, cuya reducción es mas propia de otro tipo de pensamiento, de tipo paralelo, en el cual las ideas y conceptos no se encadenan de forma lineal, sino en forma paralela, agrupando ideas de diversos campos paralela y simultáneamente, con una lógica no de tipo deductivo, sino de tipo intuitivo. Esta lógica tiene un mayor énfasis en la creatividad, en la búsqueda, en la exploración en un “espacio de posibilidades”.

Este ensayo parte de la necesidad de aplicar estos nuevos tipos de pensamiento al ejercicio del diseño, dado que, como un síntoma recurrente, la arquitectura se ha quedado atrás en el plano teórico, corriendo el riesgo de ser sobrepasada por la técnica.

Surgen así nuevas corrientes y enfoques, nuevos estímulos a la creatividad, uno de los cuales se presenta a continuación, un esfuerzo de integración de la estética, como rama de la filosofía que estudia los fenómenos de la percepción y las sensaciones, y la estática, como rama de la física que en el mejor sentido aristotélico, ejemplifica el esfuerzo del hombre por conocer el mundo.

La propuesta presentada acá busca plantear un modelo teórico que explique el fenómeno de la evolución de la relación estética-estática, considerando que la historia de la arquitectura es también una historia de la evolución de las teorías de la estática y de la estética, donde cada innovación formal de la arquitectura va acompañada de una evolución paralela de la teoría.

El estudio se ha dividido en tres grandes secciones, la primera, que aporta las bases lógicas para la construcción del modelo (**la regla**), que incluye los antecedentes, teoría del pensamiento, teoría de modelos y lógica.

Estas bases, siguiendo el pensamiento paralelo, no tienen una relación de causa efecto entre ellas, más bien, se colocan una a la par de las otras, son de tipo operativo o utilitario, y su fin es realimentar y descubrir los elementos para la siguiente fase del estudio, abordar el espacio de posibilidades de la relación estática-estética.

Esta relación, como veremos se plantea de tipo histórico, es decir, cada elemento no se considera de forma aislada, sino en conjunto con su especie o grupo de elementos que comparten características similares - arquenéticas - , vale decir, poseedoras de características *heredadas* de obras anteriores, en un ámbito geográfico determinado.

Tales características arquenéticas pueden trazarse por medio de "hitos" en la historia de la arquitectura, obteniéndose un mapa arquenético (mapa genético) de la arquitectura, en forma similar al DNA de los organismos vivos.

El modelo, así conformado, pretende explicar la arquitectura, es decir, como veremos, es un modelo de tipo cognitivo y evolutivo. Las características buscadas, tendrán, necesariamente, que ser las más generales, siempre dentro del pensamiento paralelo, se busca ver la totalidad frente a la parte. Así, en lugar de la tipología estructural tradicional, las estructuras serán solamente de dos tipos: determinadas e indeterminadas, en lugar de los estilos arquitectónicos como *medida* de la belleza no habrá más que estructuras complejas o

sencillas, medidas por su dimensión fractal. Las obras no serán aisladas, estando presente la idea de la difusión, del ancestro y el descendiente.

Estas relaciones permiten construir un modelo que explica los fenómenos, sin embargo, subyace también la crítica hacia los modelos tradicionales tanto de la concepción del espacio euclidiano, como de los instrumentos utilizados para medirlo. De esta forma, en la concepción fractal del espacio es importante también la "escala" de observación, en otras palabras, la complejidad o sencillez de un elemento variará según nos acerquemos o alejemos del mismo. Al acercarnos a determinado elemento, veremos que es modificado según las circunstancias presentes, según el contexto, mas no a nivel general, sino a nivel específico.

En de este orden de ideas, a escala reducida, siguen siendo validas la tipología estructural clásica, los estilos arquitectónicos, las obras "únicas", la iconografía, de la misma forma que la teoría general de la relatividad explica los fenómenos de la física para velocidades cercanas a la de la luz (donde el tiempo es variable), sin contrariar las leyes de Newton, las cuales permanecen invariables a una escala mas pequeña, en velocidades pequeñas, en el mundo en que vivimos. (Donde el tiempo es constante).

La sección final está dedicada al estudio de casos (**el caso**), es decir, la comprobación experimental del modelo, como el ámbito geográfico es importante en los estudios arquetípicos, el estudio de casos, inicia con el hemisferio occidental, para luego irse reduciendo hacia el área central de Guatemala.

Finalmente, dado que el tipo de pensamiento no es de tipo secuencial, lineal, sino paralelo y dinámico, se ha diseñado el formato de tesis dejando una sección principal de texto, manteniendo al margen, imágenes y comentarios relacionados, los cuales, en ocasiones, aportan *resultados inesperados*, tales como las diferencias en el tipo de pensamiento de hombres y mujeres, frente al diseño, y también, la formulación de una lectura de la arquitectura que intente explicarla.

La propuesta acá no es la única teoría sobre la arquitectura. Thomas Kuhn, sin embargo, nos advertía sobre las características de las épocas de crisis, en las cuales, diversas teorías compiten por explicar el fenómeno arquitectónico. La crisis esta motivada por la incapacidad del modelo precedente – los paradigmas de Kuhn -para explicar dicho fenómeno. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos modelos teóricos que se adapten al mundo cambiante.



## LIBRO 1 EL PROBLEMA

---

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA  
DELIMITACIÓN DEL TEMA  
JUSTIFICACIÓN  
CRITERIOS, OBJETIVOS, HIPÓTESIS

## 1.1 Planteamiento del problema

Este ensayo ha iniciado planteando preguntas, las cuales han dividido la opinión de los arquitectos. ¿Es arte la arquitectura?, ¿El arquitecto es artista?, ¿Privan las características estéticas en la forma? ¿O lo es la estructura soportante?, ¿Qué relación hay entre tales características?

Una postura es dejar de lado las estructuras como tales, pensando que los arquitectos no deben preocuparse por las mismas, *y que no es parte del proceso de diseño*, un caso curioso es el de Frank Lloyd Wright, quien no tuvo una formación como arquitecto, y a quien no negamos el genio creador, sin embargo, en su famosa "Casa de la cascada", sin hacer cálculos de ningún tipo, indicó qué acero debía colocarse a los majestuosos voladizos. Su genio no admitía crítica alguna, por lo que sus subalternos, secretamente, duplicaron el área de acero. Años más tarde, la vivienda fue objeto de restauración, debido a que los voladizos se estaban cayendo...<sup>1</sup>

En el otro extremo, la pretensión modernista de pureza, reflejada en el correcto uso de los materiales, según sus propiedades resistentes, el material, ahora, debía denotar su naturaleza estructural, sin embargo, nuevamente, citamos un caso curioso. El edificio Seagram, de Mies Van der Rohe, epítome del pensamiento modernista y del rascacielos, fue diseñado –y calculado– con columnas de metal, las cuales Mies deseaba mostrar en la fachada del edificio, un tributo a la eficiencia en el uso del material. Sin embargo, durante la edificación, hubo un cambio en el código de construcción de Nueva York, que obligaba a forrar las columnas de metal con concreto, como una protección contra incendios<sup>2</sup>. Después

**Ilustración 1 En la imagen de la página anterior, de esta calle en San Francisco, E.U.A. el horizonte ha sido girado, se muestra acá con la inclinación real.<sup>3</sup>**



Página anterior: Puertas, ventanas, muros, todo parece normal, la estructura estética sería familiar si no fuera por un sencillo elemento, no corresponde a la imagen tradicional de conducción de cargas verticales. El estudio de estas estructuras muestra la íntima relación de las características estéticas y estáticas.

<sup>1</sup> "The architect was at best, indifferent about engineering [...] in the 1990 s, engineers declared that the building was about to fall into the creek" Great Buildings of the world, Time Magazine, New York, 2004, p. 83.

<sup>2</sup> "When Safety codes mandated that the building's structural steel girders be encased in concrete, Mies designed a second set of steel members to hang outside them, thus "revealing" the structural forms within [...]" Great Buildings of the world, Time Magazine, New York, 2004, p. 152

<sup>3</sup> Fuente: www.static.twoday.net accesado en línea, diciembre 25, 2006.

de bravatas, Mies accedió a forrar sus columnas, pero adosó a las mismas un nuevo esqueleto de metal –pura ornamentación - para que se vieran las columnas metálicas en el exterior ¿Es esto lógico?

Esta dicotomía ya fue planteada por José Francisco Terán, arquitecto nicaragüense:

*“la cuestión consiste en si el edificio se debe diseñar para satisfacer las necesidades funcionales, sociales y **estéticas** y luego garantizar su seguridad estructural, o si bien, en áreas sísmicas como Managua, los problemas especiales de **estabilidad** (equilibrio) e integridad del conjunto condicionarán el proceso de diseño por el cual se deciden los elementos de forma, como masa, simetría, modulación, etc.”<sup>4</sup>*

### 1.1.1 Síntesis Histórica

Históricamente, el arquitecto renacentista, perpetuado en los “Tratados de arquitectura”, fue un geómetra, ingeniero, un artista. Sin embargo, el pensamiento occidental fue subdividiendo el conocimiento, separándolo entre la doxa y la episteme griega, al primero correspondería el mundo de las ideas, los pensamientos, al otro el mundo de la razón.

A fines del siglo XIX, el arquitecto-artista, se vio envuelto en una crisis, impulsada por cambios políticos, tecnológicos, económicos y sociales, la práctica arquitectónica dio un brusco cambio de lo que había sido en los últimos veinte siglos.

Con la revolución industrial fue posible la producción en masa de diversos objetos de consumo, entre ellos, la arquitectura o elementos de ésta, como columnas, vigas, o ventanerías, algo impensable en los siglos dominados por los oficios.

Ahora era posible también reproducir con fidelidad cualquier estilo del pasado, alimentado por el caudal de conocimientos surgido de las excavaciones arqueológicas, en boga en dicho siglo.

Si era posible reproducir cualquier estilo, y en cualquier cantidad, ¿Cuál era la función del arquitecto, más que ser un seleccionador de **estilos**?

Si a esto sumamos la poca atención dada a las estructuras, es fácil explicarse el porqué la “Nueva Arquitectura”, no de tipo histórico, no provino de los estudios de arquitectura, sino de la ingeniería. El ingeniero, libre de las trabas estilísticas, conocedor de las propiedades de los nuevos materiales, aplicó los mismos sin reservas.

Tuvieron que pasar un par de decenios hasta que con la Bauhaus, los arquitectos comenzaron a pensar en las estructuras, en la producción en masa, en la pureza de líneas, y,

---

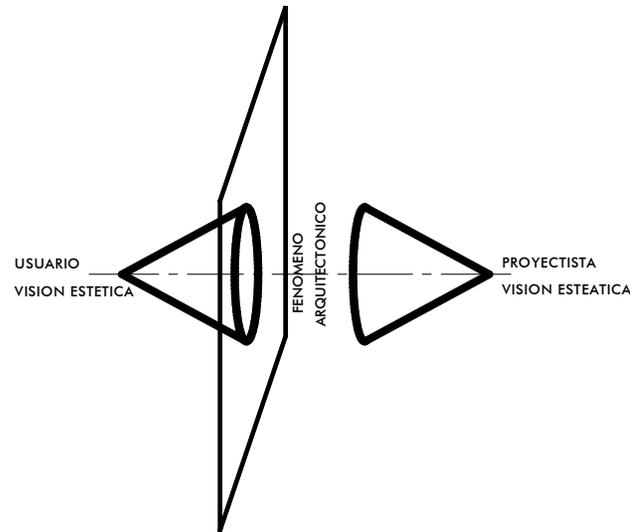
<sup>4</sup> Arnold, Christopher, y Robert Reitehrman, Configuración y diseño sísmico de edificios, Noriega Editores, México, 1994, p. 18

adicionalmente, integraron nuevamente los oficios a la arquitectura. Aunque su fin no fue abolir la ornamentación, la tendencia dominante de la Bauhaus, de Mies Van der Rohe, se convirtió en un arquetipo repetido hasta el cansancio, el edificio vertical acristalado.

Empero, la estructura, por sí sola no provee un hecho arquitectónico, prueba de ello es que existen incluso "estructuras escultóricas", esto es, obras de arte, cuyo fin no es ser habitadas.

### 1.1.2 Estética Estructural

En estructuras, el objetivo del análisis estructural es asegurar que la estructura o sus elementos, mantengan un equilibrio de fuerzas, es decir, fundamentado en la **Estática** y esta a su vez en las leyes de Newton, por otro lado, la experiencia sensible, el efecto que provoca en nosotros determinado ambiente *o su estructura*, puede ser analizado por la **Estética**, el planteamiento acá resulta de la relación entre ambas disciplinas, consideradas de forma



**Ilustración 2 Diferentes visiones del fenómeno arquitectónico, elaboración propia.**

paralela, por lo que acuñamos un nuevo término, **la Esteática**, la cual es un planteamiento de tipo evolutivo que retoma las características derivadas de la responsabilidad de la estructura soportante de mantener un equilibrio estático, a través de su forma, es decir, de su capacidad resistente, con las características estéticas, que también influyen en la forma, en otras

palabras, el punto de unión es precisamente la forma de los elementos, variando el grado de influencia de una u otra, pero consideradas de forma paralela.

## **1.2 Delimitación del tema**

### **1.2.1 Delimitación Espacial**

El tema escogido aborda de manera general el desarrollo de los estilos y teorías estéticas en el hemisferio occidental, para luego reducirse al área central de Guatemala.

### **1.2.2 Delimitación temporal**

Como marco de referencia temporal, los períodos en los que se ha dividido el análisis esteático son uno a nivel general y uno a nivel específico:

Como marco de referencia general se analizará el desarrollo de los sistemas estructurales en occidente, herederos de la cultura griega y romana. Estos sistemas se mantuvieron inalterados por siglos, con algunas innovaciones, como el gótico. Sin embargo, los principales cambios surgieron a raíz de la revolución industrial, desarrollo que sigue hoy día.

Como marco específico, se analizarán tres períodos: El contexto en el período del traslado de la ciudad de Guatemala a raíz del terremoto de 1773 hacia la nueva Guatemala de La Asunción, el contexto en el período de los terremotos de 1917-18, y el contexto en el terremoto de 1976.

### **1.2.3 Delimitación del enfoque teórico**

El modelo teórico se alimenta de varias teorías previas, no obstante, el enfoque es innovador, sirviendo las otras teorías para objetivos específicos:

A nivel de investigación operativa:

1- La teoría de la evolución de las especies, presentada por Charles Darwin, en el ámbito de los seres vivos, sirve como marco de referencia, haciendo la analogía entre la arquitectura, y los organismos vivos, no como uno, sino como especies, con características que son susceptibles de ser transmitidas, heredadas, como también pueden sobrevivir o medrar y

extinguirse. Las características de esta teoría y su relación con la arquitectura se abordaran en los libros 5 y 6.

2- La geometría fractal aporta las herramientas necesarias para "medir" la belleza de una obra en términos numéricos, bajo la condición de ser, un planteamiento de tipo visual, dentro de dicha rama de la teoría de la estética. Aunque dentro de los fines del presente estudio no se encuentra demostrar la validez de la geometría fractal, sus principios y elementos son esbozados en el libro 5.

A nivel de investigación filosófica:

En el caso de las teorías del pensamiento que se desarrollarán más adelante, tienen como fin explicar un fenómeno, partiendo de una concepción intuitiva del mismo, la cual, como veremos en el libro 4, dedicado a la lógica, difiere de la forma tradicional tanto de la enseñanza de la arquitectura, como de las tendencias de pensamiento del estudiante promedio de esta casa de estudios.

### **1.3 Justificación**

La forma ha sido un tema central desde los inicios de la arquitectura, sin embargo, la tendencia en el mundo occidental ha sido la generación de espacios basados en la geometría euclidiana, básicamente, matrices de líneas y puntos, generalmente ortogonales, que reflejan un tipo de pensamiento de tipo deductivo.

Este tipo de pensamiento, y tal tipo de geometría siguen siendo válidos, habiendo producido gran parte de la arquitectura del mundo occidental, sin embargo, las tendencias más recientes, exploran otros tipos de geometría, de tipo fractal, la cual hace de la geometría euclidiana un caso particular. De esta forma, la geometría fractal presenta nuevas posibilidades no sólo en el campo del diseño, sino del análisis de la arquitectura, particularmente, en el campo de la estética y de la estática.

### **1.4 Criterios**

#### **1.4.1 Criterio de relevancia**

##### **1.4.1.1 Relevancia Científica**

El ensayo de síntesis arquitectónica es interesante ya que plantea una nueva forma de pensamiento, aplicada al fenómeno arquitectónico. Esta nueva forma de pensamiento, pretende acoplarse a la tendencia actual, superando el pensamiento de tipo lineal, que ha

predominado en las culturas occidentales, y propiciando una nueva **lectura** de la arquitectura guatemalteca que sustente los nuevos desarrollos técnicos.

#### **1.4.2 Criterio de Interés personal**

Los nuevos recursos, ahora al alcance, permiten explorar posibilidades formales antes inimaginables o de difícil realización, La búsqueda de estas formas en la satisfacción de necesidades humanas de espacio, debe ser un objetivo primordial de los arquitectos, para no repetir la historia del siglo XIX, en la que otros profesionales tomaron la batuta en el desarrollo de la arquitectura.

#### **1.4.3 Criterio de originalidad**

En el campo de la arquitectura ha sido descuidada la interpretación y la explicación de la relación entre la estructura arquitectónica y los valores formales de la misma, sobre todo, a partir del siglo XIX. Para ser acorde con el desarrollo tecnológico, se necesita de modelos teóricos que establezcan las reglas, leyes y relaciones del nuevo escenario del diseño y la docencia, para no caer en el vacío tecnológico.

#### **1.4.4 Criterio de viabilidad**

El criterio de viabilidad busca evaluar recursos tanto humanos como temporales para la realización del estudio, se estima el tiempo de realización de 4 trimestres:

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Generales**

- 1.- Analizar la forma de pensamiento paralelo frente a otras formas de pensamiento.
- 2.- Analizar la lógica de tipo deductivo e intuitivo.

#### **1.5.2 Específicos**

- 1.- Desarrollar un modelo esteático de la arquitectura cuyos fundamentos se encuentran en la teoría de la evolución.
- 2.- Analizar la evolución de la relación estructura-estética en la generación de la forma

3.- Hacer una lectura de la arquitectura que descubra la **estructura estética** de la arquitectura guatemalteca.

## **1.6 Planteamiento de hipótesis**

Para el planteamiento de las hipótesis se tomaron en cuenta el fenómeno a observar, así como variables dependientes e independientes.

### **1.6.2 Premisas**

Principal: La estructura estática de una obra arquitectónica guarda una estrecha relación con la estructura estética, siendo esta relación polivalente, en ocasiones la estructura estética determina la estructura estática, mientras que en otras, es la estructura estática la que determina la estructura estética.

Secundarias:

- El pensamiento que ha predominado en occidente, de tipo lineal, analítico y deductivo, no corresponde al pensamiento actual, de tipo múltiple y naturaleza reductiva.
- La relación entre la estructura estética y la estructura estática, vista por el arquitecto, se considera de forma simultánea o paralela, a esto se le llama visión esteática.
- La historia de la arquitectura es también una historia de la evolución de la teoría de la estática, cada innovación formal de la arquitectura va acompañada de una evolución paralela de la teoría de la estática.
- La época actual es una época de crisis, en la cual diversas teorías compiten por explicar el fenómeno arquitectónico. Esta crisis está motivada por la incapacidad del modelo precedente para explicar dicho fenómeno. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos modelos teóricos que se adapten al mundo cambiante.

Proposiciones lógicas

- Las figuras novedosas parten del desarrollo de nuevos modelos estáticos o estéticos.
- El modelo responde a la estructura estética de un pueblo y al grado de avance de la estática.
- El paralelismo entre estética y estática determina la forma.
- Es Pensamiento paralelo

- Debe desarrollarse un modelo basado en pensamiento paralelo, con enfoque **esteático**

En base a las premisas y las proposiciones lógicas, puede construirse un modelo de pensamiento de tipo reductivo, es decir que profundice hacia la explicación de los fenómenos.

### 1.6.3 Marco lógico

Por reducción:

Si

A

Las figuras novedosas parten del desarrollo de nuevos modelos estéticos o estáticos

Entonces

B

El modelo responde a la *estructura estética* de un pueblo y al grado de avance de la *estática*

B

Es así que:

El paralelismo entre *estética* y *estática* determina la forma

Es un caso de:

Pensamiento paralelo

Luego:

A

Debe desarrollarse un modelo basado en pensamiento paralelo, con enfoque esteático

La Reducción es una argumentación que parte de consecuencias y busca razones, visto así entonces tiene los siguientes pasos: Se establece un enunciado implicativo

Si A, entonces B

se afirma su consecuente

Es así que B

se concluye con su antecedente

Por lo tanto A

La reducción puede clasificarse en:

**Reducción Inductiva**, se da cuando el antecedente es una generalización del consecuente, como sucede en las ciencias naturales.

**Reducción no inductiva**, ésta ocurre cuando el antecedente no es una generalización del consecuente, como ocurre en las ciencias históricas.

## 16.4 Hipótesis

En base a las premisas esbozadas en un marco lógico de pensamiento paralelo en modo reductivo, puede arribarse a la siguiente hipótesis:

Las figuras novedosas parten del desarrollo de nuevos modelos de pensamiento que responden a la estructura estética de un pueblo y al grado de avance de la estática, consideradas de forma paralela o esteática.

## 1.7 Definición de términos

### Estática vrs Estética

#### 1.7.1 Estética

Aspectos **externos**, visuales, sensibles.

Propiedades físicas dependientes del material, como el color, olor, proporciones, formas, texturas.

Propiedades inherentes al medio ambiente, aire, luz, sombra.

#### 1.7.2 Estática

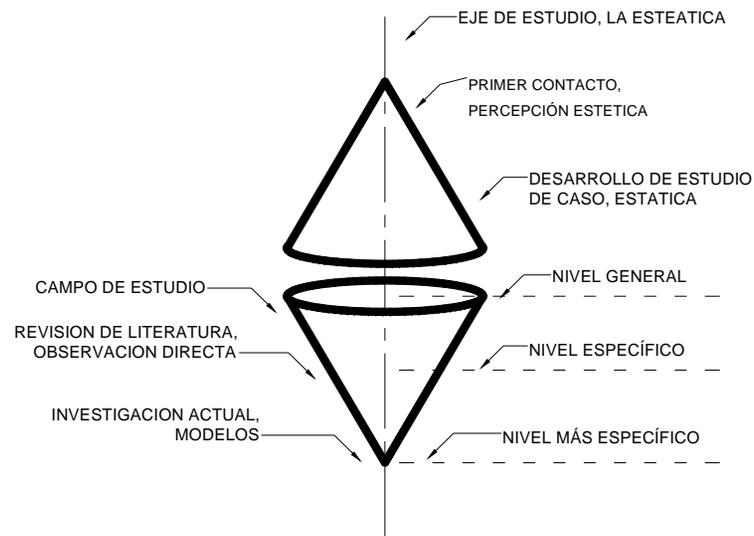
Aspectos **internos**

Propiedades inherentes a la composición de los materiales, la forma de transmisión de esfuerzos, tipos de éstos (tensión, compresión), módulo de sección (depende del material, del esfuerzo y de la carga)

Propiedades de la sección, centroide, momento de inercia, los cuales no dependen del material, sino de la **forma**.

### 1.8 Metodología

El método propuesto, siguiendo el pensamiento paralelo, es al principio de tipo divergente, al final de esta etapa se alcanza una franja media, luego de la cual, se torna convergente. La convergencia final es un modelo teórico de la arquitectura



**Ilustración 3 Esquema metodológico divergente - convergente, elaboración propia.**



## LIBRO 2 PENSAMIENTO

---

PENSAMIENTO OCCIDENTAL VRS PENSAMIENTO PARALELO

PENSAMIENTO SOCRATICO  
PENSAMIENTO PLATONICO  
PENSAMIENTO PARALELO

## 2.0 Introducción: El Pensamiento Occidental

El pensamiento occidental tiene sus orígenes en los antiguos pensadores griegos, Sócrates, Platón, y Aristóteles – el así llamado grupo de los tres -, cuyo pensamiento ha influido fuertemente en Europa y América. Recordemos que sólo el pensamiento de Aristóteles se mantuvo indiscutido por más de 14 siglos, no siendo sino hasta el Renacimiento que algunas de sus ideas comenzaron a ser cuestionadas, en temas tan inconspicuos para nosotros como la fuerza de gravedad o la composición del átomo.

Lo anterior no le resta mérito a los filósofos griegos, pero nos sirve de marco de referencia para contrastar un tipo de pensamiento basado en el análisis, y otro basado en las **posibilidades** paralelas.

En este libro se hará un breve repaso de las escuelas de pensamiento como paso preliminar para, en el siguiente libro, abordar los modelos utilizados específicamente en el campo del diseño.

En la página precedente, "La escuela de Atenas", de Raffaello Sanzio, condensa el pensamiento renacentista, además de los filósofos, al centro, se encuentran presentes artistas y hombres de ciencia, como Tolomeo, en el extremo inferior derecho, dando una lección.

### 2.1 Orígenes:

Tradicionalmente, el diseño ha sido abordado con gran énfasis en el pensamiento socrático, *de tipo analítico*. El desarrollo de la arquitectura occidental, de forma análoga al desarrollo del pensamiento, también se ha caracterizado por una fuerte influencia – a nivel de pensamiento – de la escuela griega primero y romana después.

Los diversos estilos que han caracterizado los XXIV siglos transcurridos desde Sócrates, hasta nosotros, han visto un auge y declinación de diversos elementos, manteniéndose, sin embargo, algunas constantes, tales como los órdenes clásicos, ya que a pesar de la prevalencia de unos u otros, han estado siempre presentes.

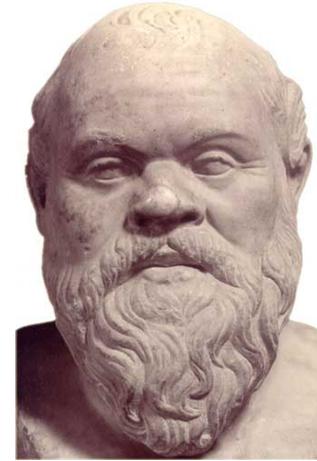
El nivel de refinamiento de los constructores griegos, puede considerarse un hito en la historia, un momento de síntesis, alcanzado a través de un largo proceso de mejoras constantes.

**Ilustración 4 La Escuela de Atenas, Stanza di Raffaello, Vaticano, Roma, elaboración propia.**



## 2.2 Sócrates (469-399 a.C.)

**Ilustración 5 Sócrates, copia romana, siglo III d.c., Museos Vaticanos, elaboración propia.**



Fue un filósofo griego, quien no escribió su pensamiento, sin embargo, fue recogido por Platón, su discípulo, en los "Diálogos".

Sócrates abordó la ética, la justicia, entre otros temas, considerando la definición de las mismas como inmutables. El método socrático se basa en la pregunta (mayéutica), en el ejemplo, y en el contraejemplo (la refutación). La mecánica es bastante simple:

*Sócrates: Dame una definición de justicia[...]*

*Respuesta: Justicia es devolver a una persona lo que pertenece a esa persona*

*Sócrates: Un momento, supón que pides prestado un cuchillo a un amigo y, más tarde, ese amigo se vuelve loco y violento ¿Deberías devolver el cuchillo a ese amigo?*

Este uso continuo del contraejemplo era una característica del método socrático, lo cual es muy importante en la **inducción**.

El método socrático descansa en la presunción de que el conocimiento está ahí, en alguna parte, lo cual, no siempre es el caso.

Aristóteles, por su parte, consideraba que la principal contribución de Sócrates era precisamente, la **inducción**, la cual conduce a definiciones generales, basándose en enumerar una serie de ejemplos y después extraer una característica común. Esto es muy importante en las ciencias de tipo clasificadorio, como la botánica.

Hoy día el pensamiento socrático persiste, sobre todo en la crítica (refutación, contraejemplo) y en la discusión.

### 2.2.1 Método general

El método general del modelo occidental, se basa en el análisis, el cual, en líneas generales, puede expresarse como sigue:

**Se analiza el problema - se identifica la causa - se elimina la causa**

Como puede advertirse, el método es útil sobre todo en varias ramas de la ciencia, como la medicina, en la cual, si se identifican ciertos agentes patógenos, puede proponerse una medicina que elimine el problema. Sin embargo, se advierte que el método no exige creatividad.

Algunos problemas, empero, pueden tener más de una causa, como es el caso de la arquitectura. Estas causas, siguiendo el sencillo ejemplo anterior, no se pueden “eliminar”, o bien, la causa puede residir en la naturaleza humana (la cual tampoco se puede eliminar).

*“Un método alternativo es dejar la causa en su sitio, y “diseñar” un camino hacia delante [...] requiere conceptos nuevos y creatividad... todo el empeño de la educación se orienta hacia el análisis. Todo debería ceder al análisis, en nuestros métodos tradicionales de pensamiento se pone muy poco énfasis en la creatividad [...]”<sup>5</sup>*

El pensamiento occidental, entonces, se basa en el juicio, en la definición, en el ejemplo clásico de Shakesperare:

Es o no es (be or not to be)  
Verdadero – falso  
Bien – mal

Siguiendo al “grupo de los tres” (Sócrates, Platón, Aristóteles), las definiciones buscan ser “verdaderas”, agrupándose en categorías preexistentes. Al juzgar un elemento, se le compara con estas categorías, estableciendo similitudes, contradicciones, o aún dicotomías.

En la historia del arte estas dicotomías han sido un recurso del pensamiento occidental contra el excesivo racionalismo, por supuesto, se encierra en categorías pares.

*“La teoría fundacional del arte plantea, a principios del siglo XX, unos esquemas polarizados siempre en conceptos opuestos, interpretando el arte según una mentalidad dualista, de invariables contrapuestas, que se corresponde en el fondo con el pensamiento racionalista...”<sup>6</sup>*

El pensamiento tradicional entonces, busca definir “qué es”, porque busca la “verdad”, esta búsqueda utiliza el análisis como herramienta, en un proceso de “opuestos” de:

<sup>5</sup> De Bono, Edward, El pensamiento paralelo documento Pdf p. 33

<sup>6</sup> Montaner, Joseph, Arquitectura y Crítica, editorial Gustavo Gili, México, ... p. 32

### Tesis – antítesis - síntesis

El pensamiento paralelo, en cambio, no se basa en la búsqueda, sino, más importante aún, desde la perspectiva de la arquitectura, en el **diseño**.

## 2.3 Pensamiento Paralelo

Como veremos, el pensamiento paralelo no descansa únicamente en el juicio, sino, más bien, en posibilidades paralelas.

Entre sus características están:

- No busca, sino diseña.
- No busca descubrir, sino construir
- En lugar de casillas, hay astas de bandera
- Se prefiere posiblemente al si/no
- Se intenta **reconciliar** contradicciones, en lugar de escoger una y rechazar otra
- Interesa la acción más que la descripción.

*"[...] en el pensamiento paralelo prestamos mucha atención a la **percepción**, porque así es como organizamos nuestra experiencia – como percepciones y conceptos-, dado que tratamos con percepciones, podemos utilizar la corriente de la **lógica fluida**, en vez de la tradicional **lógica rígida** [...]"* <sup>7</sup>

- **Posible versus cierto**
- Espectro versus dicotomía
- Límite flexible versus límite rígido
- **Reconciliar versus rechazar**
- **Paralelo versus confrontativo**
- **Percepción versus procesamiento**
- Subjetivo versus objetivo
- A versus "es"
- Lógica fluida versus lógica rígida

El pensamiento paralelo, como ha sido acotado, no es de tipo secuencial, por tal razón se le da mayor énfasis al diseño de un camino hacia adelante. El conocimiento no se presenta como algo ya hecho, agrupado y clasificado en casillas, de fácil reconocimiento, sino como un conjunto de entidades dispersas, formando cadenas, a las cuales, para ser reconocidas se ha empleado acá el símil con la colocación de banderas, que faciliten su identificación, al faltar la "retícula" de casillas en las cuales el pensamiento occidental coloca el conocimiento.

No significa esto que el pensamiento tradicional de tipo clasificatorio no sea útil, de hecho ha sido y es valioso en ciencias de tipo clasificatorio, como la botánica, por ejemplo, la cual agrupa y clasifica los tipos de hojas, de semillas, etc.

<sup>7</sup> De Bono, Edward El Pensamiento paralelo, Op. cit. P. 259

- Creativo versus deductivo
- **Totalidad versus parte**
- **No lineal versus lineal**
- Sistema versus elemento

*“Sólo cuando miras al sistema en su conjunto, puedes evaluar la contribución de un elemento a la totalidad del sistema. El análisis y el juicio de las partes darán una impresión falsa. La “aceptación” y la “posibilidad” del pensamiento paralelo facilitan la visión del cuadro en su totalidad. Las circunstancias, los contextos y las interacciones dan valor a las partes del sistema [...]”*<sup>8</sup>

## 2.4 La Creación de Nuevos Conceptos y Palabras

Las casillas o categorías del pensamiento occidental, entonces, pueden ser cambiadas, en ese nuevo ambiente flexible, no rígido, no lineal. El lenguaje refleja estas casillas-celdas, en las que encajan o no encajan los conceptos.

Al desarrollar nuevos conceptos es posible, entonces, proponer nuevos términos, lo cual ha dado origen al título de este trabajo –**LA ESTEÁTICA** –.

*“[...] muy a menudo, es necesario crear una nueva palabra o dar un significado más específico a una palabra existente, con el fin de expresar un nuevo concepto [...]”*<sup>9</sup>

## 2.5 El nuevo escenario del diseño

Como fue anotado al inicio del presente libro, el diseño ha sido abordado con gran énfasis en el pensamiento socrático, de tipo analítico. Lo que se indentifica con un tipo de pensamiento “clásico”.

Clásica es, asimismo, la formación de los llamados maestros del modernismo, Gropius, Mies Van der Rohe, Frank Lloyd Right, entre otros.

*“[...] algunos arquitectos creían, como Gropius (1956), que el edificio singular, diseñado para un cliente particular por un individuo, era un “anacronismo” [...] abogaban en cambio, por una mayor **estandarización**, por un sistema en el que elementos prefabricados, hechos industrialmente,*

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 261

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 252

*fuera diseñados, transportados a pie de obra y ensamblados allí, produciendo edificios “funcionales”[...]”<sup>10</sup>*

Sin embargo, el mundo cambiante actual establece la necesidad de conocimientos paralelos:

*“More than ever before designers in the academic community are required to investigate and articulate the principles and methodology behind designs through systematic research, experimentation, intellectual inquiry, and theoretical speculation. They are expected to communicate their findings and contribute to a body of knowledge that constitutes the basis for an emerging academic discipline and a true science of design...From this perspective, design is at a point that recalls the professionalization of medicine and law in the nineteenth century, when these fields were organized and regulated by professional organizations that stressed **more systematic training in the conceptual foundations of practice** and the direct oversight of educational programs through accreditation and review.”<sup>11, 12</sup>*

Es decir, estamos en una época que demanda otro tipo de información, o el manejo de la misma, en la cual el diseñador debe poder “explicar” su diseño.

El nuevo escenario, plantea la necesidad de un pensamiento más ágil, no lineal, que involucre varias disciplinas.

## 2.6 El pensamiento paralelo y los modelos

La teoría de modelos se aborda en el siguiente libro, sin embargo, antes de ello, conviene revisar cómo se abordan los problemas en el marco del pensamiento paralelo.

“Un problema es el resultado no deseado de una tarea”

La solución de un problema es mejorar el resultado deficiente hasta lograr un nivel razonable. Las **causas** de los problemas se investigan desde el punto de vista de los hechos, y se analiza

<sup>10</sup> Broadbent, Geoffrey, *Diseño arquitectónico*, editorial Gustavo Gili, México, 1982, p. 9

<sup>11</sup> Taylor, Richard N. and Michael P. Clark, *A New School of Design with implications for the National Science Foundation*

University of California, Irvine taylor@ics.uci.edu

<sup>12</sup> Nunca antes, los diseñadores en la comunidad académica son llamados a investigar y articular los principios y metodología detrás de los diseños a través de investigación sistemática, experimentación, razonamiento crítico y especulación teórica.

Se espera de ellos que comuniquen sus descubrimientos y contribuyan al cuerpo de conocimientos que constituye la base de una disciplina académica emergente y una verdadera ciencia del diseño... desde esta perspectiva, el diseño está en un punto que recuerda la profesionalización de la medicina y las leyes en el siglo XIX, cuando estos campos fueron organizados y regulados por organizaciones (colegios) profesionales que enfatizaron más la formación sistemática y las bases conceptuales de la práctica y la supervisión directa de los programas educacionales a través de acreditación y revisión..” Traducción libre.

con precisión la relación entre la *causa y el efecto*. Se diseñan y se implementan medidas que contrarresten el problema para evitar que los factores causales vuelvan a repetirse. Este procedimiento se conoce como la ruta de la calidad.

Lo anterior implica la identificación de un proceso de **causa y efecto**, en el cual lo importante a destacar es la necesidad de estar atento a los **resultados inesperados**, más que a las certezas en el desempeño, ya que son indicadoras de un problema.

Adicionalmente, el **establecimiento de las causas es posterior**, corresponde a otra fase (la fase de análisis), debido a que primero debe establecerse cuáles han sido los *resultados inesperados*.

Paraphraseando a Thomas Kuhn, *cuando la acumulación de casos erróneos es tal que obliga a plantearse la pregunta de si no es el paradigma científico el que debe cambiarse, es decir, cuando se identifica un problema no resuelto por el paradigma (el modelo) científico vigente y aceptado hasta ese momento por la mayoría de científicos o profesionales del ramo.*

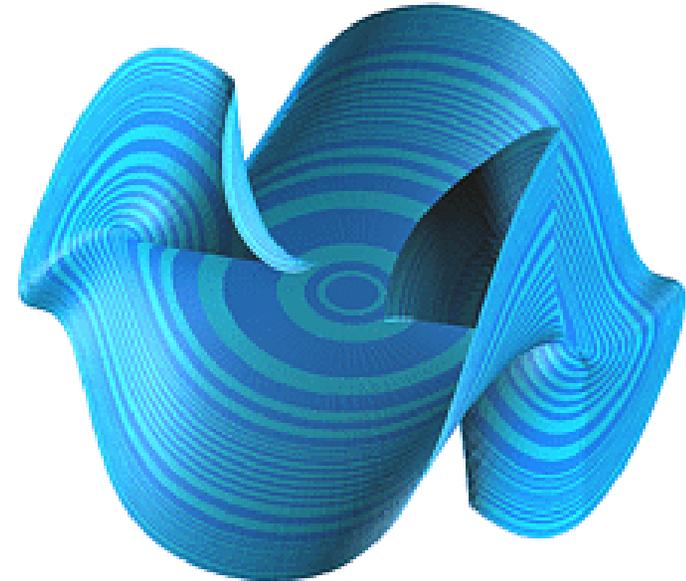
La identificación de estos factores es entonces crucial, para la propuesta de nuevos modelos.

## **2.7 Conclusiones del capítulo**

El escenario del diseño se ve afectado por la actitud del diseñador, en el marco del pensamiento occidental, cuyas raíces se pueden trazar hasta los filósofos griegos clásicos.

El fin último, será la creación de un modelo de la arquitectura, por medio del cual se puedan encontrar, en primer lugar, las variables que intervienen en el proceso, escondidas en un “desierto” de posibilidades, para lo cual, en el siguiente libro, se hará un breve repaso de los modelos utilizados durante el siglo XX, en el campo del diseño, ingeniería e urbanismo.

En el libro IV se explorará el mecanismo lógico que orientará la construcción de un nuevo modelo, mientras que en el libro V se abordará una exploración de casos, con los cuales se pretende obtener indicios para la siguiente fase, la elaboración de un prototipo.



## LIBRO 3 MODELOS

---

Arquitectura y modelos

Modelos y Métodos:

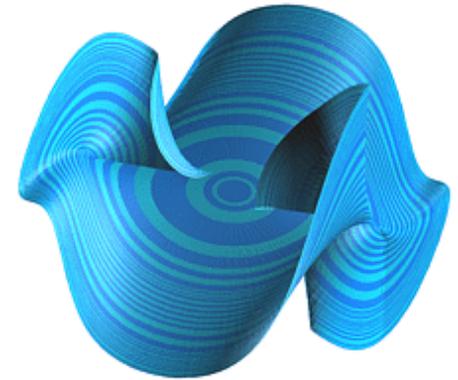
- Pragmático
- Icónico
- Canónico
- Analógico
  - o Descriptivos
  - o Prescriptivos
  - o Cognitivos
  - o Computacionales

Los nuevos modelos: Arquitectura, espacio hiperbólico, tejido.

### 3.0 Introducción

El estudio de modelos es parte integrante del desarrollo de la ciencia en su conjunto, sobre todo, en los campos en los que, como es el caso de la arquitectura, existe una representación material.

El modelo, sin embargo, no es una maqueta, como sería de esperarse en un curso de arquitectura tradicional, no, se trata acá de un modelo de tipo teórico, es decir, una construcción lógica de pensamiento, la cual, en el marco de la ciencia, podrá ser puesta a prueba y ser refutada o aceptada, parafraseando a Thomas Kuhn, hasta que aparezca un modelo que explique mejor la realidad. Realidad esta que ha sufrido transformaciones a lo largo del siglo XX, con aportes de De Leuze, de la teoría de la evolución, del espacio gaussiano, del espacio de las posibilidades, los cuales, pueden dar paso al desarrollo de otros modelos de la arquitectura. Al mismo tiempo, se hará una revisión de la evolución de los métodos de diseño, como reflejo de los modelos de la arquitectura durante el siglo XX.



**Ilustración 6 Estado estable en un espacio múltiple o manifold**

13

### 3.1 El modelo de la arquitectura: evolución del pensamiento

La arquitectura, como otras actividades humanas, resulta de los conocimientos, habilidades, destrezas y medios que el hombre utiliza para responder a una necesidad. Sin embargo, lo anterior está también condicionado a **la forma de pensamiento** reflejado en una teoría (teoría tomada aquí como el modelo). El modelo de pensamiento occidental ha sufrido una transformación importante a lo largo del siglo XX, encontrando sus raíces en el siglo precedente, sobre todo Nietzsche (finales del XIX), apoyándose en el pensamiento platónico compuesto del mundo real y del mundo de las ideas, donde los objetos tienen una esencia, cuya representación se encuentra en el espacio geométrico euclidiano<sup>14</sup>, es decir, lo que se puede trazar con regla y compás. El mundo, así planteado alcanzó su expresión matemática con los desarrollos de fines del siglo XIX, en el campo de la física, sobre todo en la mecánica

William Rowan  
Hamilton  
(1805-1865)

<sup>13</sup> Fuente: <http://www.enm.bris.ac.uk/staff/hinke/fourD/fourD.html>, accesado en línea, diciembre 25 de 2006

<sup>14</sup> Basado en la geometría de Euclides, hacia 300 A.C. Mitchel, William "Roll over euclid: how Frank Gehry designs and builds", In Frank Gehry, Architect, ed. J.Fiona Ragheb, 352-363. New York: Guggenheim Museum Publications, 2001.

de los cuerpos, la óptica, y el electromagnetismo, que Hamilton logro integrar en un solo cuerpo teórico. Sin embargo, la variable **temporal** entonces jugaba un papel secundario, cuya consecuencia en el pensamiento moderno fue la tendencia a considerar situaciones estáticas y estados estables.<sup>15</sup>

*Although the set of equations with which Hamilton was able to unify all the different fields of classical physics (mechanics, optics, and the elementary theory of electromagnetism) did contain a variable for time, this variable played only an extrinsic role.*<sup>16</sup>

En la termodinámica se encontraba la paradoja del *flujo* como un estado dinámico, el cual podía presentar una tendencia a un estado estable. Las ecuaciones de la dinámica de fluidos presentan esta característica, al considerar las partículas elementales en el seno del fluido en flujo paralelo, sin rotación, cuando en realidad, éstas se desplazan en un *flujo turbulento y rotacional*. Aquí, nuevamente, está presente el *relativismo epistemológico* de Thomas Kuhn, en el sentido que la ciencia, avanza en base a un modelo que *explica* la realidad, hasta que aparece uno que la explica *mejor*.

En el caso de la teoría de la evolución, Darwin apoyó sus investigaciones en cuatro aspectos fundamentales: biogeografía, paleontología, embriología, y morfología, la importancia de estos estudios en el pensamiento actual se estudiará en el libro 5.

El llamado pensamiento *posmodernista*, contrapuso al racionalismo moderno la **búsqueda de un modelo** que se acerque más a la realidad (o quizás hiperrealidad) actual, con *Jaques Derrida* y *Guilles Deleuze* a la cabeza. Aunque, en el caso de la termodinámica, han estado presentes conceptos como el flujo turbulento desde el siglo XIX, no fue sino hasta finales del siglo XX, que *Guilles de Leuze*, filósofo francés, integró conocimientos de campos tan diversos como la teoría de la evolución de **Darwin y Mendel**<sup>17, 18</sup>, de la termodinámica, del espacio gausiano (desarrollado por Gauss), propiciado un modelo de espacio no estático, enfocado mas al **proceso**, que al objeto final, el cual se considera *uno de varios posibles estados estables*, en un proceso dinámico. Como Deleuze argumenta, el proceso es una fuente donde puede atisbarse nuevas ideas, antes de que se alcancen estados estables, y en muchas ocasiones, es la única forma, ya que se alcanza un estado estable **sólo cuando los**

Deleuze no fue el primero en integrar conocimientos del campo de las matemáticas para demostrar la validez de sus postulados filosóficos, por ejemplo, Descartes (1596-1650), se apoyó en las matemáticas como principio de verdad, es notoria, sin embargo, la ausencia de este acercamiento en el pensamiento aristotélico

<sup>15</sup> De Landa, Manuel "Deleuze And The Open-Ended Becoming Of The World", en <http://www.diss.sense.uni-konstanz.de/virtuallitaet/delanda.htm>, disponible en línea, febrero 12 de 2006

<sup>16</sup> "A pesar que el grupo de ecuaciones con las cuales Hamilton fue capaz de unificar todos los campos de la física clásica (mecánica, óptica, y la teoría elemental del electromagnetismo) contenían una variable **temporal**, esta variable jugaba solo un rol extrínseco". De Landa, Op. cit. Traducción libre.

<sup>17</sup> "This style of reasoning was created in the 1930's by the biologists who brought together Darwin's and Mendel's theories and synthesized the modern version of evolutionary theory". De Landa, "De Leuze and the use of the genetic algorithm in architecture", documento pdf

<sup>18</sup> "Este estilo de pensamiento fue creado en los años 30 por los biólogos que combinaron las teorías de Darwin y Mendel y las sintetizaron en la versión moderna de la teoría de la evolución" Traducción libre.

**eventos que modifican el espacio tiempo han cesado**, por esta razón, en el campo de la termodinámica actual, a diferencia del modelo decimonónico, se busca el "*estado más alejado del equilibrio posible*".<sup>19</sup>,<sup>20</sup>

Para Deleuze, el espacio presenta 3 características fundamentales:

- Es topológico
- Es Poblacional (populational)
- Es Intensivo

El pensamiento poblacional hace un símil con fenómenos de reproducción y difusión que se encuentran presentes en la naturaleza. De esta forma, un grupo de entidades se "reproduce" y forma una matriz basado en información "genética", al concepto poblacional, De Leuze combina el ya citado campo de la termodinámica, con sus estados dinámicos y el concepto de intensidad.

El pensamiento intensivo puede ser descrito como opuesto a extensivo, este último, expresa cantidades con propiedades métricas que utilizan una sintaxis lógica de tipo lineal (-, +, x, /). Las cantidades intensivas, no presentan este comportamiento, por ejemplo, las cantidades vectoriales, que tienen dirección, magnitud y sentido. El ejemplo clásico, es el de la suma vectorial, en la que  $\rightarrow 3$  (vectorial) más  $\rightarrow 4$  (vectorial) no es siete, sino cinco ( $\rightarrow 5$ ) (cuando forman un triángulo 3,4,5). De Leuze considera importantes las diferencias en intensidad como generadoras o promovedoras del cambio.

El pensamiento topológico presenta la noción de un plan de trabajo o diagrama abstracto, aquí nuevamente se recurre a la naturaleza, por ejemplo, en el caso de los vertebrados, que constituyen una "familia" de seres vivos, los cuales se caracterizan por poseer determinadas características contenidas en un esquema constitutivo (body plan) el diagrama abstracto es la base de la que se parte y, a través de un proceso dinámico de combinaciones y cambios (**fold**s) producirá un elefante o un ser humano:

<sup>19</sup> "nineteenth century thermodynamics..(that) overlook the role of the intensive and stress only the extensive, to concentrate on the equilibrium form that emerges only once the original difference has been cancelled, has today been repaired in the latest version of this branch of physics, appropriately labelled "far-from-equilibrium thermodynamics"" De Landa, Manuel "De Leuze and the open ended becoming of the world", Op. cit.

<sup>20</sup> "la termodinámica del siglo XIX [que] sobreesayó el rol de la intensidad y enfatizó sólo la extensividad, para concentrarse en el equilibrio formal que emerge sólo cuando las diferencias originales se han cancelado, ahora ha reparado en la última versión de esta rama de la física, llamada apropiadamente "termodinámica de los estados mas alejados del equilibrio" Traducción libre.

Otros ejemplos incluyen los relativos a la temperatura y otras cantidades vectoriales.

El término en inglés fold, también se interpreta como doblez, sin embargo, para De Leuze, también es importante en el sentido de la multiplicidad del espacio, el uso en inglés es el siguiente:

One fold = un doblez, vuelta

Two fold= dos dobleces[...]

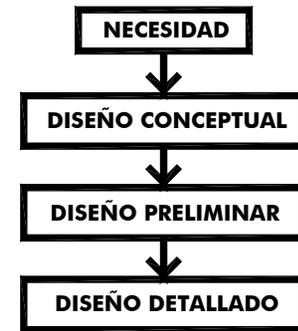
**Manifold** = múltiples dobleces, vueltas

Este concepto fue desarrollado por Riemann, discípulo de Gauss, en su representación de un espacio multidimensional, con ejes sobre su misma superficie, no dependientes de un sistema coordenado externo, el cual, aunque sea de forma burda, puede visualizarse como el múltiple de escape de los automóviles (también llamado manifold)

*“(contains) the idea of a shared body-plan, a kind of “abstract vertebrate” which, if folded and curled in particular sequences during embryogenesis, yields an elephant, twisted and stretched in another sequence yields a giraffe, and in yet other sequences of intensive operations yields snakes, eagles, sharks and humans.”<sup>21, 22</sup>*

Solo recientemente los matemáticos han podido desarrollar modelos de curvas de tipo analítico, existiendo antes sólo de forma teórica (matemática pura) o de forma virtual, estos cambios en la forma de pensamiento, han influido en los métodos de diseño.

**Ilustración 7 Modelo clásico, estructura vertical lineal, elaboración propia**

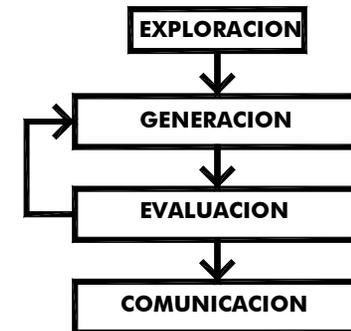


## 3.2 Modelos y Métodos de diseño

### 3.2.1 Evolución histórica: Broadbent

En general, se entiende como método de diseño la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Este es un proceso de que comienza desde los inicios de la arquitectura, Geoffrey Broadbent, identifica al menos cuatro etapas en este proceso, llamándoles, el diseño de tipo pragmático, icónico, canónico y analógico, según fueron apareciendo en la escena del diseño, así, el diseño pragmático sería el primero en aparecer, muy ligado a las condiciones iniciales en el desarrollo de las culturas, el diseño icónico, aparece después al utilizarse la imagen de aquel diseño pragmático exitoso, el de tipo canónico incluye ya un conjunto de reglas, mientras el diseño analógico requiere la abstracción necesaria para la representación de la arquitectura por medio de modelos de tipo analógico (maquetas).<sup>23</sup>

**Ilustración 8 Modelo básico, elaboración propia**



<sup>21</sup> De Landa, “De Leuze and the use of the genetic algorithm in architecture”, p. 4 documento pdf

<sup>22</sup> “(contiene) La idea de un esquema de constitución común, una especie de “vertebrado abstracto”, el cual, si se dobla y curva en formas particulares durante la embriogenesis, produce un elefante, doblada y comprimida en otra forma, produce una girafa, y, aún en otras secuencias de operaciones intensivas, produce culebras, águilas, tiburones, y humanos [...]” Traducción libre.

<sup>23</sup> Broadbent, Geoffrey, Diseño arquitectónico editorial Gustavo Gili, México, 1982.

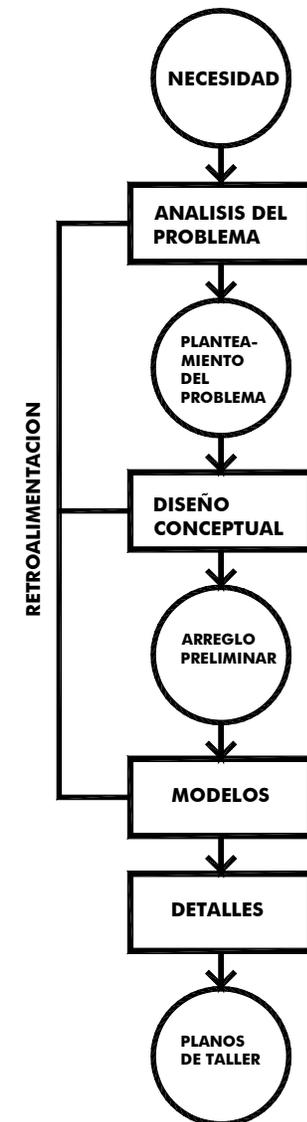
### 3.2.2 El diseño analógico: Cross, Takeda

Los modelos y métodos de diseño, sin embargo, también se pueden enmarcar dentro del campo que los expertos califican como “**Investigación en diseño**”, cuyo objetivo genérico es establecer nuevas formas o recomendaciones que potencien la eficiencia en el diseño, este es un enfoque, que siguiendo a Broadbent, entra dentro del diseño de tipo **analógico**, esto es, los modelos aquí tratados, buscan ya la representación de la arquitectura por medio de una construcción analógica, la cual puede ser clasificada en dos grupos (recordando que el diseño analógico puede también coexistir con otros tipos de diseño, sea este icónico, canónico, o pragmático)<sup>24</sup>, según Nigel Cross (1999): **descriptivos y prescriptivos**, mientras Takeda (1990) citando a Finger y Dixon (1989), adiciona dos más: **cognitivos y computacionales**.

*“Los estudios sobre el proceso de diseño, entre otras cosas, han dejado como resultado un sinnúmero de propuestas para representarlo (modelos descriptivos), para realizarlo (modelos prescriptivos), para entenderlo (modelos cognitivos) y para automatizarlo (modelo computacional); además de la gran cantidad de técnicas y herramientas que sirven para asistirlo [...] El proceso de diseño se suele subdividir en dos clases de acciones mentales: el análisis y la síntesis. Los sistemas de apoyo al diseño se han centrado especialmente en el análisis, incluso se puede decir que los currículos académicos [...] se sesgan hacia esa misma tendencia, dejando a la síntesis un tanto en el aire, bajo el supuesto de que la experiencia y el conocimiento [...] de diseño son suficientes para desarrollarla con éxito. Sin embargo, las exigencias del mundo globalizado actual, por productos cada vez más competitivos, más creativos, mas innovadores, han desvelado la necesidad de que la etapa de síntesis, aquella en la que la creatividad juega un papel fundamental, sea mejor asistida [...]”*<sup>25</sup>

Ilustración 9 Modelo de French

26



#### 3.2.2.1 Modelos descriptivos

Los modelos descriptivos muestran la secuencia de actividades que ocurren en diseño, dentro de los cuales se puede mencionar el modelo *básico* (página anterior) y el modelo de French (en esta página). Este modelo corresponde al esquema clásico, en el cual, las fases están claramente diferenciadas, en una estructura vertical - lineal. Se evidencia, la relación lineal, de causa y efecto, que predomina en este modelo. Asimismo, el esquema de “aproximaciones sucesivas”.

<sup>24</sup> Según el modelo de Broadbent

<sup>25</sup> Ibid

<sup>26</sup> Fuente: Chaur Bernal, Jairo, *Diseño Conceptual de productos asistido por ordenador*, Op. cit.

### 3.2.2.2 Modelos prescriptivos

Los prescriptivos, como su nombre indica, prescriben un patrón de actividades de diseño, como lo intenta **Archer, Pahl y Beitz**, el modelo alemán **VDI 2221**, el de **March** y el de **Pugh** entre otros. El modelo de Pugh tiene un fundamento de tipo descriptivo al inicio, para luego volverse prescriptivo.<sup>27</sup>

### 3.2.2.3 Modelos cognitivos

Son modelos que intentan explicar el comportamiento del diseñador, de frente a un problema de diseño.

### 3.2.2.4 Modelos computacionales

Los modelos computacionales expresan la forma en que un ordenador podría desarrollar la tarea de diseño.<sup>28</sup> Este tipo de modelos requiere de un proceso de automatización, o la factibilidad de construcción de un modelo de tipo matemático, extremo este que ya ha sido abordado no sólo en los campos de la ingeniería, sino en el campo del urbanismo. Los modelos de tipo computacional actuales implican la participación de diversas disciplinas cuya construcción está fuera de los objetivos del presente estudio.

## 3.3 Los modelos y métodos de diseño en el siglo XX

En general, el método es la forma más general que describe la forma de realizar una tarea, la cual, puede emplear herramientas (técnicas). Modelo, en este estudio, se refiere a la representación, con fines de estudio con el fin de comprender el fenómeno de la relación entre estática y estética en la generación de la forma en la arquitectura. Del estudio de modelos surge una metodología, siendo, en este caso, el modelo herramienta de esta última, los principales métodos que han aparecido en el siglo XX, en particular, después de la década de 1960, son:

---

<sup>27</sup> Chaur Bernal, Jairo, Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa, Tesis, doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, Diciembre de 2004, p.21

<sup>28</sup> *Ibíd*, p.31

**Tabla 1 Principales métodos de diseño del siglo XX.** <sup>29</sup>

Año	Autor	Descripción	TIPO DE MODELO
1962	Asimow	- Planeación y morfología - Diseño detallado	-
1962	Christopher Jones	"Method of systematic design", presentado en el Imperial College <b>La intuición y los aspectos no- racionales tienen el mismo rol que los lógicos y los procedimientos sistemáticos</b>	
1963	Archer	Listas de revisión (229 líneas) para verificar tres fases: - Análisis – Creatividad – Ejecución	Prescriptivo
1964	Alger y Hays	Valoración alternativas del proyecto	
1967	Luckman	Método AIDA (interactivo) - Análisis – síntesis – evaluación	
1966	Levin	- Propiedades de sistemas - Relación causa – efecto (controlables y no controlables)	-
1963	Gugelot	Necesidades del usuario, aspectos funcionales, decisión	
1976	Burdell	Detalle: Cálculos, normas, estándares, se arriba a un <b>prototipo</b>	
1970	Christopher Jones	Caja negra: En el subconsciente del diseñador, no puede ser analizada. Caja de cristal: Proceso transparente.	
1971	Jones y Alexander, Tudela	Los métodos de diseño destruyen la estructura mental del diseñador. Promueve la <b>abolición de la racionalidad</b>	
1977	Maldonado	Integra al proceso de diseño los factores funcionales, simbólicos, culturales, de producción.	
1977	Dorfles		
1985	Bonsiepe	Reducción de la complejidad de Alexander. Búsqueda de Analogías o Sinéctica de Gordon	
1990	Pugh	Total design	Prescriptivo
1992	Quarante	Para cada problema hay un método. Los métodos no son universales.	
1995	Pahl y Beitz	- Necesidad - Especificación - <b>Arreglo</b>	Prescriptivo

<sup>29</sup> Elaboración propia, basado en Chaur Bernal, Jairo, Diseño de productos asistido por ordenador Op. cit.

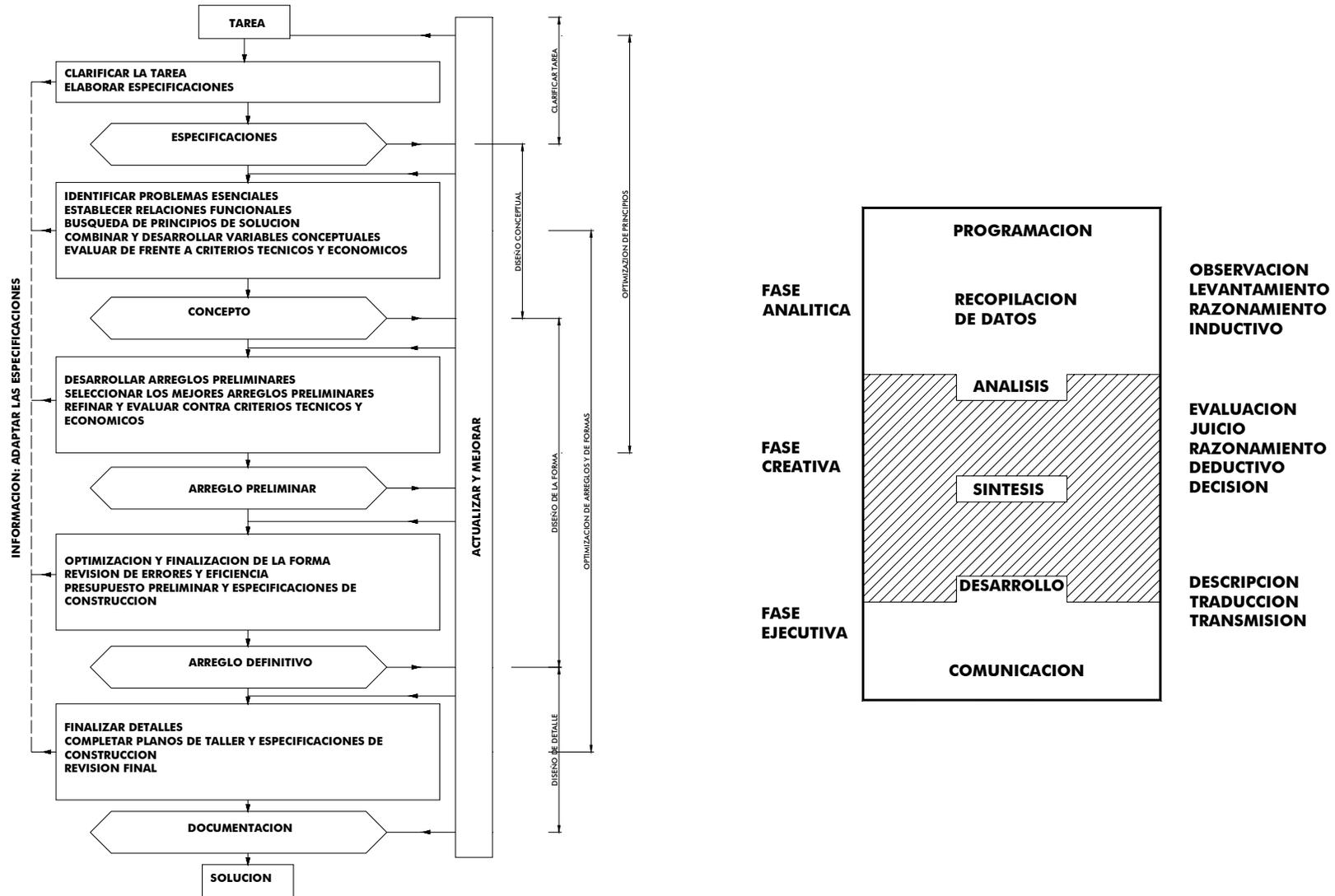


Ilustración 10 a la izquierda, Modelo de Pahl y Beitz, a la derecha, Modelo de Archer.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Elaboración propia, basado en Chaur Bernal, Jairo, Diseño de productos asistido por ordenador op. cit

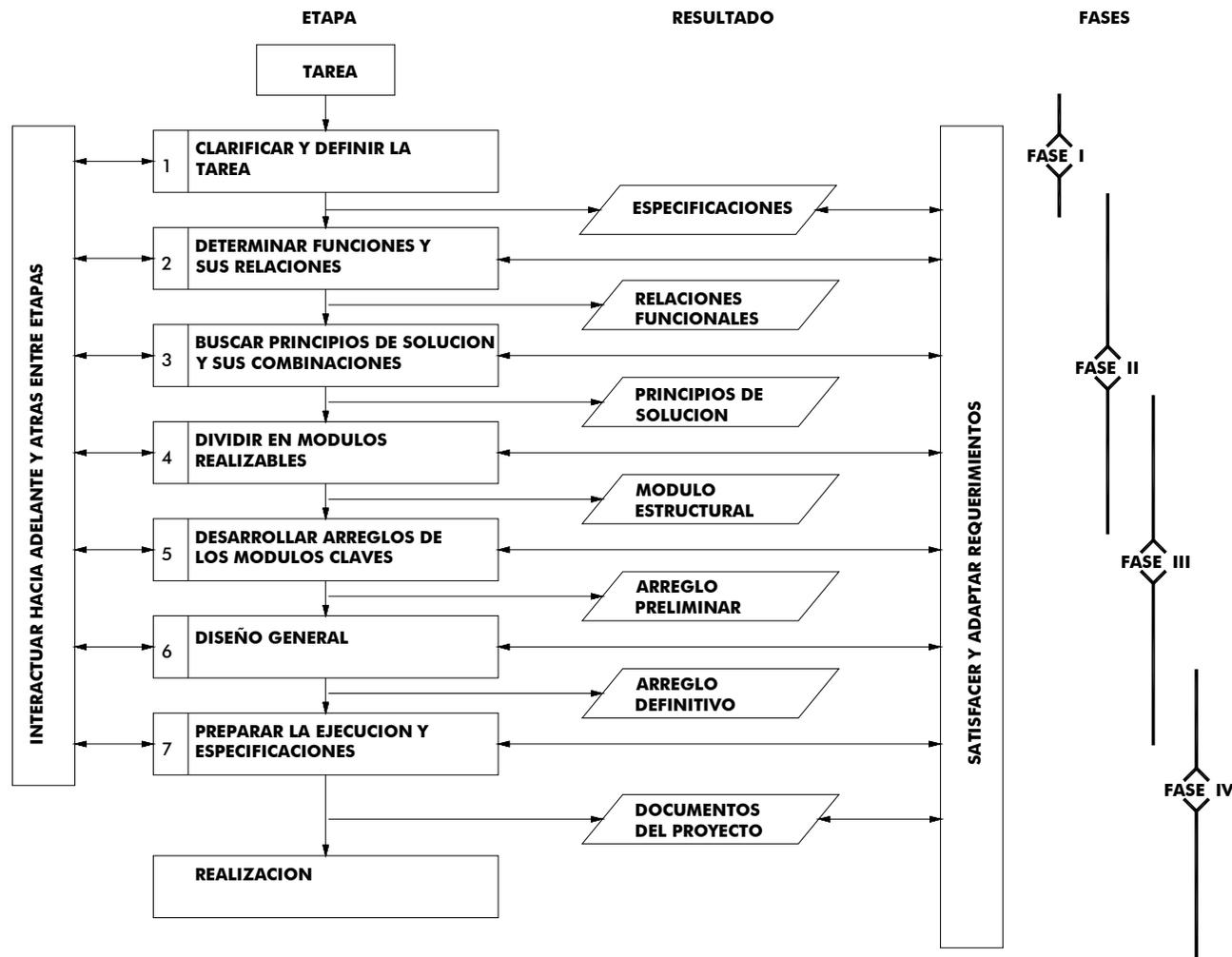
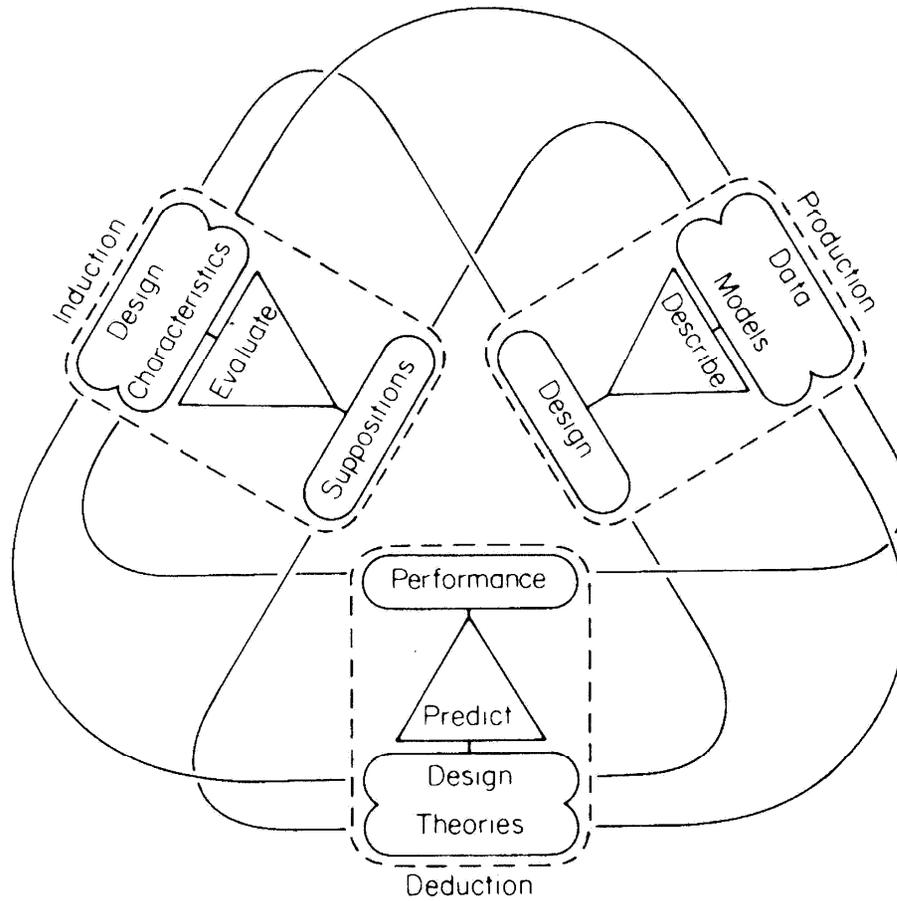


Ilustración 11 Modelo VDI 2221.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Elaboración propia, basado en Chaur Bernal, Jairo, Diseño de productos asistido por ordenador op. cit



**Ilustración 12 Modelo de March.** <sup>32</sup>

<sup>32</sup> Elaboración propia, basado en Chaur Bernal, Jairo, Diseño de productos asistido por ordenador op. cit

### 3.4 Los nuevos modelos: Arquitectura, espacio hiperbólico, tejido

La sola posibilidad de trabajar con curvas hiperbólicas en un espacio gausiano, como consecuencia del cambio del pensamiento acotado al inicio del libro, abre un nuevo campo en arquitectura. Entre estas curvas, se encuentra la pseudoesfera, desarrolladas por la matemática Daina Taimina, profesora en la Universidad de Cornell, basándose en una técnica poco ortodoxa, el crochet.

*“Until the nineteenth century, mathematicians knew about only two kinds of geometry: the Euclidean plane and the sphere. The discovery of hyperbolic space in the 1820’s and 1830’s .initiated the formal study of non-Euclidean geometry. Almost two centuries later, Dr. Daina Taimina at Cornell University made a physical model of the hyperbolic plane – a feat many mathematicians had believed was impossible – using crochet.”<sup>33, 34</sup>*

El bordado, como el espacio gausiano, utiliza “cadenas”, las cuales están vinculadas unas a otras y que en conjunto forman una superficie de tipo hiperbólico, es decir, poseen su propio sistema de referencia en la superficie misma (ilustración 13), y no en un sistema de referencia externo como el empleado en el modelo cartesiano. Siendo el bordado una técnica que utiliza textiles, es decir, fibras, es posible entonces desarrollar curvas en ese espacio gausiano “crochetando” con las fibras las formas deseadas. Resta solamente fijar las curvas formando una matriz rígida (con resina, cemento u otro adherente).

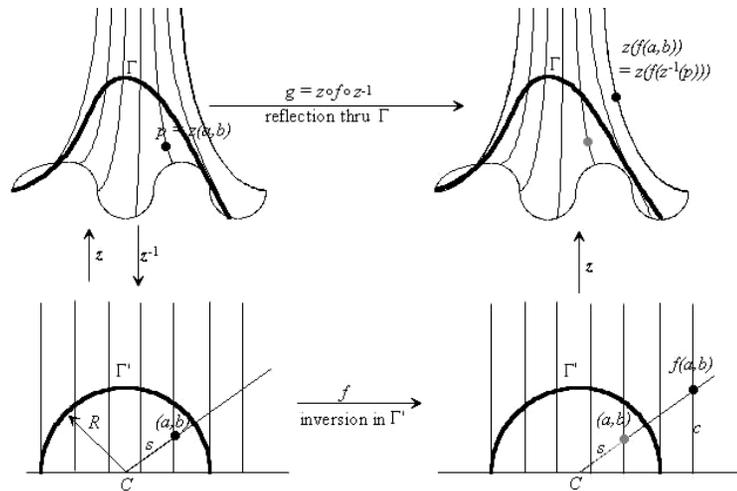
El manifold o espacio múltiple es una región del espacio que puede presentar un estado estable, y al mismo tiempo, tener en sus “vecindades” otros estados estables, o secciones transversales al mismo, (también llamado submanifold), adicionalmente, como nota De Landa, la inclusión de un algoritmo genético provocará, variaciones topológicas y multiplicidad de formas mayores a las aquí mostradas ofreciendo la posibilidad de trasmutaciones, multiplicaciones, o “muerte” de las formas menos aptas, en una población de entes diversos que comparten características o “genes” (el estudio de los algoritmos genéticos y su aplicación en la arquitectura se verá con más detalle en los libros 5 y 6), en contraposición a las entidades únicas (del **esencialismo** platónico) del pensamiento precedente.

**Ilustración 13 De arriba abajo, la Dra. Taimina y sus figuras de espacio hiperbólico**



<sup>33</sup> Crocheting the Hyperbolic Plane, en [www.machineproject.com](http://www.machineproject.com), disponible en línea, febrero 10 de 2005

<sup>34</sup> “Hasta el siglo diecinueve, los matemáticos conocían sólo dos tipos de geometría: El plano euclidiano y la esfera. El descubrimiento del espacio hiperbólico en las décadas de 1820 y 30, [...] inició el estudio formal de geometría no-euclidiana. Casi dos siglos después, la doctora Daina Taimina, en la Universidad de Cornell, elaboró un modelo del plano hiperbólico – un hecho que muchos matemáticos consideraban imposible - usando crochet [...]” Traducción libre



**Ilustración 14** Esquema de cálculo de curvas hiperbólicas y su representación en el espacio.<sup>36</sup>

La serie siguiente muestra ensayos realizados con un tejido de Guatemala. Por ejemplo con series de 0 y 1 (sistema binario)

De forma simplificada, se seleccionan las propiedades de la población, supongamos un valor meta de 100110, seleccionando al azar, tendríamos:

- 010111
- 110001
- 011001
- 100010

La "entidad" 1 coincide en tres cifras, y la última en 5, por "selección natural", la 2 y la 3 son descartadas.

Las entidades 1 y 4 procrean "hijos", tomando las dos primeras cifras de 1 y las dos últimas de 4.

El proceso continúa hasta alcanzar el valor deseado (o es atraída hacia).



<sup>35</sup> Fuente: [www.machineproject.com](http://www.machineproject.com), accesado en línea, marzo 23 de 2006

<sup>36</sup> Fuente: Mathematical Intelligencer, Vol. 23, No. 2, p. 17-28, Spring, 2001.

### 3.5 Conclusiones

En la segunda mitad del siglo XX se ha dado una explosión de formas de entender el diseño, de forma general, como un proceso. En este proceso, varios investigadores han propuesto diversos modos de interpretar dicho fenómeno. Partiendo del modelo básico, los esquemas crecen en complejidad.

Es de hacer notar la presencia de fases intermedias en la mayoría de los esquemas. En particular, tanto el modelo alemán VDI 2221, como el modelo de Pahl y Beitz, presentan una configuración que permite estimar pequeños aciertos iniciales, los arreglos, dividiéndolos en PRELIMINAR y DEFINITIVO, como pasos previos a la configuración final del proyecto en el llamado proyecto EJECUTIVO.

Estos modelos -todos- corresponden a la fase que Broadbent catalogó como diseño de tipo analógico, es decir, presentan abstracciones y representaciones del objeto arquitectónico, estando presente, de forma tácita, la idea de escala.

Siendo el período de finales del 60 y principios de los 70, un parteaguas en cuanto a la generación de métodos de diseño (Paradigma de la caja negra-transparente) La evolución hacia modelos más complejos, lleva hacia el modelo de Beitz y Pugh, en el cual, esta ya presente una etapa conceptual, previa a la forma, organizada alrededor de los "arreglos" o fases intermedias cuya importancia se revelará más adelante con la introducción del **módulo estructural** en el diseño.

Los modelos de los dos últimos decenios del siglo XX, corresponden a una concepción del espacio como proceso, en un espacio de posibilidades.

Este espacio de posibilidades presenta estados estables que son susceptibles de ser representados, como es el caso del espacio hiperbólico de la Dra. Taimina.

Para la conformación de un modelo de tipo cognitivo, que integre los campos de ese espacio de posibilidades, se debe construir un modelo de análisis, que permita conocerlo y, si es posible, establecer una tendencia, en base al estudio de casos.

En el próximo libro se estudian los principios de lógica necesarios para la construcción del modelo, bajo la premisa que la lógica clásica, de tipo inductivo-deductivo debe ser complementada con una lógica de tipo intuitivo (ya Christopher Jones apuntaba a la lógica **intuitiva** en su Ensayo sobre la síntesis de la forma"), que permita dar un "Salto cuántico" al espacio de posibilidades, previo a iniciar el estudio de casos, que iniciará en el libro VI.



## LIBRO 4 LÓGICA

---

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PROBLEMAS INTUITIVOS TRANSFORMATIVOS  
PROBLEMAS RACIONALES E IRRACIONALES  
EJEMPLOS PRÁCTICOS

## 4.0 Introducción:

Para la construcción de un modelo es importante tomar en cuenta elementos de lógica, sin embargo, debe ser una lógica que apoye un tipo de pensamiento paralelo y transformativo a la vez, es decir, no basado en los supuestos de la lógica clásica.

Partimos del supuesto, expresado en la hipótesis de trabajo, de poder encontrar elementos que apoyen el análisis del fenómeno arquitectónico, tratando de desvelar sus secretos, que, como veremos adelante, al ser paralelos, producen una **bisociación** entre la estética y la estática. Esta bisociación – al menos es lo que se tratará de demostrar – posee una lógica propia, no de tipo deductivo, sino más bien de tipo intuitivo. La lógica intuitiva, y con ella **la regla y el caso**, puede ser ejemplificada con sencillos ejercicios, propuestos al final del texto introductorio.

Estos ejercicios muestran –al tratar de resolverlos– las diferencias del razonamiento deductivo, intuitivo, así como la migración de un tipo abstracto de problemas hacia uno de tipo visual-intuitivo, ejemplificado en los *doodles*.

Posteriormente, se explorará el tema de las variaciones, las cuales serán base para la conformación del modelo. Finalmente, se plantea una serie de experimentos realizados con tres grupos de análisis, cuyo fin es determinar los patrones de pensamiento sea deductivo o intuitivo y así poder orientar el modelo resultante según dichas características.

**Ilustración 15** Página anterior, “Guernica”, de Picasso



37

<sup>37</sup> Fuente: <http://www.xardesvives.com/plastica/guernica>, accesado en línea, octubre de 2006

## 4.1 Características Principales Problemas Intuitivos Transformativos

**Explorar el problema ampliamente:** Los problemas de tipo intuitivo normalmente, requieren de una exploración extensa.

**Progreso aparente escaso:** Generalmente una solución transformativa se alcanza luego de un período de progreso aparente escaso y tal vez nulo.

**Evento desencadenante:** La solución transformativa aparece con un evento desencadenante

**Salto cognitivo:** Aparece de modo repentino, en el cual las piezas encajan unas con otras.

**Transformación:** La solución transformativa "transforma", la forma de pensamiento del investigador, el ejemplo clásico es el descubrimiento del desplazamiento de líquidos por Arquímedes.<sup>38</sup>

### 4.1.1 Tres Aspectos Básicos

En primer lugar, la analogía, es decir, los casos **análogos** está presente en el proceso, sin embargo, no es el elemento que propicia el salto cognitivo, en este caso, tienen un rol principal los nexos o lazos lógicos (la extrapolación lógica). Finalmente, al centro del problema, se encuentra la hipótesis, es decir, la pregunta justa, para el problema. Recordamos el caso de la teoría de la evolución, Darwin supo hacerse las preguntas justas, ¿Por qué, decía Darwin, algunos mueren y otros sobreviven?

Por supuesto, ello implica un conocimiento previo que alimente las preguntas básicas, lo cual transforma el modelo en un modelo que demanda **conocimiento**, no parte del vacío. Sin embargo es así como se desarrollan las ciencias, Pasteur decía:

*"El caso favorece al espíritu preparado"*<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Perkins, David, Come Leonardo, Grupo editoriale il saggiatore, Milano, 2005, p. 19

<sup>39</sup> Perkins, Op. cit. P. 23

## 4.2 Problemas Racionales e Irracionales

El llamar a los problemas racionales e irracionales es una simplificación hecha con fines de análisis, vale decir que dentro del primer grupo están los que se resuelven por la lógica y la ciencia clásica –heredera, como hemos dicho al principio de la cultura occidental –, veremos que estos problemas no requieren de una especial *creatividad*, son secuenciales, lineales, a pesar de que requieren de una buena dosis de análisis. El tema fue tratado por vez primera en estudios llevados a cabo en la ex Unión Soviética en 1946:

*“Soviet TRIZ theorists found that there were two kinds of problems and two kinds of mechanisms at work to solve those two kinds of problems. The first kind is the routine problem, which can be solved by “tinkering” or trial and error. However, they found severe limitations on what trial and error can accomplish, and those limitations are called “contradictions.”* <sup>40, 41</sup>

Los problemas irracionales, por su parte, no son de tipo lineal, la solución, con la lógica lineal se escapa de las manos, y puede ser alcanzada solo, “saltando de costado”.

### 4.2.1 Los problemas racionales:

Son los casos escolásticos clásicos, solucionados paso a paso, - *con el método deductivo*- , sin mucha creatividad, por ejemplo, en el caso de los problemas criptométricos <sup>42</sup>, como el mostrado a la derecha, este tipo de problemas tienen una solución que se encuentra paso a paso, en una secuencia lógica. Le invitamos resolverlo en el espacio siguiente. (Soluciones al final del libro 9)

TRIZ: Acrónimo de “Theory of inventive problem solving”, iniciada en 1946 por Genrich Altshuller en la entonces Unión Soviética, buscando la diferencia entre soluciones inventivas y no inventivas

E-1 Si tenemos una suma expresada por medio de letras: A, B, y C, las cuales representan tres números comprendidos entre 1 y 9. Dada la suma, ¿cuáles son los números?

$$\begin{array}{r} AA+ \\ BB \\ \hline CBC \end{array}$$

<sup>40</sup> [www.iscid.org](http://www.iscid.org), accesado en línea, octubre 14 de 2006

<sup>41</sup> “Los teóricos del TRIZ soviéticos encontraron que hay dos tipos de problemas y dos tipos de mecanismos involucrados en la solución de esos dos tipos de problemas. El primero es el problema rutinario, que puede ser resuelto por ensayo y error. Sin embargo, encontraron severas limitaciones a lo que se puede lograr con ensayo y error y esas limitaciones fueron llamadas “contradicciones”

<sup>42</sup> *Ibíd.*, p. 24

En la mayoría de los casos, sin embargo, la vida diaria no es tan simple, encontrando sin embargo problemas "a mitad de camino" entre racionales (*que se resuelven por deducción*) e irracionales, como el mostrado al lado, nuevamente, invitamos al lector a resolver este problema que ha sido planteado en diversos ámbitos, incluyendo el desarrollo de la inteligencia artificial y la psicología;<sup>43</sup>

Misioneros = 3

Caníbales = 3

E-2 Tres misioneros y tres caníbales hacen un viaje juntos, pero el camino es cortado por un río. En la orilla encuentran una lancha que los ayuda a pasar, pero sólo caben dos a la vez, y hay un peligro, si en cualquier orilla los caníbales son más numerosos que los misioneros, estos últimos servirán de cena.

¿Cuál es la serie de viajes que permite a los seis atravesar el río sin que los caníbales sean jamás más numerosos que los misioneros en cualquiera de las orillas?

---

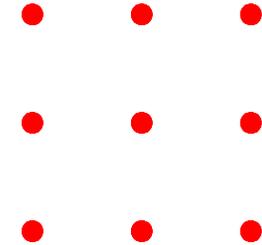
<sup>43</sup> Norvig, Peter, y Stuart J. Russell, Inteligencia Artificial, un enfoque moderno, Pearson Educación, México, 1996

#### 4.2.2 Problemas irracionales

Existe otro tipo de problemas, para los cuales la deducción no da respuestas, o bien, su solución parece estar dentro de un desierto sin dirección a dónde ir, lo cual nos deja en un "impasse". Para estos problemas, es necesario aplicar la intuición, sobre todo, ante un panorama aparentemente sin indicios, sin pautas a seguir, ante también, las "casi soluciones", es decir, que por poco llegan a cumplir los requisitos del problema, sin alcanzarlo.

Ante estas situaciones, la lógica de la intuición debe aprovecharse de los recursos del investigador, creando "corredores", o atajos hacia la solución.

Otro ejercicio clásico es el llamado *problema de los nueve puntos*, representado a la derecha. Debemos trazar cuatro líneas rectas, sin levantar el lápiz, de forma que se toquen todos los puntos, nuevamente invitamos al lector a desarrollar este ejercicio.



#### **4.2.3 Solución problemas irracionales:**

Para la solución de estos problemas, Perkins <sup>44</sup> recomienda:

##### **Búsqueda de amplio espectro:**

Síntoma: Encontrarse hundido en el problema ante un gran número de posibilidades, sin rumbo aparente (como en un desierto)

Respuesta: Probar una amplia gama de posibilidades.

##### **Redefinir:**

Encontrarse de repente en medio de un espacio sin dirección a dónde orientar la búsqueda.

Síntoma: Estar sin indicios.

Respuesta: Descifrar indicios escondidos, cambiar el punto de vista, observar las incongruencias.

##### **Descubrimiento falso:**

Síntoma: Caer en una ilusión, en una solución fácil o una "casi" solución.

Respuesta: Alejarse de la solución a medias.

##### **Descenrar:**

Síntoma: Insistir sobre una misma cosa, sin resultados.

Respuesta: Reenmarcar el problema (poner en duda los supuestos iniciales o representar el problema de una manera nueva, ampliando o cambiando los límites de la investigación)

Sobre los problemas anteriores, la solución se encuentra, en el caso del problema de los nueve puntos, en salir de los límites establecidos, es decir, luego de los intentos iniciales, nos damos cuenta que no está dicho que no se pueda salir del "límite" imaginario formado por los nueve puntos, al hacerlo, la solución se encuentra mucho más cerca.

---

<sup>44</sup> Perkins, David, "Come Leonardo", Gruppo editoriale il saggiatore, Milano, 2005

En el caso de los misioneros y caníbales, la solución comienza al considerar que no necesariamente quien ya llegó a la otra orilla "debe" permanecer en ella, es decir, cuestionamos los supuestos iniciales.

#### 4.2.4 Ejercicios:

E-4.- En la ecuación:

$$2 + 7 - 118 = 129$$

Agregar en un punto cualquiera una línea recta, en modo de transformarla en una proposición verdadera (al menos tres soluciones posibles).

E-5.- Dos extranjeros se conocen en una fiesta y comienzan a contarse su vida; en cierto momento, el primero dice "le debo confesar que no digo siempre la verdad", el segundo responde "le debo creer totalmente", y sin embargo, no ha escuchado al primero decir nada que sepa sea falso. ¿Como, entonces, puede estar tan seguro que la confesión del primero sea creíble?

E-6.- Dos personas se encuentran a diez metros de distancia, comienzan a caminar una hacia la otra, con un andar lento y constante de un metro cada diez segundos, sobre la nariz de la primera, hay una mosca, que cuando comienzan a acercarse levanta el vuelo, llegando a la nariz de la otra persona, luego regresa a la nariz de la primera, luego a la de la segunda, y así sucesivamente. La velocidad de la mosca es de un metro por segundo, obviamente, con cada viaje, la distancia se reduce, porque las dos personas están siempre más cerca. ¿Qué distancia cubre la mosca antes de quedar atrapada entre las dos narices que terminarán por encontrarse?

E-7.- Te encuentras delante a dos lazos que cuelgan del techo, a una cierta distancia uno del otro. Si tomas uno con la mano, no llegas, por poquísimo, a alcanzar el otro con la otra mano, pero de alguna manera debes llegar a amarrarlas entre sí. Te puedes ayudar con estos objetos: un diccionario, una cafetera, un vaso, un sapo (vivo), un gancho de tender ropa.

¿Cómo se pueden amarrar los lazos?

Los ejercicios anteriores no han sido escogidos de manera casual, nos alertan sobre una forma de pensamiento, distinta al razonamiento clásico. Este es un enfoque que se utiliza actualmente en el desarrollo de la "inteligencia artificial", la cual si bien es cierto dista aún mucho de equipararse a la humana, es interesante desde el punto de vista de la ciencia, la idea central es que si se conoce el proceso de pensamiento humano, la toma de decisiones, eventualmente, será posible reproducir dicho esquema. Especulaciones aparte, existen ya programas y sistemas que se basan no en la certeza (el método clásico), sino en la probabilidad (el espacio de las posibilidades).

*"Ci sono diversi ap.rocci all'intelligenza artificiale ma in uno dei più importanti ha grande rilievo l'idea di ricerca entro uno spazio di possibilità,e si tratta di un approccio che non vale solo per i computer ma anche per gli esseri umani[...]"<sup>45,46</sup>*

Los experimentos rusos han dado interesantes resultados, apuntando a la intuición en la solución de ciertos problemas, adicionalmente, el ensayo y error, el razonamiento deductivo tradicional encuentran aún aplicación, sin embargo, son útiles, cuando se tiene la dirección apropiada de la investigación, limitada, nuevamente, en un espacio de **posibles soluciones**, es decir, un marco dado previamente por el investigador, el cual nace de la intuición, no del ensayo y error.

*"At this point, there is a break, or "edge" which trial and error simply cannot get beyond. Think of a multi-dimensional hyper volume which contains all the types of systems that can be reached by trial and error from some existing system; each dimension represents one adjustable parameter. Furthermore, the edges of that hyper volume are well-defined and concrete; these edges are what TRIZ theorists call contradictions. The bottom line is that trial and error only moves about within the hyper volume and can never penetrate the absolute barriers of contradictions. That is why a second mechanism, the inventive mechanism, is needed for the second kind of problem"<sup>47,48</sup>*

---

<sup>45</sup> Perkins, David, *Come Leonardo*, Grupo editoriale il saggiaiore, Milano, 2005, p. 71

<sup>46</sup> "Hay varios acercamientos hacia la inteligencia artificial, pero en uno de los más importantes tiene gran relevancia la idea de la búsqueda dentro un espacio de posibilidades, y, se trata de un acercamiento que vale no solo para las computadoras, sino para los seres humanos.." Traducción libre.

<sup>47</sup> [www.iscid.org](http://www.iscid.org), accesado en línea, octubre 14 de 2006

<sup>48</sup> "En este punto, hay un rompimiento, o lado, el cual el ensayo y error no pueden simplemente atravesar. Pensemos en un hipervolumen que contiene todos los tipos de sistemas que pueden ser alcanzados por el ensayo y error desde un sistema existente; cada dimensión representa un parámetro ajustable. Adicionalmente, los lados del hiper volumen están bien definidos y concretos; estos lados son lo que los teóricos del TRIZ llaman contradicciones. Al final, el ensayo y error solo se mueven dentro del hipervolumen y no pueden penetrar las barreras absolutas de las contradicciones. Es por ello que un segundo mecanismo, el mecanismo inventivo, es requerido para el segundo tipo de problema" Traducción libre.

La búsqueda en un espacio de posibilidades implica algunos conceptos básicos:

#### 4.2.5 Conceptos básicos para el análisis del espacio de posibilidades:

**Espacio de los estados** (posibles): El conjunto de estados posibles de cosas.

**Operadores:** Las acciones que llevan de un estado a otro, por ejemplo, en el ajedrez son las jugadas permitidas, en los problemas matemáticos los operadores suman, restan, mientras en los problemas criptariméticos modifican las relaciones entre letras y números.

**Estado inicial:** El estado de partida, originario, pensemos en el ajedrez, las piezas colocadas antes de la partida. (El estado inicial, en el espacio de posibilidades puede ser más de uno)

**Estado resolutivo:** De acuerdo a un criterio, se alcanza un estado de solución, por ejemplo, en el ajedrez, el jaque mate.

**Medida de la promesa:** Criterio según el cual es posible medir la cercanía o lejanía de un estado intermedio, del estado resolutivo (o final). Este último permite trazar un "mapa de adecuadeza".

#### 4.2.6 Relación del espacio de posibilidades con problemas reales:

El espacio de posibilidades, en apariencia abstracto y etéreo, es aplicable a problemas reales, los cuales sin embargo, presentan ciertas características hasta cierto punto caóticas, que hacen desvanecer los límites y categorías tradicionales:

*"Il concetto di spazio delle possibilita nasce come concetto formale, matematico e rigoroso, ma per renderlo adatto a spiegare in generale che cosa sia risolvere un problema lo dobbiamo ampliare in modo che possa rendere conto anche del caos delle situazioni non formalizzate."*<sup>49, 50</sup>

---

<sup>49</sup> Perkins, Op. cit. P. 80

<sup>50</sup> "El concepto de espacio de posibilidades nace como concepto formal, matemático y riguroso, pero para adaptarlo a explicar en general qué cosa sería resolver un problema, lo debemos ampliar, en modo que pueda tener en cuenta también el caos de una situación no formal" Traducción libre.

**Ilustración 16 Hieronimus Bosch, Estudio para el jardín de las Delicias** <sup>51</sup>

El caos, de hecho, puede presentarse en al menos tres aspectos:

- 1.- Los límites del problema no son claros, disolviéndose unos con otros.
- 2.- El espacio de posibilidades no es estático sino dinámico, es decir, los límites cambian continuamente.
- 3.- El criterio de medida del espacio de posibilidades también cambia, por ejemplo, en los parámetros del estado resolutivo final, siempre cambiantes.

Para superar estas barreras pueden emplearse diversas técnicas, en las cuales no se excluye el puro caso, es decir, la fortuna, la cual no debe ser entendida como un malabarismo, sino que las condiciones externas al investigador también juegan un papel importante (el entorno).

#### 4.2.7 Técnicas de exploración del espacio de posibilidades

##### 4.2.7.1 El Brainstorming

Como técnica de exploración, el conocido Brainstorming puede ser utilizado, sobre todo, si se respetan los postulados clásicos del mismo:

- ninguna crítica, libertad de expresar ideas
- moverse continuamente de un tema a otro
- retomar los conceptos vertidos una y otra vez, con variaciones espontáneas
- Diversificación, es decir, aportar ideas de varios campos.

Sin embargo, en el caso del espacio de posibilidades, existen algunos riesgos, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Aunque no hay límites formales, en un grupo cualquiera, pueden subsistir presupuestos tácitos inconscientes, los cuales limitan el espacio de posibilidades.
- Es sólo el inicio del trabajo, la siguiente fase, deberá incluir una valoración de los resultados, lo cual implica un juicio.
- Un brainstorming, puede también, no llevar a ningún resultado interesante.



<sup>51</sup> Fuente: Perkins, David, Come Leonardo, Op. cit. P. 98

#### 4.2.8 Variaciones intencionales del tema

En el espacio de posibilidades, históricamente, importantes avances de la ciencia y del arte han sido fruto de variaciones a veces no intencionadas del tema. Por ejemplo, Darwin, al elaborar la teoría de la evolución de las especies, reorientó su estudio *luego de leer el ensayo sobre la población de Malthus*; Gutenberg ideó la imprenta luego de visitar casualmente una viña, donde se aplicaba un torno para la extracción del jugo de uva.

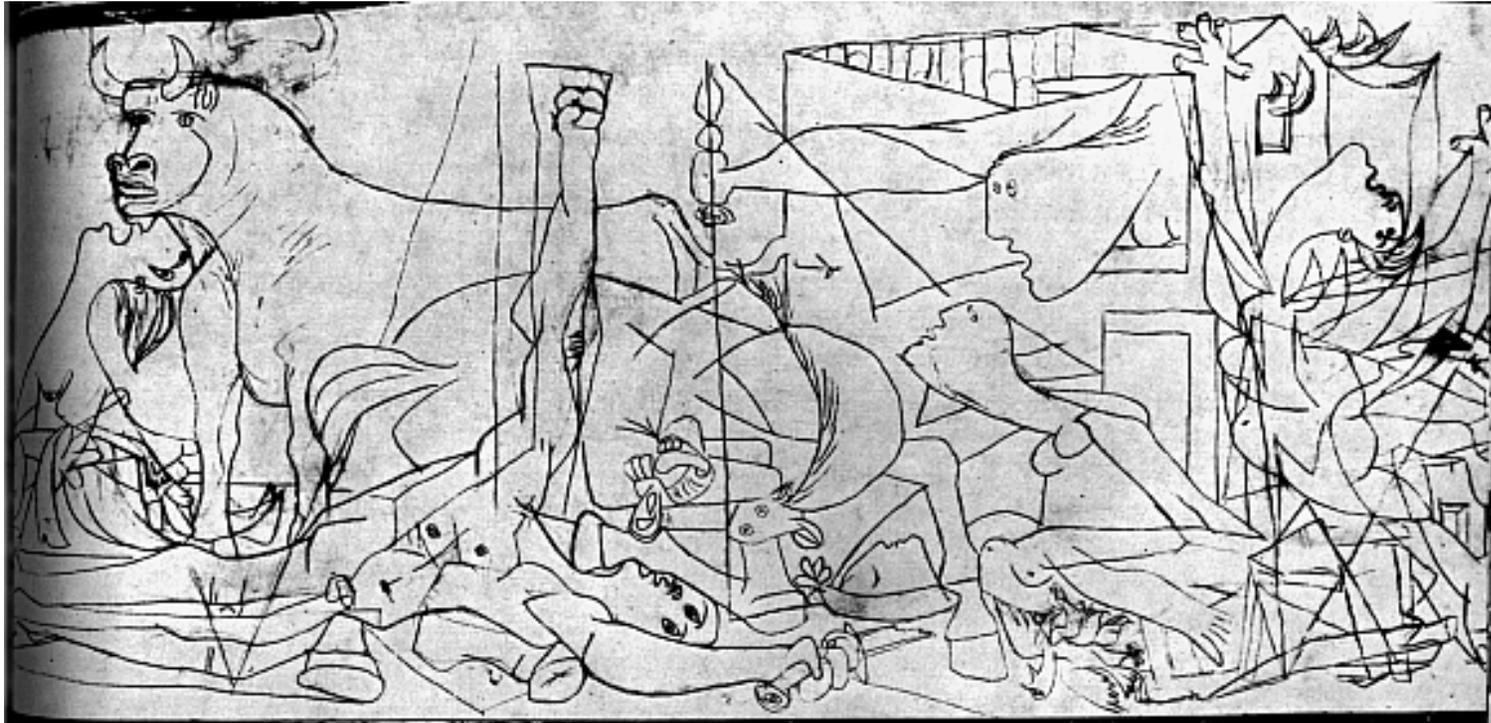
Estas variaciones pueden ser intencionales, con el fin de escapar del "desierto" de posibilidades. (Es posible intentar *todas* las opciones posibles sólo cuando el problema tiene un número limitado de variables, sin embargo, en la mayoría de los casos, esto no es así, o el número de estados posibles es enorme, no siendo práctico analizar todos los estados).

La variación, entonces, nace como técnica válida de investigación, encontrándose ejemplos en diversas ramas, por ejemplo, la música (ver pista 01, variación Kreuzer, Beethoven, pista 02 variaciones Enigma de Edgar Elgar), o el jazz, que lo emplea como técnica por excelencia.<sup>52</sup>

En el campo de las artes visuales, también se encuentran ejemplos, entre los cuales resaltan Picasso (ver ilustración al inicio del libro), y, en el *cinquecento*, Hieronimus Bosch, quienes exploran y analizan voluntariamente el espacio de posibilidades.

---

<sup>52</sup> Perkins, Op. cit. P. 103



**Ilustración 17 Pablo Picasso, estudio para el “Guernica”.**

53

<sup>53</sup> Fuente: <http://www.xardesvives.com/plastica/guernica>

**Ilustración 18 El Doodle**

54

**4.2.8.1 El Doodle**

Es una especie de “arte del arbitrario” una técnica de tipo visual-intuitivo para ampliar el campo de estudio, nacida como un juego diseñado en el curso de estudios desarrollados por Roger Price, en la cual, dado el nombre de un “cuadro” (literalmente), el reto es proponer otro nombre. Este tema, aún de apariencia inocente, encierra uno de los postulados del posmodernismo, si todo puede ser arte, si la obra de arte lo es **-porque el artista así lo dice-**, y finalmente, cómo influye en nosotros el título propuesto por el artista.<sup>54</sup>

En la ilustración 7, por ejemplo, el título propuesto era “Un barco llegando tarde a rescatar una bruja”, las respuestas dadas por algunos de los participantes en el programa de Price fueron:

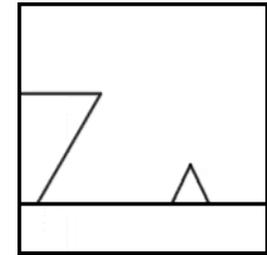
- El Titanic a punto de estrellarse con un iceberg
- Un tiburón esperando su cena
- La pirámide inclinada de Egipto

Para la ilustración 8, el título propuesto era “La torre Eiffel vista a través de la ventana trasera de un blindado”, siendo las respuestas dadas:

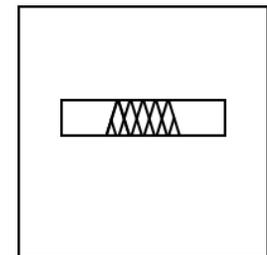
- Cinco pingüinos vistos a través de un espejo retrovisor
- Una caja con dientes afilados
- Un árbol de navidad en una caja

Para la ilustración 9, ahora ya un clásico, el título, “Cuatro elefantes oliendo una naranja”, es engañosamente sugestivo, ensaye a dar otras posibilidades:

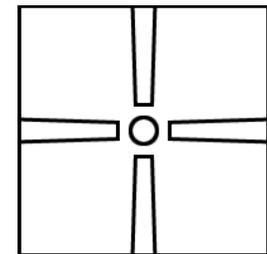
-



**Ilustración 18-1 “Un barco llegando tarde a rescatar una bruja[...]”**



**Ilustración 18-2 “La torre Eiffel a través de la ventana trasera de un blindado..”**



**Ilustración 18-3 “Cuatro elefantes oliendo una naranja..”**

<sup>54</sup> Doodles, tomado de <http://www.brainbashers.com> accesado en línea, octubre 15 2006.

<sup>55</sup> Ibidem.

### 4.3 Experimentos – determinación de patrones lógicos mentales en tres grupos de análisis

Para determinar los patrones mentales, se han diseñado tres pruebas:

- 01 Prueba de fijación estructural
- 02 Prueba de modo deductivo-intuitivo
- 03 Prueba de pensamiento 2d/3d
- 04 Prueba de fijación funcional
- 05 Prueba de fijación de límites
- 06 Prueba de fijación de orden espacial

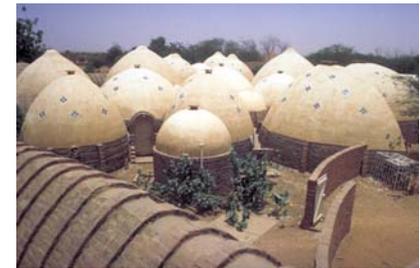
#### 4.3.1 Experimento 01 fijación estructural

Como parte de la investigación, basado en el "arte del arbitrario", se diseñó un experimento, en el cual se hizo participar a personas de distinto "background" cultural, aprovechando la experiencia del master en diseño de hospitales, realizado en Roma, Italia. En el curso de este master tuve la oportunidad de experimentar con mis compañeros de clases, originarios de Libia, Líbano, Guatemala, México, Italia, Albania, Irak y Mozambique.

Adicionalmente, vía correo electrónico, también obtuve la colaboración de algunos compañeros de la maestría en diseño arquitectónico, acá en Guatemala.

A los participantes, en este grupo todos profesionales, se les mostró una serie de fotografías, debiendo expresar **la primera idea que les viniera a la mente**. Este ejercicio partía del supuesto que los espectadores no conocían previamente las imágenes y, por lo tanto, su juicio no se vería influenciado por la memoria de hechos precedentes relacionados con la misma.

Las imágenes mostradas a la derecha fueron las presentadas a los participantes del ejercicio.



Las imágenes mostradas corresponden a un hospital ubicado en Mauritania, Africa.

Los resultados de estas investigaciones están en la página siguiente, pero antes de continuar, le invitamos a usted a participar:

¿Cuáles son sus experiencias al ver estas fotos?

¿Le gusta? – o no

¿Qué es? - o no es

Pruebe a sugerir un título para estas imágenes

Resultados del experimento:

Respuestas master en diseño de hospitales:

Extraño (Gua)

Construcción de bajo costo (Mozambique)

Me gusta (Mex)

Es una fábrica. (Mozambique)

Residencia (Italia)

Construcción vernácula, arquitectura egipcia (Líbano)

Es un horno (Mozambique)

Parece una villa, donde puede verse una estructura jerárquica de padre, hijos y sus esposas (varias familias) (Mozambique)

Es una casa (Iraq)

Es musulmán (Italia)

Es distinto (Libia)

Respuestas master en diseño arquitectónico:

Desorden (Gua)

Arquitectura vernácula (Gua)

Parecen unas bubis (Gua)

Ya deje de jugar con nuestros cerebros (Gua)

Las conclusiones que arroja este ejercicio, como parte del estudio de posibilidades, muestran cosas interesantes:

- El conocimiento previo de **estructuras visuales**, materiales, orientó a algunos observadores a ubicar en África el objeto-imagen y a atribuirle características de construcción vernácula egipcia, construcción a bajo costo, un horno, una fábrica.
- El conocimiento previo de **estructuras sociales** orientó a algunos observadores a identificarlo como una residencia, casa, o incluso, una Villa (varias casas)
- El desconocimiento de tales **estructuras, o más bien las contradicciones con estructuras propias**, inclinó otras respuestas hacia el desorden, distinto, extraño.
- Las asociaciones biológicas están presentes: unas bubis.

Los datos identifican, en su mayoría, el objeto con una función arquitectónica (casa, fábrica), sin embargo, no asocian el objeto-imagen con su función actual, un hospital en Kaedi, Mauritania, África.

*"Kaedi is located in a remote sector of Mauritania, near the border of Senegal. Its hospital serves a rural population. The extension adds 120 beds to the hospital, an operating theatre complex, paediatric, surgical and ophthalmic departments, a maternity and general medical unit, a laundry, kitchens, storerooms, a garage, and a workshop. The architects were not to replicate the earlier hospital's conventional concrete-frame buildings; their brief was to house the planned facilities by developing new low-cost techniques of construction employing local materials and skills, that would be applicable to other building types within the region. All workmen were local, trained on the site to perform the new techniques. Although the use of brick is not a part of the local vernacular, the architects chose to develop a structural vocabulary of hand-made brick, fired in kilns built near the source of clay. The structural repertoire that emerged, after on-site experimentation with a number of domes and vaults, included simple domes, complex domes, conventional half-domes, pod-shaped spaces, and self-supporting pointed arches which form winding circulation corridors. The overall plan for the hospital extension was derived from these forms. Adequate natural light enters the complex through glass blocks set into the brickwork and from interstices left between the brick arches. The response of both doctors and patients has been positive, and the community takes pride in the fact that the medical facility was built by their own people. The jury believes that the innovative construction techniques introduced may have wide significance, particularly since the successful functioning of the hospital should encourage similar initiatives elsewhere."*<sup>56, 57</sup>

<sup>56</sup> Fuente: [www.purl.org](http://www.purl.org), accesado en línea, febrero de 2006

<sup>57</sup> "Kaedi está localizada en un remoto sector de Mauritania, cerca de la frontera con Senegal, el hospital atiende una población rural, la extensión añade 120 camas al hospital, un grupo operatorio, departamentos de pediatría, cirugía, y oftalmología, una maternidad, y una unidad de medicina general, lavandería, cocina, almacenes, garaje y taller. Los arquitectos no tuvieron que

### 4.3.2 Experimento 02 Lógica deductiva-inductiva

Se diseñó una prueba, en la cual por medio de ejercicios sencillos podría establecerse una forma de pensamiento. La prueba estuvo orientada hacia aspectos relevantes en el proceso de diseño arquitectónico, tales como, pensamiento en dos dimensiones o en tres (2d/3d), formas de ordenar el espacio, fijación funcional, fijación de límites, pensamiento deductivo.

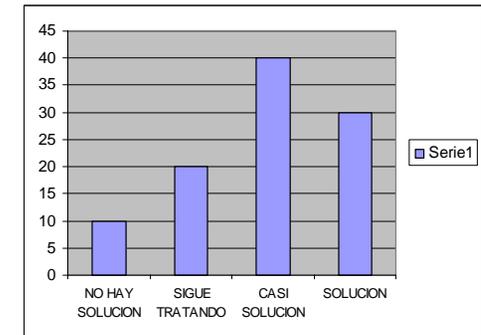
La muestra estuvo formada por estudiantes del 7º semestre de la Facultad de Arquitectura así:

Sujetos de estudio: Estudiantes de séptimo semestre Facultad de Arquitectura

Tamaño de la muestra: 36 sujetos

Rango de edades: 21-60 años

Sexo: 52% masculino, 48 % femenino



**Cuadro 1 Porcentaje de solución de la prueba 01**

#### 4.3.2.1 Prueba 01 de pensamiento 2d/3d

Para esta prueba, se empleó el siguiente ejercicio:

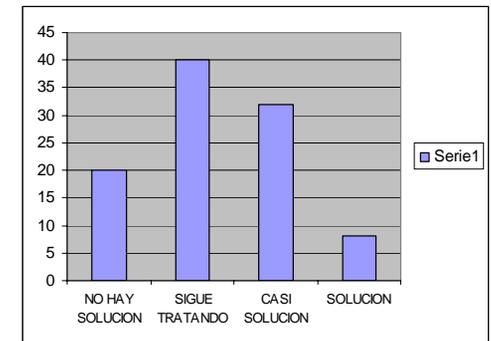
- Un arquitecto del paisaje recibe el encargo de sembrar 4 palmeras en un parque, como se interesa por la geometría, decide plantarlas de forma tal que entre todas y cada una de ellas exista la misma distancia ¿Cómo planta las palmeras?

replicar los marcos de concreto del edificio original; su ensayo era albergar las instalaciones previstas desarrollando técnicas de construcción a bajo costo, empleando materiales y destrezas locales de construcción, que podrían ser aplicables a otros edificios dentro de la región. Todos los trabajadores fueron locales, entrenados en el sitio para realizar nuevas técnicas. A pesar de que el uso de ladrillo (cocido) no es parte de la arquitectura vernácula local, los arquitectos escogieron el desarrollo de un vocabulario estructural de ladrillo artesanal, cocido en hornos construidos cerca del yacimiento de arcilla. El repertorio estructural que surgió, luego de experimentación in situ con varios domos y bóvedas, incluyó domos simples, domos complejos, medios domos convencionales, espacios con forma de “pod”, arcos autoportantes apuntados (góticos), que forman los corredores de las alas. El plano de conjunto de la extensión del hospital derivó de estas formas. Luz natural adecuada entra al complejo a través de bloques de vidrio embutidos en el ladrillo y en los intersticios dejados entre los arcos de ladrillo. La respuesta de tanto doctores como pacientes ha sido positiva, y la comunidad está orgullosa del hecho que la instalación médica fuera construida por su misma gente. El jurado cree que las técnicas de construcción innovadoras introducidas pueden ser de gran influencia, en particular, dado que el funcionamiento exitoso del hospital puede promover iniciativas similares en otros lugares [...]” Traducción libre.

El grupo de sujetos de estudio se mostró receptivo, sin embargo, luego de treinta minutos, cerca del 10% de la muestra se mostró escéptico sobre la sola posibilidad de una respuesta que cumpliera los requisitos del problema (creían que no había solución) cerca del 40% planteó "casi soluciones", trastocando un poco el problema para ajustarlo a los requisitos del mismo. Un 30% encontró la solución, y el restante 20% seguía tratando.

Conclusiones preliminares: La lógica intuitiva es menos patente en los cursos del pénsum, por lo que su uso presentó mayores dificultades al estudiante. El objetivo del ejercicio era revelar la estructura de pensamiento, la cual resultó ser, paradójicamente, en dos dimensiones, para el 90% de la muestra.

**Cuadro 2 Porcentaje de solución de la prueba 02**



#### 4.3.2.2 Prueba 02 de fijación de orden espacial

Para esta prueba se empleó el ejercicio siguiente: Juan desea plantar 10 manzanos, en cinco filas, de 4 manzanos cada una ¿Cómo planta los manzanos?

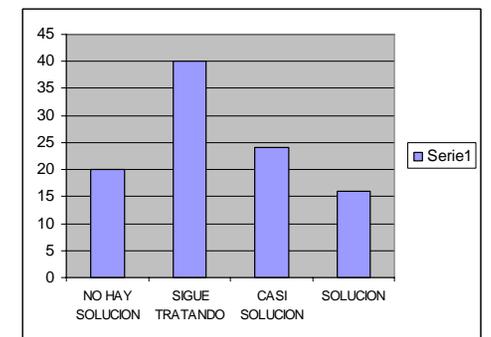
Los resultados son bastante similares al anterior, manteniéndose el *estado de solución* en alrededor del 8%.

#### 4.3.2.3 Prueba 03 de fijación de límites

Para esta prueba, se empleó el conocido ejercicio *de los nueve puntos*:

En esta prueba, como la anterior, el porcentaje de solución es menor que en el primer ejercicio. Solamente el 16 % de la muestra ofreció la respuesta correcta.

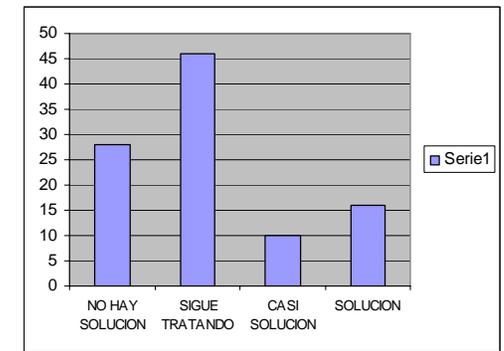
**Cuadro 3 Porcentaje de solución de la prueba 03**



#### 4.3.2.4 Prueba 04 de fijación funcional

Se empleó acá el ejercicio siguiente:

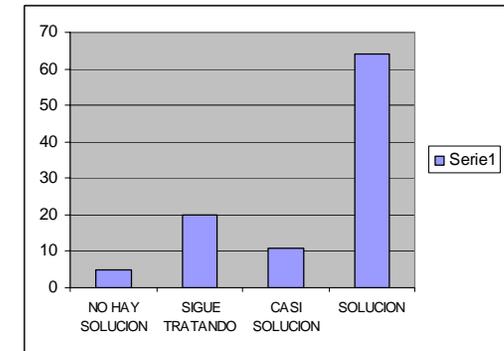
Te encuentras delante a dos lazos que cuelgan del techo, a una cierta distancia u no del otro. Si tomas uno con la mano, no llegas, por poquísimo a alcanzar el otro con la otra mano, pero de alguna manera debes llegar a amarrarlas entre si. Te puedes ayudar con estos objetos: un diccionario, una cafetera, un vaso, un sapo (vivo), un prensador de ropa. ¿Cómo se pueden amarrar los lazos?



**Cuadro 4 Porcentaje de solución de la prueba 04**

**4.3.2.5 Prueba 05 modo deductivo-intuitivo**

Para esta prueba, se empleo el ejercicio planteado en la sección precedente: AA+ BB = CBC. El grupo de sujetos de estudio se mostró receptivo, los resultados indican que cerca del 50% de los estudiantes resolvieron la prueba en un período de 15 minutos, 70% en un período de 30 minutos.



**Cuadro 5 Porcentaje de solución de la prueba 05**

Conclusiones preliminares: La lógica deductiva está presente en muchos estudios dentro del pensum de estudios, por lo que es una práctica común en los estudiantes, lo que se refleja en el alto porcentaje de solución de la prueba 5, es decir, estamos más acostumbrados a trabajar con problemas en los cuales se pueden ir probando soluciones, paso , a paso. No obstante en otro tipo de problemas, como los planteados del 1 al 4, la solución escapa a la lógica deductiva, no hay un "camino" bien definido. Es interesante notar que de la muestra estudiada, el 30 % obtuvo la respuesta de la prueba 2d/3d (es decir, un 70% piensa en 2d), de este 30%, 19% corresponde a mujeres, y 11 % a hombres, lo que indica que, una de cada dos mujeres piensa en 3d, mientras que en el caso de los hombres, la relación se reduce a 1 de cada 5.

## 4.4 Conclusiones

La lógica mostrada en el anterior libro dista mucho de la lógica tradicional, no se ha hecho uso acá de tablas de verdad, proposiciones lógicas complicadas o con lenguaje oscuro, más bien, el enfoque adoptado ha sido el de aprender con el ejemplo, por medio de los ejercicios planteados.

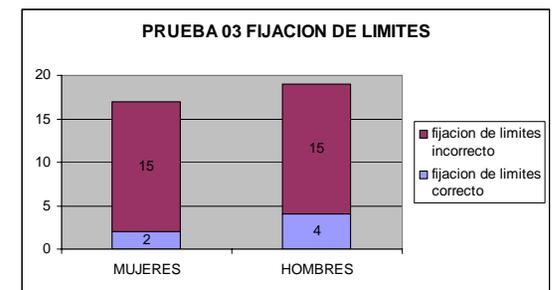
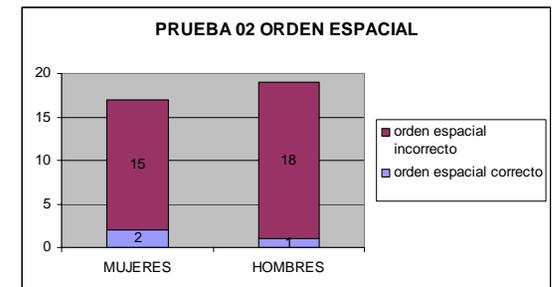
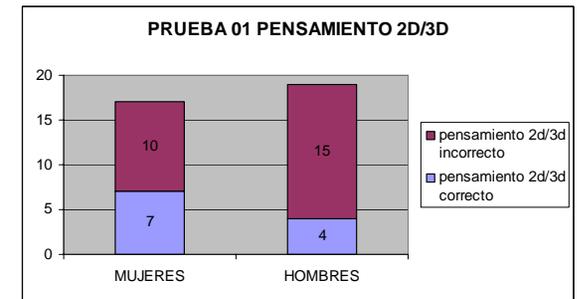
Estos ejercicios han estado encaminados a desvelar algunas características del pensamiento, por ejemplo, el ejercicio de los nueve puntos (Prueba 03) es usado en psicología para descubrir la capacidad de salir de los propios límites (la solución del ejercicio se encuentra saliendo del cuadrado imaginario). En este único caso, en cuanto a género, los hombres llevaron una ligera ventaja respecto a las mujeres, aunque en general, sólo un 16% de la muestra superó la prueba.

Otros ejercicios, como los criptométricos, son sólo un esbozo de la lógica clásica, con fines de comparación, pero tampoco hay que olvidar que la lógica clásica sigue teniendo un lugar importante en el desarrollo de la ciencia.

En el caso de los manzanos (Prueba 02) y del arquitecto del paisaje (Prueba 01), encierran claves para el desarrollo del pensamiento en este caso de los estudiantes de la Facultad de Arquitectura, en el sentido que, paradójicamente, la mayoría de los estudiantes no piensan en tres dimensiones y, adicionalmente, basan la estructuración del espacio en matrices de líneas y puntos básicamente, ortogonales, es decir, manteniendo ángulos de 90 grados.

En relación al género, se observa una mayor tendencia en las mujeres hacia el pensamiento en tres dimensiones (en el caso de los hombres, el pensamiento en 3d se da "filtrado" por la descomposición en planos ortogonales).

En cuanto a la fijación funcional (Prueba 04) no se observan diferencias significativas en el comportamiento entre hombres y mujeres, siendo muy fuerte la noción de permanencia y fijación del uso de las cosas. (en otras palabras los objetos "sirven" sólo para una cosa.)

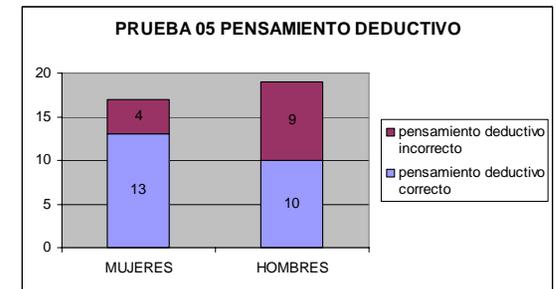
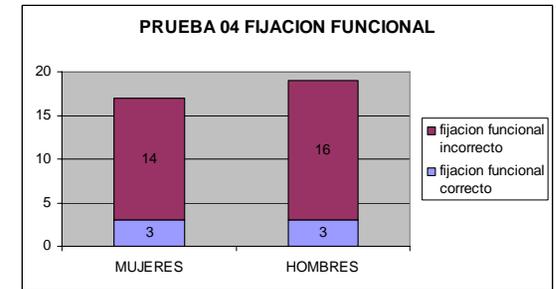


Finalmente, la prueba 05, pensamiento deductivo, obtuvo los mayores porcentajes de solución, en parte porque es el pensamiento tradicional, sin embargo, se observa que nuevamente, las mujeres obtuvieron mejor desempeño respecto a su contraparte masculina. (Tres de cada cuatro mujeres superaron la prueba, mientras que solo 1 de cada dos hombres superó la prueba)

Hasta aquí nos hemos concentrado en las pruebas de lógica deductiva e inductiva, sin embargo, vale la pena regresar también al ejercicio de Caedi, en el cual la lógica de tipo visual intuitivo juega un papel importante, ya que las estructuras visuales son tales en cuanto son reconocidas por el observador. (Prueba del droodle)

La lógica intuitiva de tipo abstracto, es básica en el abordaje del campo de las variaciones y de los casos de la lógica intuitivo-visual, como punto de partida para el análisis de casos que se desarrollará en el libro 6.

Sin embargo, antes del estudio de casos, conviene listar, de manera somera, las diversas teorías que servirán para conformar la envoltura externa o espacio de posibilidades del modelo de análisis, tema que se desarrollará en el próximo libro.





## LIBRO 5 ESPACIO DE POSIBILIDADES

TEORIA DE LA ARQUITECTURA, TEORIA DE SISTEMAS, TEORIA DEL ARTE, TEORIA DE LA EVOLUCION, TEORIA DE LA ESTETICA, TEORIA DE LA ESTATICA, MEMES, ARQUENES, ESTEÁTICA, TEORIA DE LA ARQUITECTURA, TEORIA DE SISTEMAS, TEORIA DEL ARTE, TEORIA DE LA EVOLUCION, TEORIA DE LA ESTETICA, TEORIA DE LA ESTATICA, MEMES, ARQUENES, ESTEÁTICA, TEORIA DE LA ARQUITECTURA, TEORIA DE SISTEMAS, TEORIA DEL ARTE, TEORIA DE LA EVOLUCION, TEORIA DE LA ESTETICA, TEORIA DE LA ESTATICA, MEMES, ARQUENES, ESTEÁTICA, TEORIA DE LA ARQUITECTURA, TEORIA DE SISTEMAS, TEORIA DEL ARTE, TEORIA DE LA EVOLUCION, TEORIA DE LA ESTETICA, TEORIA DE LA ESTATICA, MEMES, ARQUENES, ESTEÁTICA, TEORIA DE LA ARQUITECTURA, TEORIA DE SISTEMAS, TEORIA DEL ARTE, TEORIA

## 5.0 Introducción

La construcción del modelo de la arquitectura se alimenta de diversas teorías, distinguiéndose dos fases, una fase práctica, instrumental, vista en los libros del 1 al 4, que aporta los *fundamentos lógicos* del modelo, y una fase de análisis, que se alimenta de las características propias de la arquitectura en cuanto tal, es decir, aquellas que identifiquen las **variables** a considerar en el desarrollo del modelo.

Para la construcción de un modelo en el espacio de posibilidades es necesario establecer algunos parámetros –no límites- los cuales sirven para iniciar el proceso de selección de casos. Estos parámetros no son fijos, es decir, como se vio en el libro anterior, la frontera entre uno y otro o entre el espacio de búsqueda en ocasiones tiende a desvanecerse.

Entre otros, se esbozará una teoría basada en los campos de la arquitectura, la estética, la estática, la teoría de la elasticidad, la teoría de la evolución, (las teorías de modelos y del pensamiento, consideradas fundamentales, fueron vistas con más detalle en los libros 2 y 3, mientras que los principios lógicos fueron vistos en el libro 4).

El marco general, así planteado, se expresará **en términos evolutivos**, dentro del **espacio de posibilidades**, basado en una **lógica de tipo intuitivo**, o sea la lógica del arquitecto – o al menos así se tratará de demostrar-.

En este espacio de posibilidades, la arquitectura se plantea como un *proceso de tipo evolutivo*, esto es, sus elementos -de aquí en adelante llamados **arquenes**- presentan características similares a las observadas en la naturaleza, esto es, nacen, se desarrollan, se reproducen y mueren, actuando en conjunto, no como organismos independientes, en relación a si las condiciones del medio circundante son *propicias*, al grado de *aislamiento* o comunicación que presenten, entre otros factores.

El estado de desarrollo en un momento particular se llamará **el tipo**, caracterizado por la proliferación o medra de algunos arquenes. Adicionalmente, el tipo, basado en la teoría de la elasticidad, presenta un comportamiento diferente, al ser sometido a cargas, fundamentalmente, en dos estados: determinado e indeterminado.

En sus orígenes, sin embargo, los arquenes presentarán características **embrionarias**, las cuales podrán ser trazadas o comparadas aún en continentes distintos. Las **características comunes** se van reduciendo a medida que nos alejamos de dicho estado embrionario, por lo que el análisis en los orígenes es una **condición necesaria** para la construcción del modelo.

## 5.1 Arquitectura y estética

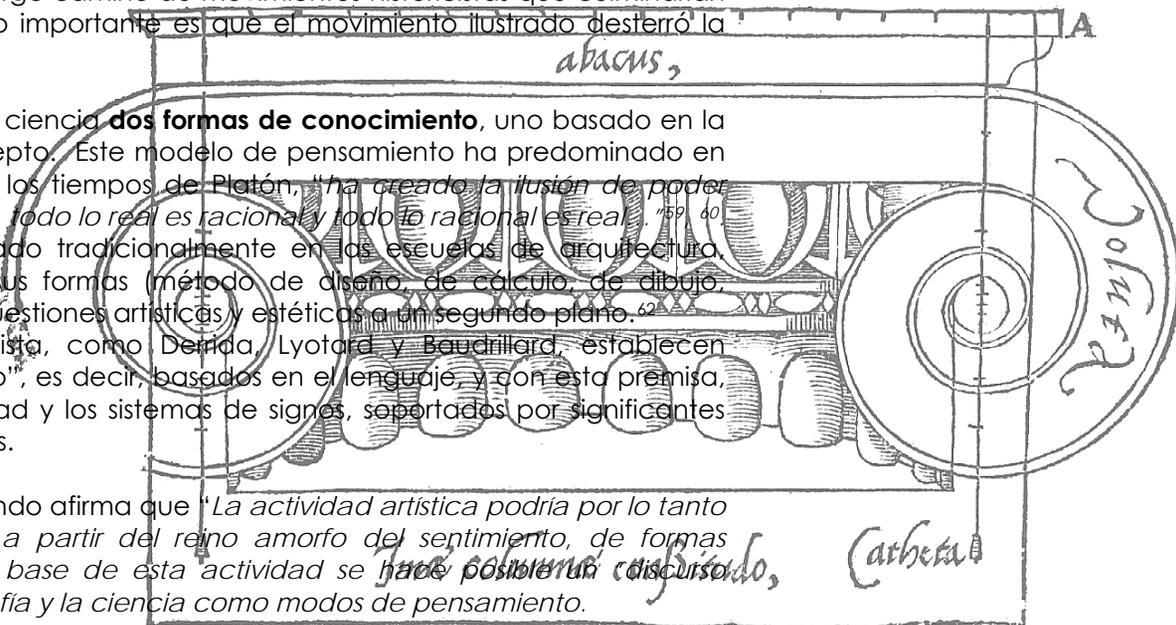
El pensamiento occidental, heredado de las culturas griega y romana, estuvo marcado por una estética "objetiva", esto es, la creencia de que las cualidades estéticas residían en los objetos, habida cuenta de que mantuvieran ciertas proporciones. Es por ello que el estudio de las proporciones fue determinante por casi 20 siglos.

Este proceso culmina con el pensamiento ilustrado, el cual establece el inicio del divorcio de aquella concepción objetiva de la belleza. El pensamiento ilustrado, aunque animado por la razón, no logró abstraerse totalmente de la necesidad de recurrir a cánones, retomando el lenguaje clásico, y un largo camino de movimientos historicistas que culminarían en el siglo XX con el modernismo. Lo importante es que el movimiento ilustrado desterró la idea de la universalidad del canon.<sup>58</sup>

Hegel (1770-1831), veía en el arte y la ciencia **dos formas de conocimiento**, uno basado en la intuición sensible y el otro en el concepto. Este modelo de pensamiento ha predominado en la cultura occidental, la cual, desde los tiempos de Platón, *"ha creado la ilusión de poder distinguir entre la doxa y la episteme... todo lo real es racional y todo lo racional es real."*<sup>59</sup> 40

Esto es lo que se ha enseñado tradicionalmente en las escuelas de arquitectura, basadas en el **método**<sup>61</sup>, en todas sus formas (método de diseño, de cálculo, de dibujo, científico), quedando relegadas las cuestiones artísticas y estéticas a un segundo plano.<sup>62</sup> Filósofos del movimiento posmodernista, como Derrida, Lyotard y Baudrillard, establecen sistemas basados en "el giro lingüístico", es decir, basados en el lenguaje, y con esta premisa, establecen el divorcio entre la realidad y los sistemas de signos, soportados por significantes que son polisémicos, es decir, variables.

Herbert Read va más allá, cuando afirma que *"La actividad artística podría por lo tanto describirse como una cristalización, a partir del reino amorfo del sentimiento, de formas significativas o simbólicas. Sobre la base de esta actividad se hace posible un discurso simbólico", y surgen la religión, la filosofía y la ciencia como modos de pensamiento.*



32

<sup>58</sup> Vergara Balderas, Mario Eric, *La Estética de Theodor W. Adorno y las Teorías de la Arquitectura* Primer coloquio nacional de teoría de la arquitectura, México, agosto de 2004.

<sup>59</sup> Alonso, Pedro Luis, *Debate sobre la posmodernidad*, El pensamiento posmoderno, en Curso panorama del pensamiento contemporáneo, Colloquia, 22 marzo-5 abril 2002, copias de clase.

<sup>60</sup> Este es un discurso totalmente Hegeliano, quien a su vez basó su trabajo en Kant, para quien lo que no podía ser comprendido por el pensamiento estaba fuera del mundo real y era por tanto, "incognoscible".

<sup>61</sup> Basado en el pensamiento de Descartes: *El discurso del método*

<sup>62</sup> La influencia del método en las escuelas de arquitectura ha sido mencionada con frecuencia, sobre todo, algunos de los arquitectos más emblemáticos del siglo XX, Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Barragán, si bien tuvieron una formación artística ó cultural, no fueron formados en la ACADEMIA.

*“Es esta una afirmación atrevida, ya que otorga al arte el primer lugar y la función primaria en la evolución de todas las facultades superiores que constituyen la cultura humana...”<sup>63</sup>*

René Brenes, en su teoría de la arquitectura nos comenta que:

*“Los valores estéticos que conforman el mundo de la expresión son culturalmente interpretables a través de los supuestos sobre los cuales se halla construida la sociedad que los creó, en un acontecer y un lugar determinados.”<sup>64</sup>*

Desde el punto de vista de la arquitectura aparece la posibilidad de construir dicho lenguaje de formas:

*“así como la gramática nos enseña a analizar los componentes del lenguaje que hablamos todos los días, de igual manera la Teoría de la Arquitectura debe empezar por enseñarnos a analizar los componentes del espacio en que vivimos diariamente...”<sup>65</sup>*

Sin embargo, la estética como disciplina está lejos de llegar a un acuerdo, coexistiendo diversos enfoques como los mostrados a continuación:

<b>Filósofo</b>	<b>Concepto de belleza</b>
Platón (428-347 AC)	Verdad, el arte era parte de la ética
Aristóteles (384-322 AC)	Simetría, proporción y orden
Baumgarten (1714-1762)	Introduce el término “estética” <sup>66</sup>
Kant (1724-1804), Schopenhauer (1788-1860)	Cualidad de los objetos, que incitan a una contemplación y felicidad desinteresada.
Hegel (1770-1831),	Divide arte y ciencia como dos formas de conocimiento.
	“considera (la arquitectura) un arte pero con una naturaleza diferente, autónoma, con una finalidad esencial diferente de las demás artes” <sup>67</sup>
Galvano Dellavolpe (1895-1968)	Reacciona contra todo intento de negar la naturaleza intelectual del arte

**Tabla 2 Momentos notables en el desarrollo de la Estética, elaboración propia.**

<sup>63</sup> Read, Herbert, *Imagen e Idea*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003.

<sup>64</sup> Brenes, René *Teoría general de la arquitectura* Editorial universitaria, Panamá, 1994, p. 112

<sup>65</sup> Brenes, René *Teoría general de la arquitectura* Editorial universitaria, Panamá, 1994, p. 9

<sup>66</sup> Durant, Will *The pleasures of philosophy*, Simon and Schuster, New York, 1953, p. 190

<sup>67</sup> Miranda Zacarías, Iliana, *¿Diseño Arquitectónico o Arte Contemporáneo?*, Facultad de Arquitectura, UNAM, Primer coloquio nacional de teoría de la arquitectura, México, agosto de 2004.

### 5.1.1 Estética analítica

La estética analítica presenta entre sus características, las siguientes, que la hacen susceptible de ser utilizada en el pensamiento paralelo:

- Carácter lingüístico
- Rechazo a la estética idealista (estética de lo bello) o metafísica
- En general, se entiende que las obras de arte representan la realidad, pero varía el concepto cognitivo o no cognitivo de la obra de arte.
- El análisis de conceptos como estilo, metáfora o ficción, no ligados a una experiencia cognitiva del mundo, está presente en los estudios analíticos sobre la representación.

### 5.1.2 Teoría de la elasticidad, mecánica, estática

La mecánica es la rama de la física que estudia las condiciones de reposo o movimiento de los cuerpos, cuando los cuerpos están en reposo (han alcanzado equilibrio), los estudia la estática, si existe un movimiento relativo, los estudia la dinámica. La teoría de la elasticidad descansa sobre la ley de Newton, sobre todo en la segunda, considerándose la primera y tercera casos particulares de la segunda.

La primera ley de Newton, sin entrar en demostraciones formales, establece que cuando en un sistema dado la resultante de fuerzas es cero, la aceleración también será cero. En otras palabras, los objetos en reposo tenderán a mantenerse en reposo con respecto a un sistema de referencia, los objetos en movimiento tenderán a seguir en movimiento, con velocidad constante, hasta que otra u otras fuerzas intervengan y modifiquen tal condición. Esta ley es más conocida como la "ley de la inercia".

La tercera ley, establece algo muy importante siempre en el marco de la teoría de la elasticidad, esta ley, es conocida como el principio de acción y reacción, cuya consecuencia es que al aplicar cargas a un sistema, la reacción del mismo será la transmisión y, sobre todo, la deformación.

La segunda ley de Newton establece que cuando existe una resultante de fuerzas, el comportamiento de los objetos quedará definido por la expresión

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

Fuerza es igual al producto de la masa por la aceleración, es decir, la aceleración es directamente proporcional a la fuerza, e indirectamente proporcional a la masa.

Las teorías recientes, basadas en la teoría cuántica, la teoría de las cuerdas, entre otras, promueven una concepción del espacio extendida a más dimensiones, lo cual sin embargo, no invalida el modelo clásico de Newton para velocidades inferiores a la velocidad de la luz, es decir, para nuestra experiencia sensible.

Es importante recordar que la fuerza es una cantidad vectorial, lo que implica que también tiene dirección y sentido, lo que implica que la forma lógica de los elementos arquitectónicos, se presenta *en la dirección de las fuerzas*.

Sin embargo, lejos de haber alcanzado un desarrollo pleno, tal como sucede en el caso de la estética, la estática descansa sobre modelos teóricos, susceptibles de ser modificados:

*“Aunque el estudio de la mecánica se remonta a los tiempos de Aristóteles (384-322 a. de C.) y de Arquímedes (287-212 a. de C.), hay que esperar hasta Newton (1642-1727) para encontrar una formulación satisfactoria de sus principios fundamentales... su validez permaneció incólume hasta que Einstein formuló la teoría de la relatividad (1905)”<sup>68</sup>*

*“Los conceptos básicos usados en la mecánica son espacio, tiempo, masa, y fuerza. Estos conceptos no pueden ser definidos exactamente y deben aceptarse sobre las bases de nuestra intuición y experiencia, y emplearse como un marco de referencia mental en el estudio de la mecánica”<sup>69</sup>*

Lo anterior es de gran importancia, ya que nuestro concepto de masa, tiempo, o espacio, descansan en nuestras percepciones de los mismos, es decir, en un plano esteático nuevamente.

Ahora bien, sin adoptar una postura axiomática, aceptando la validez de las leyes de Newton, para el mundo en que vivimos, no dejamos de cuestionar los postulados sobre los que se ha construido, en base a tales leyes, la **teoría de la elasticidad**, la cual, es de gran importancia para la arquitectura, ya que ha sido el origen de los desarrollos posteriores del siglo XIX y XX (revolución industrial, modernismo, entre otros). La teoría de la elasticidad, toma en cuenta las deformaciones sufridas por los elementos estructurales, bajo la acción de cargas (fuerzas), sus antecedentes, se encuentran en Galileo y Hooke (la conocida ley de Hooke). No obstante, los supuestos de los que parte, intentan “predecir” el comportamiento de la estructura, lo cual no es posible, a menos que se vaya construyendo una serie de supuestos, los cuales, incluso en los programas de computadora, basados en la teoría de la elasticidad, no hacen sino darnos una imagen “estadística” sobre el comportamiento de una estructura, en palabras de Félix Candela.

*“Si la arquitectura moderna fuera efectivamente racionalista podríamos decir –valga el juego de palabras- que nació pasada de moda. Su anacronismo básico sería evidente puesto que respondería a una postura intelectual ya sobrepasada en la época de su nacimiento: la de la creencia en la infalibilidad y exactitud del razonamiento científico”<sup>70</sup>*

<sup>68</sup> Beer, Ferdinand P., *Mecánica vectorial para ingenieros: Estática*, McGraw-Hill, México, 1990, p. 2.

<sup>69</sup> Ibidem

<sup>70</sup> Candela, Félix, *Hacia una nueva filosofía de las estructuras*, Ediciones 3, Buenos Aires, Argentina, 1951.

La teoría de la elasticidad, de gran importancia para el desarrollo del cálculo de estructuras de concreto reforzado y en general, sometidas a flexión. Tiene sus orígenes en los estudios de Hooke, en el siglo XVIII, sin embargo, fundamentalmente, hace varias suposiciones, entre las cuales está la de los materiales isótropos, homogéneos.

La realidad, sin embargo es bien distinta.

El otro punto de apoyo de la teoría de la elasticidad se basa en el concepto de las deformaciones (o sea la ley de Hooke).

Sobre estas bases se han desarrollado métodos de cálculo que toman en cuenta las deflexiones, los corrimientos, o el ángulo de deflexión.

Lo anterior concuerda con lo ya expresado en los libros dos y tres, relativos al espacio de posibilidades. No basta pues, para conocer el funcionamiento real de una estructura el marco conceptual provisto por la teoría de la elasticidad, siendo uno de los grandes dilemas de la ciencia, en el sentido de proveer de seguridad a las edificaciones. Las fallas en la teoría de la elasticidad, sobre la que por cierto se ha apoyado en gran parte el modernismo, fueron en alguna medida "disfrazadas" a lo largo de siglo y medio, en el seno de la revolución industrial y del modernismo subsiguiente:

*"Sirva esta digresión para que se vaya pensando en otra justificación para la arquitectura actual, ya que al parecer es necesario justificarla y explicarla, y para que los estudiantes de esta disciplina dejen de preguntar, de modo indefectible, si una cierta forma está justificada por la función. Algo debe andar mal en las Artes Plásticas cuando hay que buscarles justificaciones literarias y racionalistas...."*

*Volviendo a la teoría de la elasticidad, hay que reconocer el importantísimo papel que ha desempeñado en la evolución del análisis estructural... como tal teoría es irreprochable, del mismo modo que es irreprochable el razonamiento matemático pero, por lo mismo que es solamente un proceso lógico, no puede garantizarnos la certeza de los resultados más que en la medida de la exactitud de las premisas....*

*El hecho es que la teoría de la elasticidad se refiere a un material ideal, homogéneo e isotrópico, que responde además a la ley de Hooke. Sin embargo, los materiales usuales distan mucho de asemejarse a tal hipotético material y el concreto armado, que en la actualidad es el material de construcción por excelencia, es heterogéneo por definición, es alótropo, puesto que sólo contiene hierro en ciertas zonas y en determinadas direcciones, y no responde, en absoluto, a la ley de Hooke"*

Las limitaciones de la teoría de la elasticidad, sin embargo, han visto posteriores desarrollos a los planteados por Candela, siendo un tema de interés incluso en campos distintos a la arquitectura, cuyo desarrollo futuro, incluye la elasticidad no-lineal, es decir, que ya no responderá a materiales homogéneos e isotrópos.<sup>71</sup>

Ahora bien, las anteriores consideraciones apuntan a considerar el modelo de la arquitectura con otros ojos, los ojos de la esteática, en la cual las determinantes estáticas, a diferencia de la estética del ingeniero, son menos importantes.

Pueden sin embargo establecerse ciertas categorías consideradas cruciales desde el punto de vista de la resistencia de las estructuras:

Isótropo: que se comporta de igual manera en todas direcciones

Homogéneo: De iguales características

Alótropo: Que no se comporta de igual manera en todas direcciones

<sup>71</sup> Patnaik, Surya, y Dale A. Hopkins, *Stress formulation in three dimensional elasticity*, NASA, 2001.

- Los aspectos considerados para la resistencia son **internos**
- La resistencia sigue estando ligada a las propiedades inherentes a la composición de los materiales, la forma de transmisión de esfuerzos, tipos de estos (tensión, compresión), módulo de sección (depende del material, del esfuerzo y de la carga)
- Las propiedades de la sección, centroide, **momento de inercia**, no dependen del material, sino de la **FORMA**

Esta forma, sin embargo, para efectos de análisis, no es únicamente la envolvente del edificio:

*“Se incluye la naturaleza, el tamaño y la situación de elementos estructurales, así como la naturaleza, el tamaño y la situación de elementos no estructurales ... esto comprende elementos como muros, columnas, pisos, núcleos de servicio y escaleras, y también la cantidad y tipo de divisiones interiores y , **la manera en que el muro exterior se deja sólido o perforado para iluminación y ventilación...**”<sup>72</sup>*

Nuestro modelo no estaría completo, si no tomamos en cuenta que vivimos en una región de confluencia de placas tectónicas, por lo que el diseño sísmico es preponderante, lo ha sido incluso en época prehispánica y colonial, en el caso de Annis, los períodos en los que divide la historia son **entre sismos**, habiendo un antes y un después de los terremotos, lo mismo sucede con la historia reciente, puede ser dividida en antes y después del terremoto del 76, antes y después del terremoto del 17 (introducción del concreto armado).

*“La mayor parte de los grandes estilos arquitectónicos históricos ha surgido en regiones sísmicas, pero no parece que la arquitectura creada en estas áreas exprese conscientemente los principios de diseño sísmico. El factor sísmico no ha propiciado la evolución de las formas constructivas naturales de un modo tan sofisticado y efectivo, sino la gran variedad de respuestas o soluciones determinadas por el clima, que nos son tan familiares... gran parte de la explicación de esto radica en que las características físicas de los sismos no se habían comprendido bien hasta este siglo...”<sup>73</sup>*

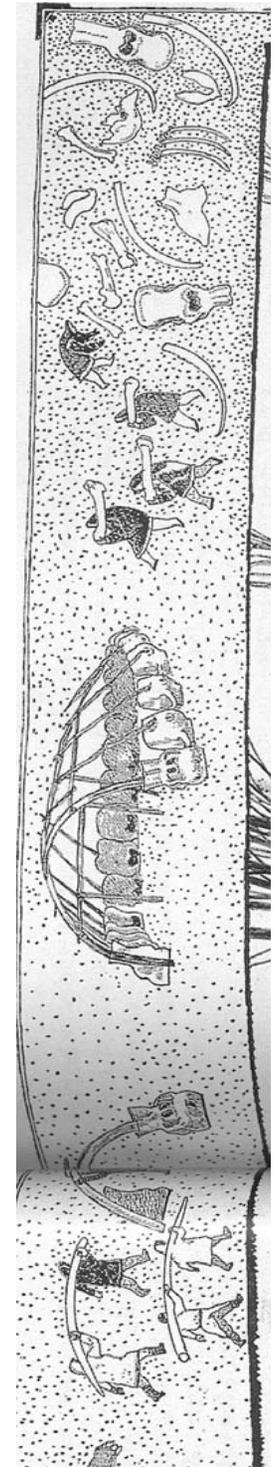
*Debemos recordar, adicionalmente que:*

*“El sismo ataca el edificio en su conjunto y no distingue entre aquellos elementos concebidos por el arquitecto y aquellos proyectados por el ingeniero...”<sup>74</sup>*

<sup>72</sup> Arnold, Christopher, y Robert Reitehrman, *Configuración y diseño sísmico de edificios*, Noriega Editores, México, 1994, p. 16

<sup>73</sup> *Ibidem*, p. 14

<sup>74</sup> *Ibidem*, p. 17



### 5.1.2.1 Estructura estática

En este estudio se define como el conjunto de elementos cuyo fin es la transmisión de fuerzas (cargas) hacia el suelo, asegurando el equilibrio estático, es decir, cumpliendo las leyes de Newton, en particular, la primera y segunda leyes.

### 5.1.2.2 Estrés mecánico

Es el producido por fuerzas que actúan sobre la estructura, conocidas como cargas.

### 5.1.2.3 Cargas

Son los esfuerzos que la estructura debe soportar, manteniendo un **equilibrio estático**.

Para efectos de análisis, usualmente se descomponen todas las fuerzas en sus componentes cartesianos verticales y horizontales.

### 5.1.2.4 Equilibrio estático (vertical)

Cargas muertas: Las que siempre están presentes en el edificio, por ejemplo, el peso propio de la misma.

Cargas vivas o dinámicas: Son eventuales, es el peso variable de las personas y mobiliario.

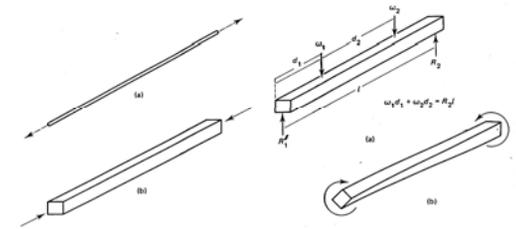
### 5.1.2.5 Equilibrio estático (horizontal)

Existen cargas laterales como la carga de viento o la carga de sismo, las cuales también afectan la estructura y son, esencialmente, cargas dinámicas.

Adicionalmente, existen cargas de tipo vibratorio, como las producidas por el tráfico, que aunque de menor intensidad, pueden tener efectos de largo plazo considerables.<sup>75</sup>

### 5.1.2.6 Tipos de esfuerzos

Pueden ser de compresión, tensión, corte, torsión y esqueleto.



Los tipos de esfuerzos, arriba, a la izquierda, tensión, abajo, compresión.

Arriba, a la derecha, flexión, abajo, torsión

<sup>75</sup> Feilden B. M. Conservation of Historic buildings, Oxford: Architectural Press, p. 25

### 5.1.2.7 Tipos de estructuras

Desde el punto de vista del cálculo estructural pueden ser **determinadas o indeterminadas**, las primeras son las que permiten sólo un patrón de equilibrio

*"Where the structure permits of only one pattern of equilibrium, it is statically determinate, but if more than one pattern is possible then the structure is statically indeterminate.."*<sup>76</sup>

Un ejemplo de estructura determinada son las armaduras tipo tijera, donde los elementos trabajan en conjunto ya sea en compresión o en tensión, a través de una descomposición de fuerzas. Otro ejemplo, sería el de las vigas doblemente empotradas, las cuales, presentan cuatro reacciones, la viga, en este caso, no fallará en tanto su resistencia sea de tipo indeterminado, es decir, hasta que su condición de carga se reduzca a la de una viga simplemente apoyada, al respecto, Candela comenta:

*"Una viga simplemente apoyada en dos puntos se desplomará, doblándose en dos, al ceder una sección intermedia cualquiera, pero una viga empotrada en sus dos extremos siendo hiperestática de segundo orden, exige que se produzca la falla en tres de sus puntos – los dos empotramientos y el centro, para que ocurra la ruina. Si únicamente se rompen los extremos quedará en las mismas condiciones de apoyo simple que caracterizaban el primer caso, es decir, habrá desaparecido la indeterminación, pero a costa de la seguridad, puesto que ahora dependerá esta de la resistencia de una sola sección..."*<sup>77</sup>

En general, los edificios antiguos tienden a ser masivos y adoptar un **patrón de equilibrio de tipo indeterminado**.

Las estructuras determinadas no pueden reajustarse ellas mismas al fallar uno solo de sus elementos, mientras que una estructura indeterminada tiene la capacidad de reajustarse y absorber nuevas cargas.

Por ejemplo, en estructuras de arcos, el mecanismo resistente de los mismos no falla por completo con la deformación **lo que no ocurre con las estructuras determinadas**, las cuales colapsan cuando aunque sea uno solo de sus elementos falla.

Adicionalmente, las estructuras de arcos tienden a ser más eficientes al incrementar la flecha y reducir de esta manera los empujes laterales. )



Estructuras determinadas e indeterminadas:

Arriba, esquema de una viga simplemente apoyada y de una viga doblemente empotrada.

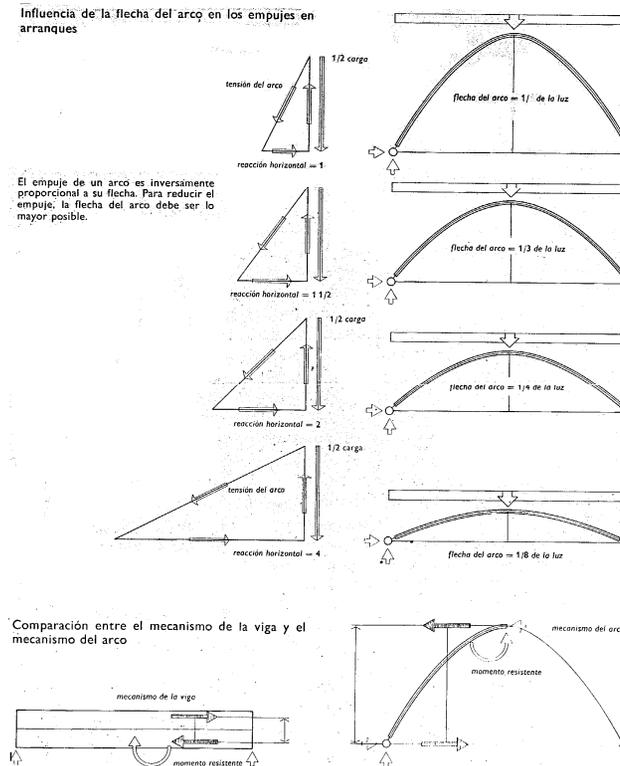
La primera es de tipo determinado, pudiéndose encontrar el valor de momento al centro del claro con las ecuaciones de equilibrio:

Suma de fuerzas y de momentos = 0

La segunda viga, doblemente empotrada, es de tipo indeterminado, la indeterminación implica, en primer lugar, que no puede resolverse por las ecuaciones de equilibrio estático. Sin embargo, más importante para nuestro análisis, es que el modo de falla de la misma es distinto. En el primer caso, la viga simple, determinada, se rompe al fallar el mecanismo resistente, el momento al centro del claro, la viga doblemente empotrada, si fallan los momentos de empotramiento, se convierte en viga simple, es decir, se vuelve determinada.

<sup>76</sup> Feilden, Op. cit. P. 25

<sup>77</sup> Candela, Op. cit. P. 33



**Ilustración 20 Incremento del peralte de arcos**

78

<sup>78</sup> Fuente: Engel, Heinrich, Sistemas Estructurales, Op. cit. P. 62

El arqueado del arco parabólico no prospera, el arco de medio punto en cambio, crece y se multiplica

Se produce una subespecie, la cual integra elementos innecesarios, los cuales, sin embargo, no obstaculizan la sobrevivencia del arqueado.

Distribución arqueológica:

El arqueado del arco de medio punto, como variación del arco parabólico, se propaga en diversos ambientes, en los cuales, encuentra algunos adversos, sin embargo, se reproduce según la regla: Alta tasa de natalidad frente a una alta tasa de mortalidad, es decir, sobrevivirán algunos ejemplos aunque fallen muchos.

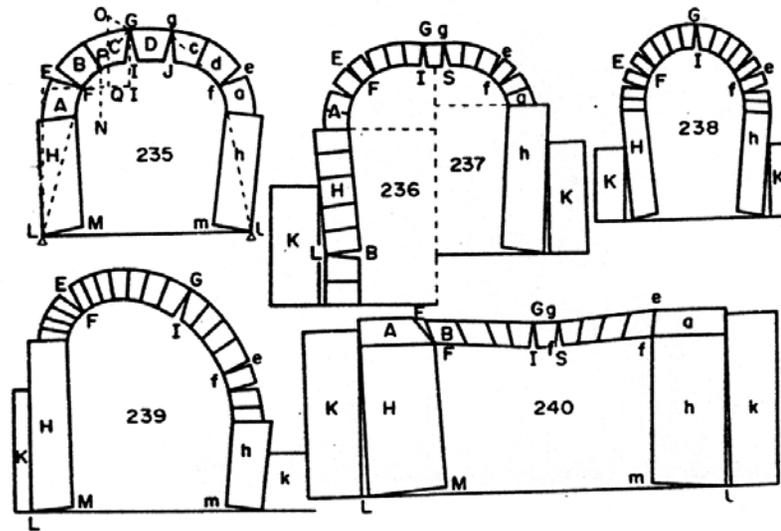
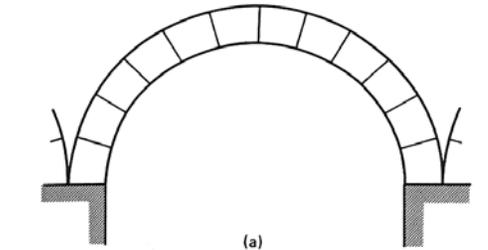


Ilustración 21 Mecanismos de falla de sistemas de arcos

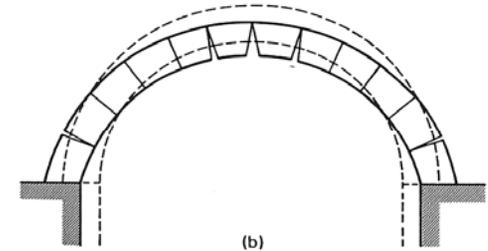
79

Las grietas o fisuras que se encuentran en estructuras de arcos son indicativas del comportamiento estructural del mismo (figuras , y )  
 En las cuales se demuestra que el arco puede absorber cargas con su **deformación**, basándose en el principio de curva funicular inversa. Según este principio el arco será estable con una, dos, o tres articulaciones, aunque llegado este momento se vuelve **estáticamente determinado** y al desarrollar una cuarta, el colapso es inminente.<sup>80</sup>

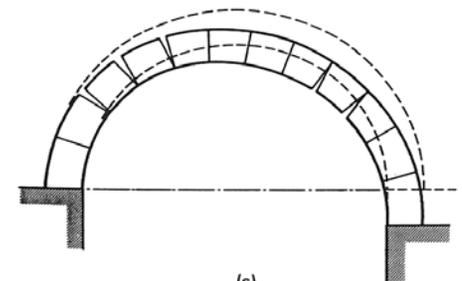
En la figura se observan tres estadios de un arco, en a) un arco sin deformar, en b) un arco en el que hay corrimiento lateral de apoyos, y en c), asentamiento diferencial.



(a)



(b)



(c)

<sup>79</sup> A.J. Francis, *Introducción a las estructuras*, Editorial Limusa, México, 1984, p. 64

<sup>80</sup> *Ibíd.*, p. 55

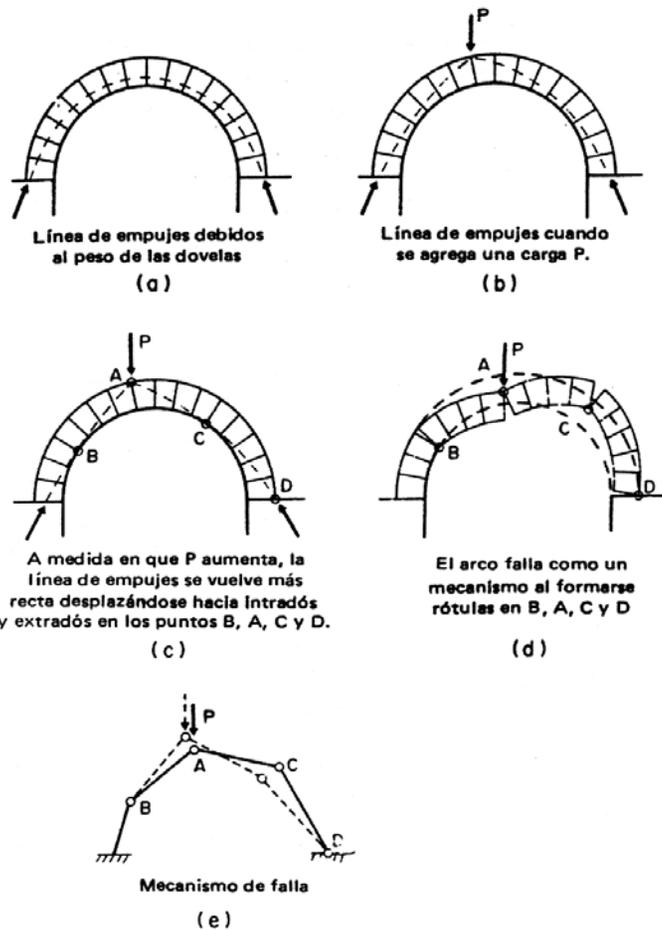


Ilustración 22 Desarrollo de rótulas y articulaciones

81

<sup>81</sup> A.J. Francis, Op. cit. p. 65

**Distribucion arquetonica:**

El arquite del arco ojival vio favorecida su difusión por las **cruzadas**.

**Mutación:** el cruce de distintas familias produce nuevos individuos, tales como la basílica, basílica con galerías...

**Semejanza:** Las semejanzas se dan a diversas escalas en una misma familia, por ejemplo, las ballenas, cuyas dimensiones varían según la especie, desde la ballena azul, hasta la orca, pero todas son ballenas.

Con el paso del tiempo, fueron más importantes otros elementos, incluso decorativos, con notables excepciones, como el Gótico.

### Ilustración 23 Biogeografía de la distribución de un anfibio en América <sup>82</sup>

#### 5.1.3 Teoría de la Arquitectura:

Para la teoría de la arquitectura, el campo de las estructuras y su relación con la estética, presenta el reto de la interpretación arquitectónica, ya que, desde el campo de la arquitectura, adquieren valor determinados elementos constructivos, como soporte de las distintas actividades humanas, por un lado. Por otro, la forma (el tipo)<sup>83</sup> que permite identificar un período o lugar geográfico también es importante. En este caso, la teoría de la arquitectura, pretende desentrañar la relación signo-significado de las volumetrías, del uso de ciertas técnicas constructivas (el uso de la piedra a favor de la madera por ejemplo) y del tipo de decoración aplicada en los edificios, que puede o no formar parte de un sistema estructural.

#### 5.1.4 Teoría de la evolución de las especies

En el caso de la teoría de la evolución, Darwin apoyó sus investigaciones en cuatro aspectos fundamentales: biogeografía, paleontología, embriología, y morfología.

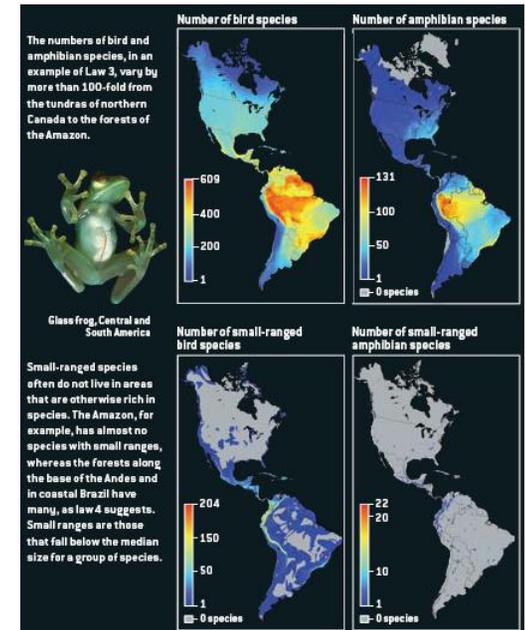
Como veíamos en el libro 2, la teoría de la evolución ha tenido importantes consecuencias en el desarrollo de la ciencia, al plantear un modelo en el cual los individuos se reproducen, mutan, cambian, pero sobre todo, sobreviven.

Antes de entrar al caso específico de la arquitectura, revisaremos en qué consistió la teoría expresada por Darwin.

Darwin, como fue acotado, se apoyo fundamentalmente en cuatro ciencias:

- Biogeografía
- Paleontología
- Embriología
- Morfología

La **biogeografía** estudia los lugares donde habitan ciertas especies, y porqué.



<sup>82</sup> Fuente: [www.bemidjisstate.edu](http://www.bemidjisstate.edu), accesado en línea, octubre de 2006

<sup>83</sup> Los conceptos del tipo y su relación con la estructura serán tratados con más detalle mas adelante, asimismo, el modelo sincrónico y diacrónico de la historia.

La **paleontología**, estudia las formas extintas conservadas en registros fósiles.

La **embriología**, estudia las etapas reveladoras que atraviesan los embriones antes de nacer.

La **morfología** estudia las formas y diseño anatómico de los seres vivos.

Algunas consideraciones en cuanto a su teoría son:

- a) Las criaturas afines (parecidas) normalmente se encuentran en el mismo continente
- b) ¿Porqué las especies "íntimamente afines" han de vivir en extensiones vecinas de hábitat? ¿Porqué los hábitat parecidos han de estar ocupados por especies que no son tan íntimamente afines? R. Porque puede existir un ancestro común.
- c) ¿Porqué las larvas de las polillas, las moscas y los escarabajos e asemejan entre sí más de lo que se parecen a los respectivos adultos? R. Porque el **embrión** es el animal en su estado menos modificado y **ese estado revela la estructura de su progenitor**.
- d) Morfología: El estudio de las **familias** por ejemplo: vertebrados
  - o Aves (con plumas)
  - o Reptiles (con escamas)
  - o Mamíferos (con pelo)
- e) La **cantidad de características compartidas** entre una especie y otra indica cuán recientemente esas dos especies se separaron de un linaje común. El parecido entre nuestros 30,000 genes humanos y los 30,000 equivalentes del ratón representan otra forma de homología *como el parecido entre una mano de cinco dedos y una pata de cinco dedos*.
- f) El **aislamiento** de un grupo de determinada especie da origen al desarrollo de una nueva especie, dependiendo del tiempo y la adaptación.
- g) Si bien las variaciones ocurren al azar, las circunstancias ecológicas similares a veces producen adaptaciones increíblemente parecidas.
- h) La ciencia funciona por inferencia no sólo por observación directa, y los tipos inferenciales de evidencia, como la paleontología y la biogeografía no son menos convincentes tan solo por ser indirectas.
- i) La anagénesis: cambio evolutivo lento dentro de un solo linaje.
- j) La especiación: cuando un linaje se divide en dos especies.
- k) Así es como se supone que debe funcionar la ciencia, las ideas van y vienen, pero solo la más apta sobrevive.

## 5.2 El aislamiento del tipo:

Hemos revisado, de forma crítica, el tipo de pensamiento occidental, hemos revisado también los principios de construcción de modelos, así como sus características lógicas, habiéndonos adentrado también en el campo de la arquitectura con fines de exploración del espacio de posibilidades.

Ahora, con el andamiaje teórico acumulado, podemos abordar las características a buscar en el desarrollo del modelo. Antes de lo cual, vale la pena detenernos un momento en la definición del **tipo**.

El tipo corresponde a un esbozo, a un esquema mental, una referencia a la cual mirar para poder comparar una o varias obras arquitectónicas.

El tipo, entonces, hace referencia a un esquema mental, es decir, una representación abstracta del objeto. Este tema ya fue explorado en el libro 4, con el hospital de *Caedi*, cuyas características – basadas en la pura visualidad, es decir, sin conocimiento previo del objeto arquitectónico – fueron expresadas por el observador.

Acá, podemos avanzar a una mayor profundidad de análisis, distinguiendo, de las características analizadas, aquellas de tipo estructural-estático, de aquellas de tipo estructural-estético.

El tipo, con fines de análisis, puede surgir, tanto de una, simple obra arquitectónica, como de un conjunto de obras. En este último caso, la lógica tradicional busca los elementos comunes, repetitivos entre las obras, nuestro enfoque, estará más bien, orientado hacia los elementos variables, es decir, los que luego de mutaciones llegarán a proliferar, provocando un cambio en el tipo, es decir, un cambio de estilo. Marcello Rebecchini, teórico italiano de la arquitectura enfatiza estos dos aspectos:

*“Il tipo si deduce solo attraverso un processo di schematizzazione, di confronto e di riduzione agli elementi comuni di una serie di opere architettoniche che presentino caratteristiche simili; Il tipo può dedursi anche, mediante un processo di analisi e schematizzazione, dall'esame di una singola opera[...].”<sup>84, 85</sup>*

---

<sup>84</sup> Rebecchini, Marcelo, “Il problema tipológico in architettura”, en Rassegna di architettura e urbanistica “venticinque anni di riflessioni sull'architettura delle città, gennaio-dicembre, 1991, Edizioni Kap.a. Roma, Italia., p. 49

<sup>85</sup> “El tipo se deduce solo a través de un proceso de esquematización, de contraste y de reducción a los elementos comunes de una serie de obras arquitectónicas, que presentan características similares; el tipo puede deducirse también, a través de un proceso de análisis y de esquematización, del examen de una obra única...” Traducción libre.

El primero de estos enfoques, ha sido abordado en repetidas ocasiones en las historias de la arquitectura, haciendo referencia al "estilo", o al "período". Sin embargo, en el marco del pensamiento no lineal, no homogéneo, la historia debe ser enfocada en un marco diacrónico-sincrónico, es decir, no ser solo una sucesión de hechos, con relación lineal de causa-efecto, sino más bien relacionada con el entorno general de cada época y lugar.

A la visión de estilo o período entonces, se contraponen la de movimiento (el movimiento moderno, impresionista, etc.) Esta visión, es aún hoy tema de debate en importantes foros mundiales, tal es el caso del Centro Pompidou, en París, Francia:

*« Grosso modo, on distingue deux écoles. La première... voit la culture et les arts se manifester par unités homogènes et autonomes. Chaque époque aurait un leitmotiv qui s'inscrirait dans un contour précis garantissant sa structure organique. L'histoire se présente ainsi comme un système de tiroirs dont chacun porte une étiquette : gothique, Renaissance... A ce modèle s'oppose la théorie qui prive l'histoire de toute homogénéité retire aux époques et aux styles le charme de l'organique, dénie au dynamisme des événements la logique d'une orientation linéaire et irrévocable pour ne pas dire téléologique »<sup>86, 87</sup>*

Esta visión, implica el abandono de la secuencialidad presente en las historias de la arquitectura. Podemos entonces, pensar en una historia del nacimiento y muerte de determinados tipos. El tipo entonces, podrá mantenerse –sobrevivir– al ser aceptado y reproducido, más aún, la búsqueda debe partir de la esquematización de la obra arquitectónica, buscando un **núcleo primigenio**, es decir, aquella base **genética**, la fuente de la cual ha sido formado, sea consciente o inconscientemente. En palabras de Marcello Rebecchini:

*« [...]è inammissibile pensare che alcuni elementi si trovino ripetuti in una relazione costante senza che tra questi esista un legame più profondo, una comune "struttura della forma" che possa identificarsi con il tipo. E perché allora quest struttura della forma, questa conformazione originaria, questo nucleo unitario ed autonomo che abbiamo chiamato tipo, non potrebbe riconoscersi fin dalla sua istituzione, cioè fin dalla sua nascita, in una singola opera d'architettura?..<sup>88, 89</sup>*

<sup>86</sup> Hofman, Werner "Attention! Un train peut en cacher un autre !" en La parenthèse du moderne, Editions du Centre Pompidou, Paris, 2005, p. 17-18

<sup>87</sup> "Grosso modo, distinguimos dos escuelas, la primera, mira las culturas y las artes, manifestarse por unidades homogéneas y autónomas, cada época tendrá su leitmotiv, que se inscribirá dentro de un contorno bien definido, garantizando su estructura orgánica. La historia se presenta entonces como un sistema de apartados en los cuales cada uno lleva una etiqueta: gótico, renacimiento... A este modelo se opone la teoría que desprovee a la historia de toda homogeneidad, quita a las épocas y estilos el encanto de la organicidad, niega al dinamismo de los eventos la lógica de una orientación lineal e irrevocable, por no decir teológica..." Traducción libre.

<sup>88</sup> Rebecchini, Marcello, Op. cit. P. 50

Lo anterior nos recuerda los vínculos crecientes del pensamiento moderno con la teoría de la evolución. En páginas anteriores, en la teoría de la evolución, veíamos las características embrionarias de las especies. En el estado embrionario, las características comunes, son más evidentes, al ser el estado menos modificado de la especie.

Lo anterior hace sentido en el campo de la arquitectura y la estética, ya que luego de varias y repetidas mutaciones, sobre posiciones y mezclas, el resultado final puede parecer un palimpsesto, es decir, un texto ininteligible, de varias lecturas una sobre otra, entremezcladas.

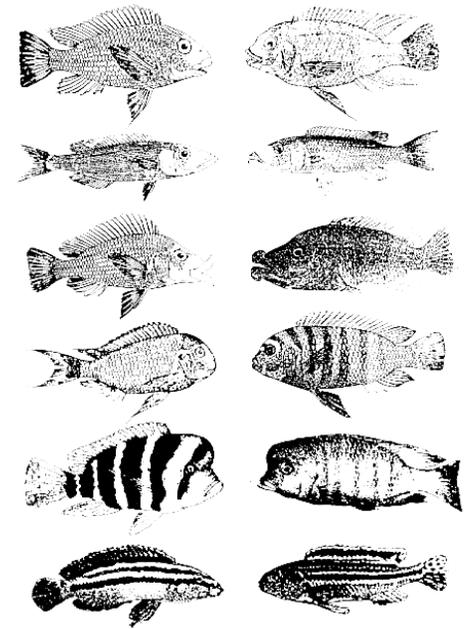
*“La struttura del tipo appare dunque come la somma di più strati sovrapposti ed ammette una lettura valida nel presente solo come proiezione delle successive stratificazioni e modifiche avvenute nel tempo. [...]”<sup>90, 91</sup>*

Sin embargo, algo importante resaltar es la idea presente dentro del esquema de la obra arquitectónica, que Rebecchini llama “*estructura de la forma*”, esta estructura, yendo un poco más allá, no es más que la *estructura estética* del objeto, cuya posterior vinculación con la *estructura estática*, integra un único objeto arquitectónico.

¿Por qué arquitectónico?

La separación del término es intencional, tratando de evidenciar la coexistencia dentro del objeto arquitectónico de esta dualidad estructura estética-estática (también llamada tectónica por algunos autores).

**Ilustración 24 A la derecha, forma diversa, franjas, aletas, sin embargo todos pertenecen a la misma familia: peces.**<sup>92</sup>



<sup>89</sup> “[...] es inadmisibles pensar que algunos elementos se encuentren repetidos en una relación constante sin que entre ellos exista un vínculo más profundo, una común “estructura de la forma”, que pueda identificarse con el tipo. Es por ello entonces, que esta estructura de la forma, esta conformación original, este núcleo unitario y autónomo, que hemos llamado tipo, no podría reconocerse desde su institución (inserción), es decir, desde su nacimiento, en una obra de arquitectura única (no en una serie de obras)[...]” Traducción libre.

<sup>90</sup> Rebecchini, Marcello, Op. cit. P. 55

<sup>91</sup> “La estructura del tipo aparece entonces como la suma de varios estratos superpuestos y admite una lectura válida en el presente solo como proyección de las sucesivas estratificaciones y modificaciones ocurridas en el tiempo[...].” Traducción libre.

<sup>92</sup> Fuente: [www.bioclasses.ucsc.edu](http://www.bioclasses.ucsc.edu), accesado en línea, diciembre de 2006

### 5.3 La estructura estética:

Es pues, la estructura estética, una realidad presente en el objeto arquitectónico. Lo anterior no es extraño, existiendo también en otras ramas del arte, como la literatura, en la cual, es posible hablar de la "estructura estética" de un libro, o en la pintura, cuyas relaciones internas definen la "estructura" de un cuadro.

La base genética, aunque abordada desde un punto de vista de la pura visualidad, fue también "intuido" por Clark y Pause en su análisis de la arquitectura en el que parten de un análisis formal en el cual identifican las **Ideas Generatrices** (Modelos formales **arquetípicos**), Conceptos organizativos para finalmente llegar a los **Parti**, el parti es:

*"Concentra el mínimo esencial del diseño, aquello sin lo cual no existiría la obra, germen, empero de donde puede generarse la arquitectura"*<sup>93</sup>

Clark y Pause, identifican un listado de elementos a considerar, en un análisis formalista y visual, entre ellos:

- Estructura
- Iluminación natural
- La masa
- Relaciones de planta-sección
- Circulación y el espacio-uso
- De la unidad y el conjunto
- De lo repetitivo y lo singular
- Simetría y equilibrio
- Geometría
- Adición
- Sustracción
- Jerarquía

Hay que recordar que estos elementos, presentados por Clark y Pause, constituyen una base de análisis formal o de pura visualidad. Este enfoque es compartido por otros autores, sobre todo en el mundo anglosajón, entre ellos, Francis Ching<sup>94</sup>, en su libro Architecture, Form, Space & Order, en el cual, la arquitectura también es desglosada en elementos visuales y formales, de circulación, de elementos geométricos euclidianos, entre otros.

<sup>93</sup> Clark, Roger, y Michael Pause, Arquitectura: temas de composición, editorial Gustavo Gili, México, p. 3.

<sup>94</sup> Ching, Francis D.K., Architecture, form, space and order, Van nostrand Reynhold, New York, 1979

Pero ¿qué características debe tener el tipo al relacionarlo con la estructura estética de un pueblo, en una obra arquitectónica a un nivel crítico, más allá de la pura visualidad (de nuestra experiencia sensible)?, al respecto, Cesare Brandi, importante teórico italiano menciona dos elementos:

*“Ci interessa qui analizzare quali caratteristiche derivino al concetto di tipo da una sua identificazione con quello di struttura.*

*Possiamo subito notare che due sono le caratteristiche essenziali:*

*se il tipo è una struttura esso sarà costituito da parti necessariamente interdependenti tra loro, legate da un sistema di relazioni interne; se tale struttura è in particolare una struttura architettonica le relazioni interne saranno tali da soddisfare i requisiti essenziali che si richiedono perchè si possa parlare di architettura.”<sup>95, 96</sup>*

Vale la pena resaltar dos aspectos del párrafo anterior, primero, la existencia de una estructura y de relaciones lógicas entre las partes, y segundo, siendo una obra arquitectónica, tales relaciones deben satisfacer requisitos (la satisfacción de necesidades humanas) para ser arquitectura.

Continúa Marcello Rebecchini definiendo el tipo:

*“L’individuazione di un tipo non deriva da un fortuito processo di schematizzazione e di riduzione al minimo comune multiplo di più opere di architettura che presentino aspetti simili, ma da un preciso riconoscimento di un nucleo di elementi in stretta relazione tra loro che si ripetono come invarianti in più opere, con le caratteristiche specifiche di una struttura[...] La nascita del tipo ha sempre dei precedenti che hanno influenzato la sua formazione e che spiegano la sua struttura. Non sono chiaramente evidenziabili, ad esempio, i nessi strutturali dell’organismo chiesastico paleocristiano se non si tengano presenti quelli di carattere funzionale e costruttivo della basilica romana, come è difficile rendersi intimamente conto dei caratteri tipologici del tempio greco senza ripercorrere gli stadi della sua evoluzione fin dalla sua origine come cella votiva.”<sup>97, 98</sup>*

<sup>95</sup> Rebecchini, Marcello, Op. cit. P. 54

<sup>96</sup> “Nos interesa analizar cuáles características derivan hacia el concepto de tipo de su identificación con la estructura. Podemos rápidamente ver que son dos las características esenciales: Si el tipo es una estructura, el mismo estará formado necesariamente de partes interdependientes entre ellas, ligadas a un sistema de relaciones internas; si tal estructura es en particular una estructura arquitectónica las relaciones internas serán tales de satisfacer los requisitos esenciales que se piden para que se pueda hablar de arquitectura” Traducción libre. En este caso, los requisitos son aquellos de la función, habitabilidad, en suma, satisfacción de las necesidades humanas.

<sup>97</sup> Ibid, p. 54

Con lo cual llegamos a la definición de ciertas características, no necesariamente repetitivas, pero sí formando un núcleo, este núcleo, parte de la **estructura estética**, siendo esta un concepto formal y abstracto a la vez, el cual responde a la misma estructura de pensamiento del pueblo que haya creado el bien arquitectónico en un determinado tiempo y lugar, es decir, un enfoque **diacrónico-sincrónico**. Más aún, la investigación de base debe orientarse al descubrimiento de tales características **embrionarias**, vale decir, sin modificaciones sustanciales que permitan su aislamiento y caracterización, libres de la polisemia que caracteriza los desarrollos posteriores, los cuales, para entenderlos, deben ligarse a la evolución de formas anteriores e intermedias. En este punto, para la arquitectura, desde el punto de vista evolutivo, la arqueología ocupa el lugar de la paleontología en el campo de las ciencias naturales, es decir, revela los "organismos" anteriores, en cuyas huellas (restos arqueológicos) puedan encontrarse los elementos que ayuden a explicar los desarrollos presentes, los cuales, en un mismo momento responden a la estructura estética y a las características tectónicas (ligadas al desarrollo de la técnica). En palabras de C. Brandi:

*"[...] La tectónica starà allora all'architettura nello stesso identico rapporto in cui la conformazione sta alla forma, e non perché sia un rapporto analogo, ma perché è il medesimo. Nella tectónica la sostanza conoscitiva offerta dal bisogno pratico - ed è bisogno pratico non solo quello che conduce alla casa, ma anche quello che porta al monumento funebre ed al tempio- si exteriorizza, si elabora in conformazione, e, in quel momento, materializandosi all'intuizione, determina e precisa anche il concetto allo stesso modo che immagine e concetto si trovano al bivio della parola, la cui ossatura è appunto individuata dallo schema preconcettuale, quello stesso schema che abbiamo perseguito per l'architettura"<sup>99, 100</sup>*

<sup>98</sup> "La identificación de un tipo no deriva de un proceso fortuito de esquematización y de reducción al mínimo común múltiplo de entre varias obras de arquitectura que presenten aspectos similares, sino de un reconocimiento preciso de un núcleo de elementos en estrecha relación entre ellos que se repiten como invariantes en varias obras, con las características específicas de una estructura... el nacimiento del tipo ha tenido siempre precedentes que han influenciado su formación y que explican su estructura. No son claramente evidentes, por ejemplo, los nexos estructurales del organismo eclesiástico paleocristiano si no se tienen presentes aquellos del carácter funcional y constructivo de la basílica romana, como también es difícil darse cuenta de los caracteres tipológicos del templo griego sin recurrir a los estados de su evolución desde el origen como "cella votiva" Traducción libre.

<sup>99</sup> Brandi, Cesare, "Struttura e architettura", ed. Einarudi, Torino, 1967, citado por Marcello Rebecchini, opo. Cit. P. 55

<sup>100</sup> "[...]La tectónica estará entonces, a la arquitectura en la misma idéntica relación en que la con-formación está a la forma, y no porque sea una relación análoga, sino porque es la misma. En la tectónica la sustancia cognoscitiva ofrecida del deseo práctico - y el deseo práctico no es solo aquello que lleva a la casa, sino también aquello que lleva al monumento fúnebre y al templo- se exterioriza, se elabora en conformación, en aquel momento, materializándose a la intuición, determina y precisa también el concepto de la misma forma que imagen y concepto se encuentran al "bivio" de la palabra, cuyo esqueleto es encontrado en el esquema preconceptual, del mismo esquema que hemos perseguido para la arquitectura." Traducción libre.

## 5.4 Genética, estética:

¿Cómo pues conformar un modelo de análisis de la arquitectura?

Las variables a considerar, en párrafos precedentes, encuentran un punto de encuentro en la consideración de la arquitectura como un organismo vivo, cuyas reglas, responden tanto a la estética como a la estática, mas no de forma abstracta, ya que la estructura estética mencionada está ya presente en el pensamiento de los pueblos, y la estructura estática, lo es también según el nivel de desarrollo tecnológico de los pueblos, o a su grado de aislamiento, recordando la base evolucionista del análisis (al estar aislados, la respuesta depende del contexto, siendo notable el llegar a una misma respuesta en continentes separados, extremo este que se considerara en el próximo libro).

Retomando a Darwin, la evolución, en principio, favorece el desarrollo de ciertos organismos, la desaparición de otros, pero ¿con qué reglas?, la respuesta, parece obvia, sin embargo, esconde un dato importante para la arquitectura. La evolución en la naturaleza, no "busca" de manera consciente, como en el caso del hombre, una forma "mejor" que otras, existen, por ejemplo, especies no tan bien adaptadas a su medio ambiente, sin embargo su existencia responde a una sola condición básica impuesta por la naturaleza: sobrevivir.

Lo mismo se aplica al tipo en arquitectura, las formas pueden proliferar en un lugar determinado, en una época (lo que se llamaría estilo). También puede suceder, que al no encontrar un ambiente apropiado, permanezcan en estado latente, hasta que se den las condiciones necesarias para su desarrollo.

Lo anterior no es una idea descabellada existiendo modelos análogos en la teoría del pensamiento, por ejemplo, Richard Dawkins, zoólogo, en su libro "El Gene Egoísta"<sup>101</sup>, ha comparado la noción misma de la genética aplicada al mundo de las ideas, con los "memes", utilizándolo en el mismo sentido que los genes para la evolución:

*"[...]l'idea di meme, l'analogo per l'evoluzione delle idee, di quello che è il gene per l'evoluzione delle forme biologiche[...]. la teoria del meme ricalca da vicino il meccanismo dell'evoluzione, ma applicandolo alla mente e alla società umana[...] La parola meme sta per gene mentale, nel senso di unità di pensiero che alloggia e prospera nell'ecologia della cultura e comunicazione umana. Un meme può essere un'idea (per esempio la democrazia), una pratica industriale (per esempio la depurazione del ferro dalle scorie), una pratica medica[...], un adagio[...]"<sup>102, 103</sup>*

"Un meme es, según las modernas teorías sobre la transmisión de la cultura a las nuevas generaciones, la unidad mínima de transmisión de la herencia cultural. El neologismo fue acuñado por Richard Dawkins, debido a su semejanza fonética con el término gen (introducido en 1909 por Wilhelm Johannsen para designar las unidades mínimas de transmisión de herencia biológica) y, por otra parte, para señalar la similitud de su raíz con memoria y mimesis."

Wikipedia. enciclopedia on

<sup>101</sup> Dawkins, Richard, El gene egoísta: la parte inmoral de ogni essere viventi, Mondadori, Milano, 1995

<sup>102</sup> Perkins, Op. cit. P. 252-53

El concepto de los memes, considera las ideas como entes que, al pasar de una persona a otra, inician un flujo de una mente a otra, proceso en el cual, en ocasiones, se producen pequeñas variaciones, ya sea consciente o inconscientemente. En el caso de los dichos, por ejemplo, una idea puede comenzar como un estribillo: *Haz bien y no mires a cual*, pudiendo mantenerse en su forma original por mucho tiempo, sin embargo, en dicha forma "no rima", por lo que en algún punto, se producirá la transformación: *Haz bien y no mires a quien*.

*“Una conseguenza fondamentale del concetto dawkinsiano di meme è che l'evoluzione delle idee non dipende nè dalla verità ne dalla qualità ma rispecchia, caso mai, le capacità di sopravvivenza. I memi che prosperano nell'ambiente mentale e sociale non esprimono necessariamente le verità più profonde o le idee artistiche più valide: la disco music trionfa, il fusion jazz se la cava appena. E' come nel mondo biologico, dove gli insetti hanno avuto un successo molto superiore a quello dei mammiferi, tanto più complessi e intelligenti [...]*

*Come nell'evoluzione genetica le varianti di un meme si irradiano in tutte le direzioni a partire dall'antenato comune, fino a riempire l'intero pianoro, compreso il margine estremo: e quelli più vicini a tale margine possono anche espandersi ulteriormente, fino a raggiungere pascoli più verdi [...]*<sup>104 105</sup>,

Consideraciones finales del modelo:

Hasta ahora, hemos visto las características del modelo, a partir de un esquema, considerando la *estructura estética*, ahora bien, los elementos esenciales, que a partir de un estado embrionario luego se desarrollarán en un objeto arquitectónico, a la luz de estas

<sup>103</sup> “La idea de meme, el análogo para la evolución de las ideas, de lo que es el gen para la evolución de las formas biológicas... la teoría del meme recalca muy de cerca el mecanismo de la evolución, pero aplicándolo a la mente y a la sociedad humana... la palabra meme está por gen mental, en el sentido de unidad de pensamiento que se aloja y prospera en la ecología de la cultura y comunicación humana. Un meme puede ser una idea (por ejemplo, la democracia), una práctica industrial (por ejemplo la depuración del hierro a partir de escoria), una práctica médica, un adagio...” Traducción libre.

<sup>104</sup> Perkins, Op. Cit. P. 252-253

<sup>105</sup> “Una consecuencia fundamental del concepto dawkinsiano de meme es que la evolución de las ideas no depende ni de la veracidad ni de la calidad, pero respeta siempre, la capacidad de sobrevivencia. Los memes que prosperan en el ambiente mental y social no expresan necesariamente la verdad más profunda o las ideas artísticas más valederas: la música disco triunfa, el fusion jazz apenas sobrevive. Es como en el mundo biológico, donde los insectos han tenido un suceso mucho más superior al de los mamíferos, mucho más complejos e inteligentes [...] Como en la evolución genética las variantes de un meme se irradian en todas las direcciones a partir del ancestro común, hasta llenar por completo la llanura, incluido el margen extremo: y aquellos más cercanos a tal margen pueden expandirse aún mas, hasta llegar a pastos más verdes [...]” Traducción libre.

consideraciones teóricas, les llamo arquenés, asociando el término a la idea arquitectónica básica o información genética.

Si se parte de un estado embrionario, el menos modificado, este será necesario buscarlo, a la manera de Darwin, a través de sus huellas arquenéticas, es decir, a través de la arqueología. Similarmente, en el modelo espacial visto en el libro 2, teoría de modelos, se anticipaba ya el uso de *algoritmos genéticos* en el estudio del espacio de posibilidades, posibilidades definidas ahora dentro del campo de la arquitectura, en la estructura estética y en la conformación de la estructura tectónica (estática). En algunos campos se piensa ya en una ulterior evolución hacia los llamados *algoritmos meméticos*<sup>106</sup>, cuya consecuencia, en el campo de la arquitectura, será el desarrollo de **algoritmos arquenéticos**, los cuales cumplirán las mismas características de los anteriores, es decir, son poblacionales:

*"Memetic algorithms is a population-based approach for heuristic search in optimization problems. For some problem domains they have been shown to be more efficient than genetic algorithms. Some researchers view them as hybrid genetic algorithms or parallel genetic algorithms"*<sup>107, 108</sup>,

Las leyes que debe cumplir serán las de la evolución, es decir, ley de herencia, mutación (variaciones), adaptación diferencial:

*Evolutionary Algorithms:*

*Heredity: Offspring are like the parents.*

*Variability: The offspring may be exactly like a parent, but may also differ. Sources of variability include mutation and recombination (crossover).*

*Differing Fitness :The likelihood and number of offspring of a given parent appearing in the next generation depend on the success of the parent. Success can be depend on adaptedness to the environment, interaction with other creatures, luck, and/or other factors. Reproductive success must depend (at least in part) on characteristics inherited from the parent(s).*<sup>109, 110</sup>,

<sup>106</sup> Wikipedia, enciclopedia libre, accesado en línea, octubre 15 2006

<sup>107</sup> *Ibíd.*

<sup>108</sup> "Los algoritmos meméticos es un acercamiento poblacional a la investigación heurística de la optimización de problemas. Para algunos campos han mostrado mayor eficiencia que los algoritmos genéticos. Algunos investigadores los miran como algoritmos genéticos híbridos o algoritmos genéticos paralelos [...]" Traducción libre.

<sup>109</sup> <http://homepages.feis.herts.ac.uk/~nehaniv/CM/>, accesado en línea, octubre 15 de 2006

<sup>110</sup> "Algoritmos evolutivos: Herencia, los hijos son como los padres; variabilidad, los hijos pueden ser como los padres, pero también pueden variar, fuentes de variabilidad son la mutación y la recombinación (cruce); adaptación diferencial, el parecido (a los padres) y el número de hijos de un determinado progenitor en la siguiente generación depende del éxito del mismo. El éxito depende de adaptación al ambiente, interacción con otras criaturas, suerte, entre otros factores. El éxito reproductivo depende, (al menos en parte) de características heredadas de los padres." Traducción libre.

Con lo que se introduce otro término, los *algoritmos evolutivos*. La teoría de los memes, promulgada por Dawkins, presenta características que ayudan a explicar la difusión, reproducción, variación de las ideas en un ambiente cultural. También nos advierte sobre la posible inclusión de "*genes defectuosos*", es decir, memes malignos, en el sentido que al seguir las leyes de la evolución, su *motto* fundamental es la supervivencia, no la "verdad", o ser "mejor", basta con que sobreviva, aunque sea por pura suerte. Lo anterior, siguiendo la analogía con el mundo biológico, puede dar lugar también a "infestaciones" o "epidemias" sobre todo, en época actual con la velocidad de transmisión de los medios actuales. Tal competencia implica que los memes deben permanecer por el tiempo suficiente para poder reproducirse, también, como se verá más adelante, estas estructuras y comportamientos no son exclusivos de los seres vivos, presentándose también en el mundo de las computadoras (los "virus" informáticos, cuyo fin es autorreplicarse), en palabras de Jordi Cortés:

*"A su vez, la herencia o replicación precisa longevidad, fecundidad y fidelidad de las copias de los elementos o unidades que se replican. Ninguno de estos elementos hace referencia específica a entidades biológicas, por lo que, en general, describen las bases de **cualquier proceso evolutivo, biológico o no**. Pues bien, de la misma manera que la vida evoluciona por la supervivencia diferencial de los genes, —entidades reproductoras de los organismos vivos, sometidos a selección natural—, la cultura evoluciona mediante la **supervivencia diferencial de replicadores culturales**, a los que Dawkins llama "memes", o unidades mínimas de información y replicación cultural, y que se someten también a un proceso de selección [...]. De la misma manera que los genes se replican a sí mismos sin proseguir ninguna finalidad más que la de autorreplicarse (y, evidentemente, no son conscientes de dicho proceso), los memes (como otros replicadores: el ARN, ciertos polímeros y cristales, los virus informáticos, etc.) tienden a replicarse sin perseguir tampoco ninguna finalidad: las ideas buenas no son propiamente buenas si no son capaces de ser, al mismo tiempo, buenas replicadoras de sí mismas [...], al igual que muchas mutaciones genéticas son dañinas para la especie, razón por la que no prosperan, y muchas otras son **indiferentes** para la supervivencia, también en los memes se producen **variaciones** dañinas y muchos otros memes resultan **superfluos o indiferentes**."*<sup>111</sup>

El modelo comienza a tomar forma, falta sin embargo, el elemento desencadenante. En este caso, al estar buscando información sobre los modelos computacionales, de pronto, ha surgido la pregunta, ¿cómo medir la estructura estética? ¿Bastará la regla y el compás?, ¿podrán utilizarse algoritmos genéticos para ello?

<sup>111</sup> Cortés Morato, Jordi, ¿Qué son los memes?, <http://biblioweb.sindominio.net/memetica/memes.pdf> accesado on line, octubre 15 de 2006

Falta la transformación, la cual cambia el modo de análisis de la arquitectura, en este caso la respuesta viene de un cambio en la forma de ver, fotos, planos de arquitectura, para lo cual hacen falta nuevas herramientas que incluyan elementos de análisis de esa complejidad.

## 5.5 La Geometría Fractal

En el estudio de la generación de la forma, la revisión general inicial del desarrollo de la arquitectura, tomará en cuenta aspectos dimensionales tradicionales, esto es, de la geometría euclidiana, sin embargo, como fue acotado al principio, y como consecuencia de la lógica intuitiva-transformativa, nuevas formas de ver la arquitectura se ponen en juego. En este caso, la geometría fractal, la cual, aunque no ha sido empleada de forma expresa en la historia de la arquitectura no significa que no exista. Recordando que los principios de la geometría fractal son los de las formas presentes en la naturaleza, en toda su variedad, complejidad, y contradicciones. Wolfgang Lorenz, de la Universidad Tecnológica de Viena, ha hecho estudios sobre la relación entre la geometría fractal, arquitectura, y sociedad:

*“Architecture as a mirror of society is also a kind of public image, which is promoted by our time and by the culture in which we are building. The architect translates and interprets the conscious and unconscious thoughts of society. This also means that the architect has to face history and the present, with fractal geometry belonging to the present and so it should therefore be included in the one or other way.”<sup>112, 113</sup>*

Dicho en otras palabras, las herramientas del presente pueden ayudarnos a interpretar el pasado. No obstante, la geometría euclidiana está presente en la arquitectura del pasado, por lo que las características embrionarias pueden hacer referencia a las formas básicas de la misma. Vale la pena mencionar que Lorenz, en su bibliografía, incluye también textos “clásicos” en las escuelas de arquitectura, como *Architecture, form, space and order*, de Francis D.K. Ching, cuyo enfoque, como fue ya acotado previamente, es extremadamente formal, y **euclidiano**, lo cual no invalida su estudio, más bien establece una condición necesaria en los estudios de la arquitectura cuya base puede ser euclidiana y su análisis fractal.

*Architecture, Form Space and Order*, de Francis D.K. Ching, fue publicado originalmente en lengua inglesa en 1943.

<sup>112</sup> Lorenz, Wolfgang, *Fractals and Fractal Theory*, Wien, 2003, p. 35

<sup>113</sup> “Arquitectura, como espejo de la sociedad, es también un tipo de imagen pública, la cual es promovida por nuestro tiempo y por la cultura en la que construimos. El arquitecto traslada e interpreta los pensamientos conscientes e inconscientes de la sociedad. Esto también significa que el arquitecto tiene que encarar la historia y el presente, con la geometría fractal perteneciendo al presente y así (la geometría fractal ) debería entonces ser incluida en una u otra forma.” Traducción libre.

Es, sin embargo, preocupante la influencia que ha tenido en la difusión del modelo euclidiano clásico, sobre todo en las escuelas de arquitectura, tanto en universidades norteamericanas, como europeas<sup>114</sup>, su planteamiento básico es el siguiente:

*“Given any composition of forms, we will tend to reduce the subject matter in our field of vision to the simplest and most regular shapes. The simpler and more regular a shape is, the easier it is to perceive and understand... of these (shapes) the most significant are the primary shapes: the circle, the triangle, and the square...”<sup>115, 116</sup>*

Este concepto, retomado en varias ocasiones a lo largo del siglo XX, estuvo presente también en la escuela de la Gestalt, aquí vale la pena hacer una **advertencia**, ya que en un contexto cultural dado, puede ser cierto que algunas formas sean reconocibles, porque hemos sido condicionados a hacerlo. Regresamos acá a la estética objetiva, es decir, a la creencia de la existencia de cualidades inmanentes al objeto. Al respecto, dentro de la recopilación de leyes de la Gestalt, el Arq. Manolo Arriola indica en su Teoría de la Forma:

*“Ley de la pregnancia (o de la buena forma): Plantea que la percepción visual establece juicios de valor de orden cualitativo, lo más claro, lo menos claro [...] establece la diferencia entre las formas que identifica como buenas o fáciles de reconocer, ejemplo: el cuadrado, el triángulo, y el círculo con respecto a aquellas que no son fáciles de identificar por su composición amorfa [...]”<sup>117</sup>*

El origen de la predilección por tales formas se encuentra en el origen mismo de la cultura occidental, durante el Renacimiento:

*“Se consideraba que el cuadrado, el cubo, el círculo y la esfera, por ejemplo, eran elementos del orden divino, y de ahí la necesidad de aplicarlos en la configuración de los edificios. Esta creencia, que ya aparece en los escritos de los pitagóricos, de Platón, de diversos autores de la antigüedad y en la Biblia, se reforzó en la edad media y, muy especialmente, en el Renacimiento [...]”<sup>118</sup>*

<sup>114</sup> Ching es libro de texto en las Facultades de Arquitectura de Arizona, E.U.A., y en Bretaña, Francia.

<sup>115</sup> Ching, Francis D.K. Architecture, Form, Space and order. Van nostrand Reinhold, New York, 1979, p. 54

<sup>116</sup> “Dada cualquier composición de formas, tenderemos a reducir el tema en nuestro campo de visión a las formas más simples y regulares. Entre más simple y más regular una forma es, más fácil es de percibir y entender [...] de estas formas, las más significativas son las formas primarias (básicas): el círculo, el triángulo, y el cuadrado [...]” Traducción libre.

<sup>117</sup> Arriola, Manolo, Arq. Teoría de la forma, copia facsímile, 2006

<sup>118</sup> Leupen, Bernard, et al. Proyecto y Análisis: Evolución de los principios en arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999, p. 29

Ahora bien, la geometría euclidiana establece conceptos abstractos del espacio, tales como veremos más adelante, una, dos o tres "dimensiones". Estos conceptos, expresados en un lenguaje sencillo establecen el paso de una dimensión "0", hacia una dimensión "1" , yendo del punto (adimensional o sea cero) cuyo movimiento genera una línea (que tiene una longitud).

Debemos recordar, ya que nos servirá más adelante, que ambos conceptos son ideas matemáticas **abstractas**, siendo su representación gráfica una aproximación (la línea no tiene grosor). En la base de estas dimensiones está presente la idea de desplazamiento, es decir, son conceptos topológicos, los cuales, sin embargo, al ser medibles en un sistema de ejes ordenados (los famosos x,y,z), se vuelven métricos.

### 5.5.1 Elementos básicos:

Elementos dimensionales euclidianos: Volumen (m<sup>3</sup>), Area (m<sup>2</sup>), Longitud (m)

Elementos dimensionales fractales:

- Dimensión fractal
- Tiempo
- "profundidad de organización"
- El todo es mayor que la suma de las partes
- La "Belleza" está a medio camino entre el orden y el caos, entre la sencillez y la complejidad, en una mezcla de regularidad e irregularidad
- La ciencia no llega a absolutos

Los aspectos arriba mencionados forman parte de la teoría de la geometría fractal, cuyo uso en arquitectura se remonta a los años 60.

### 5.5.2 La dimensión euclidiana – dimensión fractal

En el presente estudio no cabe la demostración de los principios lógicos de la geometría fractal, nos concentraremos más bien en aspectos operativos de la misma. En líneas generales, la geometría euclidiana como fue acotado anteriormente, presenta una concepción abstracta del espacio, tan abstracta y difundida, es decir, aceptada, que en ocasiones es difícil sustraerse al peso de los siglos de geometría euclidiana. Aspectos tan sencillos como explicar porqué, por ejemplo, una línea tiene "una dimensión", un plano tiene "dos dimensiones", y un volumen presenta "tres dimensiones". Si pensamos que tales conceptos son **abstractos**, podemos darnos cuenta, que, por ejemplo, siendo el plano un ente

"bidimensional", su área está definida por dos dimensiones. Sin embargo, la medida resultante – el área – no nos cuenta toda la historia de lo que sucede dentro de dicho plano. En otras palabras, es un marco de referencia homogéneo, hablando en términos matemáticos.

### 5.5.3 La dimensión fractal

La dimensión fractal propone una idea que puede parecer extravagante, medir la "complejidad" del plano euclidiano. Si pensamos nuevamente, el espacio, como espacio de posibilidades, ¿cuáles serían las posibilidades dimensionales entre una línea y un plano? Aunque parezca obvio, si la dimensional de una línea es 1 (una dimensión) y un plano tiene una dimensional 2 (dos dimensiones), la dimensión fractal de un plano, como medida de la complejidad, será un valor entre 1 y 2, es decir, por ejemplo 1.234. Más adelante veremos ejemplos de tal dimensión, que es una característica de los fractales.

*"[...] the fractal dimension is the identification or better to say the quantifiable measure of the mixture of order and surprise, which also holds true in design and architecture. So an extremely high dimension would indicate that the elements, components of the composition do not correspond to each other, which means there is a high degree of surprise. The reason for that may be that they do not stand in a certain relation to each other and to the whole"<sup>119, 120</sup>*

### 5.5.4 "Organizing depth"

Charles Jencks ha propuesto el término "organizing depth", profundidad de organización, como una forma de medir la complejidad presente en un diseño. La profundidad de organización incluye temas tan variados como la relación con el entorno, las propiedades de los materiales empleados, su textura o rugosidad, hasta el interés que pueda presentar un elemento arquitectónico.

### 5.5.5. Simetría y autosemejanza

Los conceptos tradicionales de simetría, dentro de la geometría euclidiana, siguen siendo válidos (Ching), sin embargo, nuevamente, tales conceptos son más bien abstractos, es decir, la simetría absoluta es extremadamente difícil de conseguir, siendo pues una concepción general. Dentro del marco de la geometría fractal la simetría es considerada un tipo de

<sup>119</sup> Lorenz, Wolfgang, Op. cit. P. 32

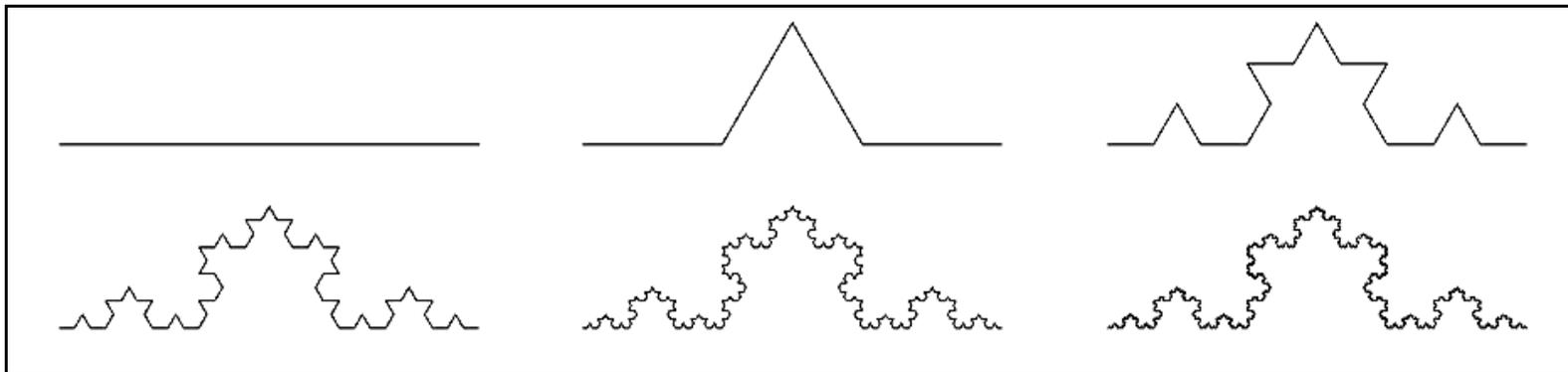
<sup>120</sup> "[...] la dimensión fractal es la identificación, o mejor dicho, la cantidad medible de la mezcla de orden y sorpresa, la cual también es válida en diseño y arquitectura, una medida extremadamente alta, indicaría que los elementos componentes de la composición no corresponden unos a otros, lo que significa que hay un alto grado de sorpresa, la razón para ello es que no se encuentran en una cierta relación entre ellos o con el todo" Traducción libre.

instrucción, la cual también está presente en los organismos vivos. En este sentido, William Bateson, efectuó interesantes experimentos a fines del siglo XIX, en los cuales llegó a determinar que, cuando la información **genética** no es suficiente o faltante, la respuesta del organismo es la de la simetría, en otras palabras, la simetría es un tipo de instrucción de "primer grado", siendo la asimetría un nivel mayor de complejidad. Bateson, por ejemplo, observó las mutaciones, en las cuales una mano – asimetría del pulgar con respecto a los otros dedos – al faltar el gen responsable del desarrollo del pulgar, responde duplicando otros cuatro dedos, es decir, simetría.

*"According to Bateson, genes regulate the simple bilateral symmetries by adding heterogeneity and differentiation as a form of organization – information hinders symmetry, as information can be a reaction to genetic or environmental disturbance. Therefore a breach of symmetry does not mean a loss but an increase in organization in an open, flexible and adaptable system. In this sense symmetry is a lack of organization resulting from a lack of interaction with stronger external forces and surroundings"*<sup>121, 122</sup>

La autosemejanza, por otro lado, es una característica de un tipo de fractales, en los cuales, una parte es semejante o similar al todo. El ejemplo clásico es la llamada curva de von Koch, en la cual la dimensión fractal se encuentra dividiendo el logaritmo del número de partes entre la razón de escala.

#### 5.5.5.1 La curva de Von Koch



**Ilustración 25 Curva de Von Koch**

<sup>121</sup> Lorenz, Wolfgang, Op. cit. P. 32

<sup>122</sup> "De acuerdo a Bateson, los genes regulan la simetría bilateral simple, añadiendo heterogeneidad y diferenciación a las formas de organización. Información cambia la simetría, siendo que la información puede ser una reacción a disturbios ambientales. Entonces, un cambio en la simetría no significa una pérdida, sino un aumento de organización en un sistema flexible y adaptable. En este sentido, la simetría es una falta de organización resultante de una falta de interacción con fuerzas externas (más fuertes) y entorno" Traducción libre

La autosemejanza de la curva de von Koch se forma tomando un segmento de recta, sustrayendo el tercio central, luego añadiendo dos segmentos de la misma longitud (ver ilustración 25) de tal forma que tenemos, en la primera serie de transformaciones:

4 partes que son similares al todo;

Pero que son tres veces más pequeñas que el original;

La **dimensión fractal** de la curva de von Koch será entonces igual a:

$$\frac{\text{Logaritmo de 4}}{\text{Logaritmo de 3}} = 1.261862$$

Por otro lado, en el caso de una recta (la recta inicial), también es posible dividirla en dos partes, siendo una autosemejanza en la que tenemos dos partes similares al todo, a una razón de escala de 2 (dos veces más pequeña) con lo que tenemos:

$$\frac{\text{Logaritmo de 2}}{\text{Logaritmo de 2}} = 1$$

Con lo cual retornamos a la dimensionalidad de 1 Eureka!!! , es lo que nos dice la geometría euclidiana. El mismo proceso puede emplearse, aplicando el programa ImageJ, para el cálculo de la dimensión fractal en imágenes. En el caso mostrado en esta página, la dimensión fractal es de 1.2869, resultado esperado, al ser una composición sencilla. Este recurso será aplicado en la fase de análisis de casos más adelante, en los que una mayor complejidad de la escena provocará valores más cercanos a 2.

### 5.5.6 El tiempo:

Otro elemento dimensional a tomar en cuenta dentro de la geometría fractal es el tiempo, ya que, contrario a la geometría euclidiana, la geometría fractal tiene en cuenta el "estado inicial" de un sistema. En general, se acepta que un sistema fractal tiene un inicio, con varios posibles destinos. En otras palabras, la arquitectura fractal considera las formas como resultado de un proceso evolutivo. En el campo de la arquitectura ello se traduce en el sentido

<sup>123</sup> Fuente: Lorenz, Wolfgang, Op. cit. P.. 32

que la estructura estética puede presentar variaciones dependiendo el tiempo empleado en la ejecución de la obra arquitectónica, la cantidad de personas involucradas. Recordemos que las grandes catedrales, con excepción de San Pablo en Inglaterra de Christopher Wren, fueron realizadas en un tiempo superior a la vida del arquitecto. Lo mismo sucede contemporáneamente, con la Sagrada Familia de Gaudí (aún en proceso de construcción).

De aquí derivan algunos aspectos importantes en el análisis esteático de la arquitectura:

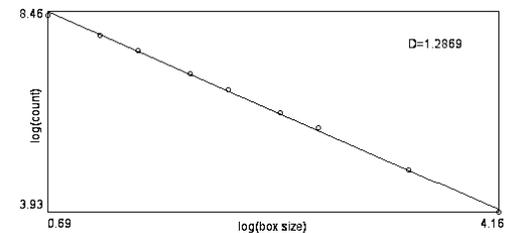
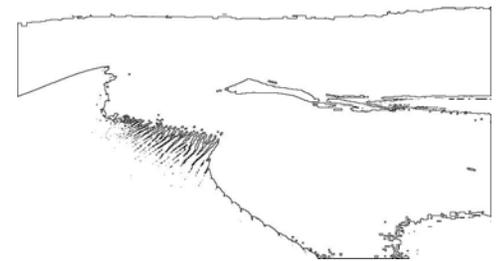
- La duración de la obra influye en la arquitectura, al pasar, sucesivamente, por diversas estructuras estéticas.
- Los diversos arquitectos aportan pequeñas **variaciones** al tema inicial
- La estructura estática, generalmente está ya iniciada, por lo que los cambios sucesivos deben adaptarse a la misma (el caso emblemático es San Pedro, en Roma)

**Ilustración 26 A la derecha, cálculo de la dimensión fractal.** <sup>124</sup>

### 5.5.7 Teoría de sistemas de función interactiva

Finalmente, otro aspecto importante de la geometría fractal es que dentro de un espacio de posibilidades, visto como un proceso, la generación de la forma puede tener una **tendencia**, o ser atraída hacia determinadas regiones. Este proceso es tratado por la teoría de sistemas de función interactiva (IFS, por sus siglas en inglés), la cual establece que cualquier fractal puede ser un "atractor" para un grupo de transformaciones contractivas.

*"There are two algorithms that will lead to the fractal, and they both transcribe the fact that the fractal is an attractor: in the first one, the deterministic algorithm, you start with any set of points (pixels) and apply to it the set of transformations, and then apply to the result again the same set, and so on, and you will always end with the fractal itself. You may either simulate the actual definition of the von Koch curve or of the Sierpinski triangle by starting respectively with a line and with an equilateral triangle,"<sup>125</sup>*



CALCULO DE DIMENSION FRACTAL (IMAGEJ)	
2	4354
3	2799
4	1986
6	1186
8	817
12	487
16	343
32	134
64	51

D=1.2869

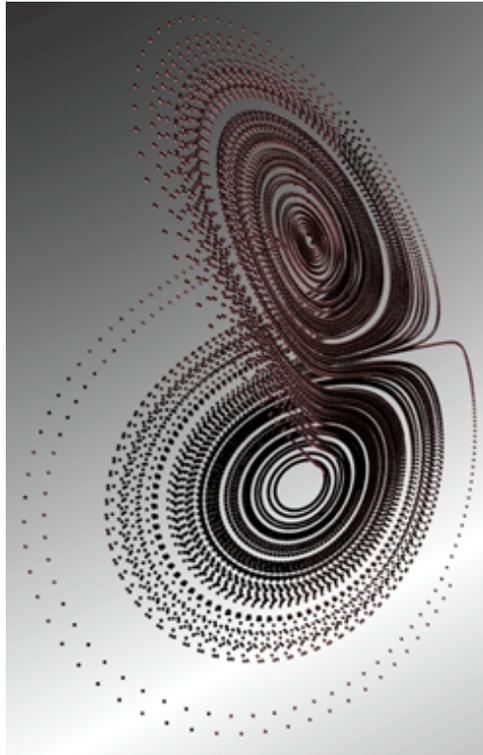
<sup>124</sup> ImageJ, desarrollado por Wayne Rasband, National Institutes of Health, versión 1.37, dominio público.

<sup>125</sup> Publicado en <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/fractals/>, accesado en línea, noviembre de 2006

A continuación, a manera de ejemplo, un "atractor" escrito en lenguaje C.<sup>126</sup>

### Ilustración 27 Atractor

127



```
ATRACTOR EN LENGUAJE C
#include "stdio.h"
#include "stdlib.h"
#include "math.h"
#define N 10000
int main(int argc, char **argv)
{
    int i=0;
    double x0,y0,z0,x1,y1,z1;
    double h = 0.01;
    double a = 10.0;
    double b = 28.0;
    double c = 8.0 / 3.0;

    x0 = 0.1;
    y0 = 0;
    z0 = 0;
    for (i=0;i<N;i++) {
        x1 = x0 + h * a * (y0 -
x0);
        y1 = y0 + h * (x0 * (b -
z0) - y0);
        z1 = z0 + h * (x0 * y0 -
c * z0);
        x0 = x1;
        y0 = y1;
        z0 = z1;
        if (i > 100)
            printf("%d %g %g
%g\n",i,x0,y0,z0);
    }
}
```

<sup>126</sup> Publicado en <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/fractals/>, accesado en línea, noviembre de 2006.

<sup>127</sup> Ibid.

## 5.6 Conclusiones

Poniendo varias teorías, una al lado de la otra, dentro del marco del espacio de posibilidades, hemos construido los parámetros de dicho espacio, en este caso, estamos frente a un modelo de la arquitectura en términos evolutivos, en el cual la **estructura estética** forma parte de las reglas a cumplir por la arquitectura en cuanto tal. La transmisión de las características recae en los **arquenes**, concepto formado por analogía con los genes y los memes.

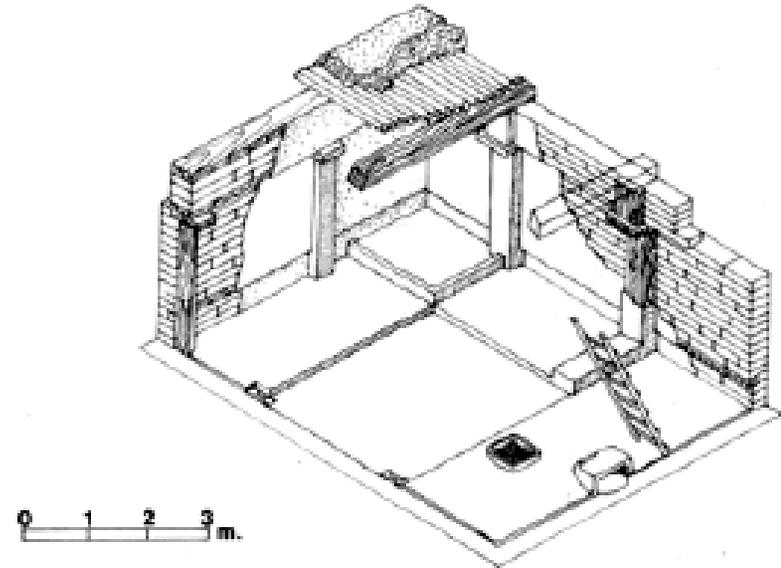
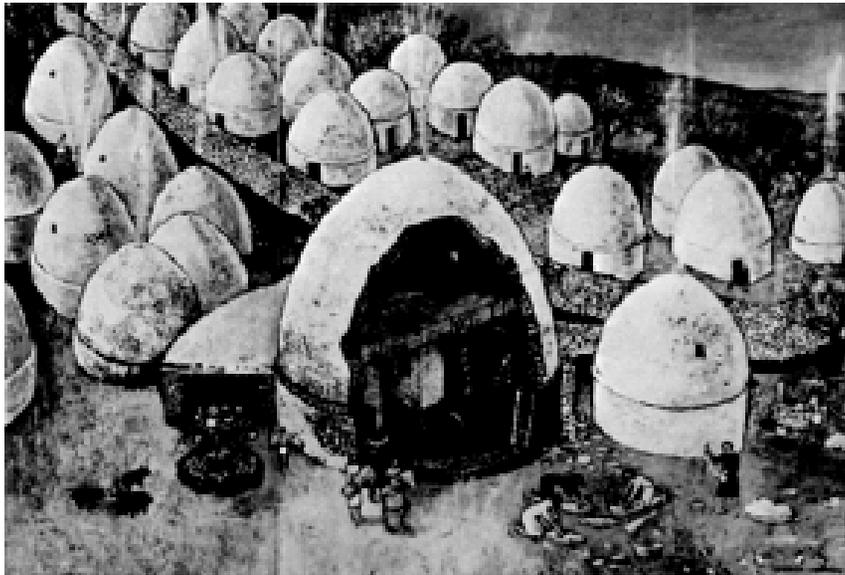
La **estructura estática**, por su lado, engloba los mecanismos resistentes, cuyas características, a la luz de la teoría de la elasticidad y sus contradicciones, han sido reducidos a solo dos familias: estructuras determinadas e indeterminadas. Vale decir, que la teoría de la elasticidad ha sido un apoyo invaluable para el desarrollo de la arquitectura en concreto reforzado, sin embargo, la crítica que subyace se presenta en dos formas; la primera, que sigue siendo un modelo basado en suposiciones, es decir, una aproximación al comportamiento real de las estructuras, la segunda, que junto a la concepción euclidiana del espacio ha contribuido a formar el **mito** de estructuras "verdaderas" de la arquitectura moderna.

Siguiendo a Darwin, en casos especiales, se incluirá en el próximo libro, la distribución geográfica de las obras, una especie de arqueogeografía, evidenciando las "fronteras arquenéticas" y el confinamiento o expansión de determinado tipo, basado, en el caso del ser humano, en las vías de comunicación, cuya **evolución**, ha influido en la velocidad de expansión.

Lo anterior, cristaliza en el tipo, síntesis tanto estética como estática (tectónica). La búsqueda entonces, estará orientada hacia la individuación de los arquenes, su proliferación, sus **variantes**, o mutaciones, partiendo de su estado embrionario, es decir, el menos modificado.

Como parte operativa, se ha recurrido a la geometría fractal, cuyas características permiten analizar un estado inicial, así como ver la arquitectura como un proceso. La geometría fractal, como fue acotado, no sustituye, sino engloba a la geometría euclidiana, como caso especial. Adicionalmente, la posibilidad de utilizar el recurso de cálculo que presenta esta geometría ofrece posibilidades interesantes en el campo de la arquitectura y el diseño.

En el próximo libro haremos la exploración inicial del espacio así planteado, comenzando por las cunas de la civilización misma.



## LIBRO 6

# EVOLUCIÓN-ESTRUCTURA ESTÉTICA

---

« D'origine mythique est l'histoire de l'art. Magique, leux, Age, Anse, Isme, Isme, Isme, Isme, Neoisme, isme, ique, Han, Ion, Hic, Pop, Hop, Kitsch, Asthme, Isme, Art, Hic, Tic, Tac, Tic »<sup>128</sup>

<sup>128</sup> La parenthese du moderne, Actes du colloque 21-22 mai 2004, "L'art moderne, rupture ou parenthese dans l'histoire de l'art?" Centre Pompidou.

## 6.0 Introducción

Con la expresión anterior, iniciaba una serie de debates en el Centro Pompidou en París, sobre la historia del arte moderno, buscando ilustrar la evolución de “estilos” a lo largo de la era cristiana en occidente.

Esta evolución considera en la presente tesis a la arquitectura como un “grupo de organismos”, en este caso, por analogía con los seres vivos, no de uno en particular, es decir, no se considera una analogía del tipo nacimiento, crecimiento y “muerte” de un estilo, sino la proliferación o medra de determinada especie en un medio ambiente.

Lo anterior no es extraño, dado que otros elementos creados por el hombre se comportan de la misma manera, tal es el caso, por ejemplo, de los virus informáticos, cuya estructura interna, su programa, establece que “deben” reproducirse, es decir, sobrevivir (en este caso se emplea la metáfora sólo como explicación, recordando que existen los virus “reales” en el mundo natural.

Adicionalmente, se plantea el tipo como reflejo de un “esquema”, el cual responde a una “estructura estética”, materializada en una “estructura estática”, cuyas bases parten de un origen embrionario.

El origen embrionario se plantea con dos formas básicas; circulares y prismáticas, y con dos tipos de estructuras básicas: *indeterminadas* y *determinadas*. El comportamiento evolutivo encuentra en el análisis fractal, y en los programas de cálculo, una herramienta operativa valiosa.

En este desarrollo veremos que la relación estructura estética – estructura estática ha variado con el tiempo, y que a pesar de ser una y la misma cosa en el objeto arquitectónico, una tiende a prevalecer plásticamente. Así, en sus orígenes, la estructura estática o tectónica determinaba la forma final, no así en el largo proceso cultural de occidente, en el cual la influencia de la **técnica romana** que inicia la división del proceso constructivo y la separación del subsistema estructural, subsistema de acabados, etc. Paralelamente, la sucesión de estilos (ismos) continuó relegando la estructura a un segundo plano. Sin embargo, el movimiento moderno ha supuesto un paréntesis, en el cual sobre todo durante el siglo XX, las figuras novedosas, generalmente han estado ligadas al desarrollo de nuevas técnicas o sistemas estructurales.

## 6.1 Arquitectura e Historia

Las historias de la arquitectura, como las de Zevi (1950), Benévolo (1958), Norberg-Schulz (1979), Frampton (1980), Segre (1985) surgen después del movimiento moderno, en ellas puede verse una evolución, desde una especie de antología, al inicio de un análisis crítico. Sin embargo, en todas ellas se encuentra presente la idea de estilo, Norberg-Schulz introduce sin embargo, la idea del significado de los espacios y el concepto de **lugar**:

*“Una de las necesidades fundamentales del hombre es la de experimentar significados en el ambiente que lo circunda. Cuando esto se verifica, el espacio se convierte en un conjunto de lugares. Entonces el término lugar determina algo conocido y concreto”<sup>129</sup>.*

Para efectos del presente ensayo, propondremos una historia **diferente**, basada en los principios de la teoría de la evolución, de los avances de la técnica, de la mayor o menor abstracción de las formas, y del concepto de belleza derivado de las concepciones filosóficas imperantes.

La ilustración marcó el inicio de una nueva forma de pensamiento en la cual el canon dejó de tener validez universal. De acuerdo a Herbert Read<sup>130</sup>, podemos verlo como la culminación de un proceso que se inicia en la frontera del Paleolítico hacia el Neolítico, en el cual se desarrolla un sistema de signos-significados, base del lenguaje.

Los períodos de la historia serían, sin ánimo reduccionista, tres:

- Período arcaico: (4000 AC – 800 AC): En sus inicios, las sociedades más desarrolladas no estuvieron en occidente, sino en oriente y extremo oriente, los contactos con estas culturas, lentamente, van modelando el inicio de la cultura greco-romana, que vuelve a ser de tipo naturalista. La influencia de la cultura egipcia en la génesis de la cultura griega puede verse en esculturas del período helenístico temprano.<sup>131</sup>
- Cultura greco-romana occidental: (800 AC – 1900 DC): Roma desarrollará una arquitectura que influirá en las etapas sucesivas en occidente. El período greco-romano está dominado por la concepción de la belleza objetiva, es decir, residente en objetos “bellos” independientes del observador. La tierra es el centro del universo. Esta

Paleolítico (¿1,000,000 AC – 10000 AC): Es el período en el cual el hombre comienza a expresarse, sus obras son de tipo naturalista, es decir, si el hombre neolítico quería dibujar un bisonte, hacía una representación realista del animal.

Neolítico: (10,000 AC – 4000 AC) Es el período en el cual se inician las bases simbólicas del lenguaje, es decir, la representación pasa de ser naturalista a ser geométrica y por tanto, establece la presencia de un código.

<sup>129</sup> Norberg-Schulz, Christian, *Arquitectura Occidental*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999, contratapa.

<sup>130</sup> Read Herbert, *Imagen e Idea*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003

<sup>131</sup> En el Museo Louvre existe una interesante relación del paso de la escultura griega arcaica, que contiene elementos considerados egipcios, hacia el período helenístico, propiamente dicho.

concepción comenzará a cambiar con el Renacimiento, cuando el hombre pasa a ser el centro de la atención.

- Período Moderno: Hacia finales del siglo XIX, a partir de las vanguardias, comienza a cambiar la concepción del arte, se abandona el canon clásico.

## **6.2 Generación de la forma**

En el estudio de la generación de la forma, la revisión general inicial del desarrollo de la arquitectura tomará en cuenta aspectos dimensionales tradicionales, esto es, de la geometría euclidiana, sin embargo, como fue acotado al principio, y como consecuencia de la lógica intuitiva-transformativa, nuevas formas de ver la arquitectura se ponen en juego. En este caso, la geometría fractal, la cual aunque no ha sido empleada de forma expresa en la historia de la arquitectura no significa que no exista. Recordando que los principios de la geometría fractal son los de las formas presentes en la naturaleza, en toda su variedad, complejidad, y contradicciones. Adicionalmente, la geometría fractal puede ser vista como un horizonte mayor que incluye a la geometría euclidiana como un caso particular (el ejemplo de la autosemejanza de 2)

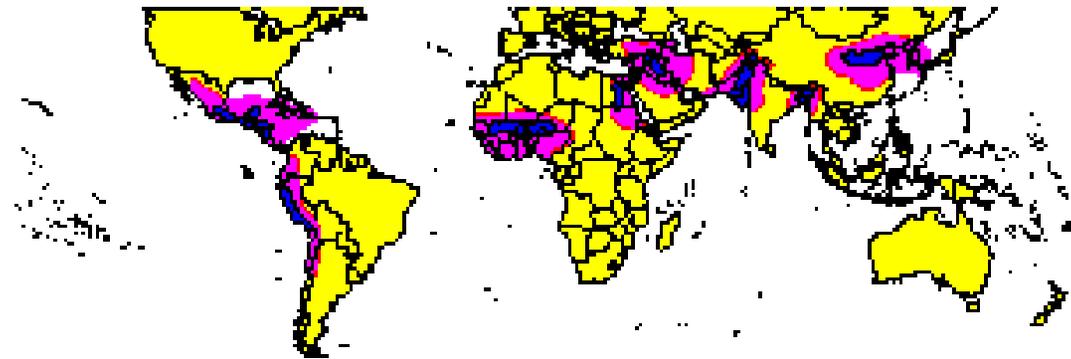
Entre los aspectos a considerar se encuentran los sólidos básicos de la geometría euclidiana, complementados con la dimensión fractal, los atractores, y la "profundidad de organización" de Jencks.

Los principios generales de la geometría fractal fueron vistos en el libro anterior, pero ¿Estarán presentes en la arquitectura del pasado?

## **6.3 Historia evolutiva de la forma**

Antes de entrar a la selección de casos conviene revisar brevemente la generación de la forma, en un desarrollo histórico. Así, veremos que la relación entre la estructura y la forma final ha variado, siendo más importante en algunas épocas, menos determinante en otras, con variantes y mutaciones, desarrollo de nuevas especies, o al menos eso se tratará de encontrar en el presente estudio. Por lo tanto, iniciaremos con la distribución primigenia de las culturas, lo que se ha llamado las antiguas "cunas" de la civilización:

- China
- El valle del Indo
- Mesopotamia
- Mesoamérica
- Egipto



### 6.2.1 Período arcaico

En sus orígenes, *la elección de la estructura (tectónica) determinaba la forma final del objeto arquitectónico*, es decir, revelaba su naturaleza.

*“Las civilizaciones mesopotámicas construyeron las formas que serían arquetípicas de la arquitectura desde entonces hasta siglos después. La forma de las obras de la antigüedad era, mayoritariamente, la consecuencia de un propósito constructivo para hacer posible una actividad; y la apariencia exterior de los edificios **dependía sobretodo del sistema estructural** que soportaba su cubierta, ya fuera abovedado o arquiteado, y de la forma de ésta.”<sup>132</sup>*

En la gráfica de la página siguiente, observamos este posible desarrollo inicial, y el paso de formas circulares, hacia formas prismáticas, en ambos casos, la forma resultante **depende del sistema estructural**.

*“[...] Las formas circulares y abovedadas de las primeras casas (entre el 6000 y el 4000 a.c.) construidas como refugios con falsas cúpulas, dieron paso después a construcciones prismáticas de muros de ladrillos o adobe y **vigas de madera**.”<sup>133</sup>*

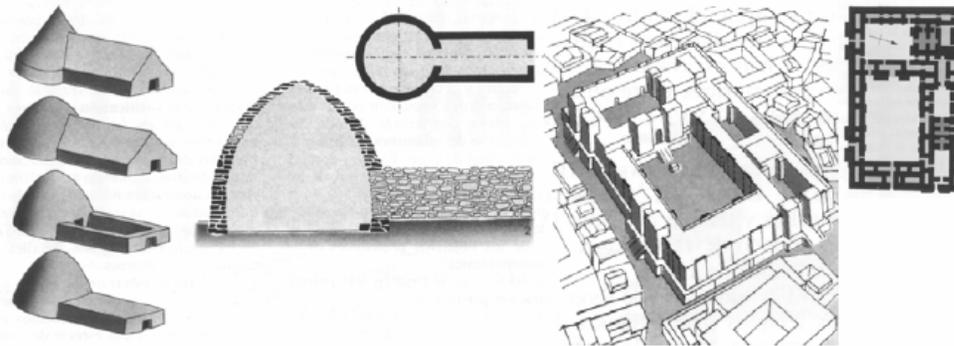
Primer arquite: formas parabólicas en revolución.

Segundo arquite:

Formas prismáticas

<sup>132</sup> Crespo Cabillo, Isabel, *Control gráfico de formas y superficies de transición*, Tesis doctoral, UPC Universidad de Cataluña 2005

<sup>133</sup> Cabillo, Op. cit. P. 11



**Ilustración 28 Construcciones circulares y falsa cúpula, a la derecha, planta del palacio de Ctesifon. .<sup>134</sup>**

En la gráfica superior podemos observar la evolución de las primeras estructuras cuyo proceso, a partir de formas naturales, condujo de forma intuitiva hacia curvas de tipo parabólico. Esto es de capital importancia, ya que esta forma, más eficiente, desde el punto de vista estructural, luego no fue retomada en occidente, donde se privilegió la forma del arco de medio punto, más fácil de trazar, pero con una conducción de esfuerzos menos eficiente.

Los conocimientos técnicos de la época no permitían aún cubrir grandes luces, pero, a pesar de ello, si existieron grandes palacios, en los cuales, los vanos eran cubiertos por vigas de madera de grandes dimensiones, por ejemplo, en el caso del palacio de Knosos (ver ilustración 29) en el cual, grandes capiteles zoomorfos sostenían vigas de dimensiones ciclópeas.

Adicionalmente, el sistema constructivo empleado en oriente, en general, **no empleaba formaleta**, mientras en occidente, la construcción de arcos y bóvedas empleó grandes cantidades de madera. Es notorio, aún hoy día, la deforestación resultante en el área de influencia del Imperio Romano. No será sino hasta el gótico que en occidente se comiencen a adoptar sistemas más cercanos a una conducción de cargas, y habrá que esperar hasta Gaudí, que empleará nuevamente el arco de tipo parabólico.

*“El constructor egipcio levanta los muros sin andamiaje y las bóvedas sin arco; la idea dominante es evitar instalaciones auxiliares; las arquitecturas primitivas se encaminan directamente a su objetivo ( Choisi ) (sic)”<sup>135</sup>.*

**Ilustración 29 Derecha Reconstrucción de capitel zoomorfo, Museo del Louvre, elaboración propia.**



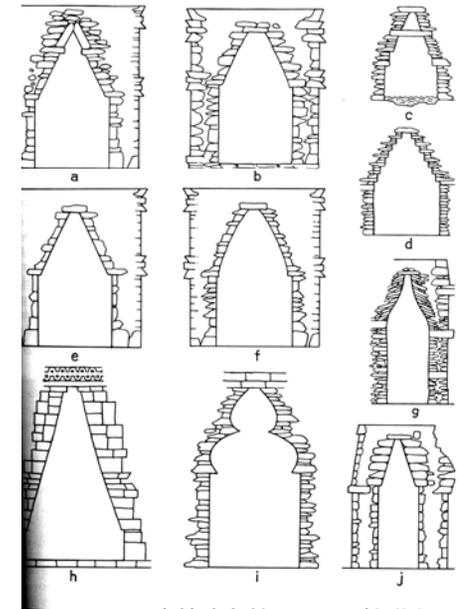
<sup>134</sup> Cabillo, Op. cit. P. 12

<sup>135</sup> <http://www.arquired.es/users/revista/bovedas.htm>, consultado en línea, diciembre de 2003.

Un primer paralelismo (formal mas no temporal) puede ser trazado, ya que soluciones estructurales similares pueden observarse en las culturas mesoamericanas y etruscas, en las imágenes, varias secciones de edificios muestran el uso de formas abovedadas cuyo principio estructural es muy similar al mostrado en el caso de la vivienda mesopotámica.



**Ilustración 30** Entrada a una tumba etrusca, Cerveteri, Italia, elaboración propia.



**Ilustración 31** Arriba, a la derecha, diversas configuraciones de bóvedas en el área maya, según Sharer, abajo, a la derecha, bóveda salediza en el sitio arqueológico de Yaxhá, Petén, Guatemala, elaboración propia.



136

<sup>136</sup> Sharer, Robert, La Civilización maya, Fondo de Cultura Económica, México, 1999

En este caso podemos hablar de dos especies que se han desarrollado en distinto continente (por tanto cumplen las condiciones de aislamiento planteadas por **Darwin**), y que en ambiente similar o ante similar requerimiento, "**evolucionaron**" produciendo características similares en estructuras de tipo indeterminado (En el área maya es posible encontrar incluso medias bóvedas sin colapsar, aún cuando la otra mitad ya ha cedido)

Siguiendo la línea temporal, la civilización mesopotámica empleó cubos, grandes muros de carga.

En el caso de la cultura egipcia, contemporánea de la anterior, la **estructura estética** de dicho pueblo orientó a una abstracción casi matemática de las formas. Pirámides, pirámides truncadas y formas básicas.

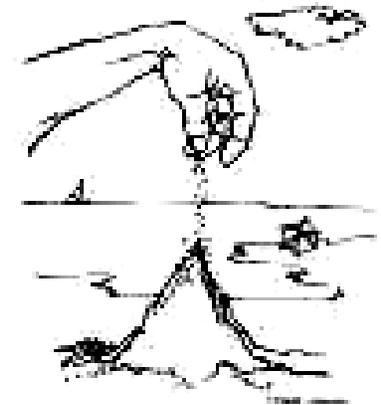
*"Las pirámides y el uso de otras formas básicas son la expresión de esta capacidad de síntesis y de abstracción."<sup>137</sup>*

Sin embargo, ya acá puede observarse la *estructura estética* cambiante de los pueblos, ya que si para los egipcios, era muy importante la simetría y la estabilidad (el triángulo es una figura extremadamente estable cuando descansa sobre uno de sus lados, su equilibrio es precario cuando descansa sobre un vértice), para otras culturas era más interesante buscar lo contrario, así, en Creta, la columnas son, contrario a la lógica tradicional, más anchas en el capitel que en la base:

*"La arquitectura minoica construye unos pilares con fuste más estrecho en la base que en el capitel, contrariando la lógica de la estabilidad que aconseja la forma piramidal propia de Egipto y Mesopotamia."<sup>138</sup>*

Por otro lado, también pueden trazarse algunos paralelos, ya que también en las culturas mesoamericanas, el uso de la forma piramidal fue ampliamente difundido, como una forma estructural extremadamente estable.

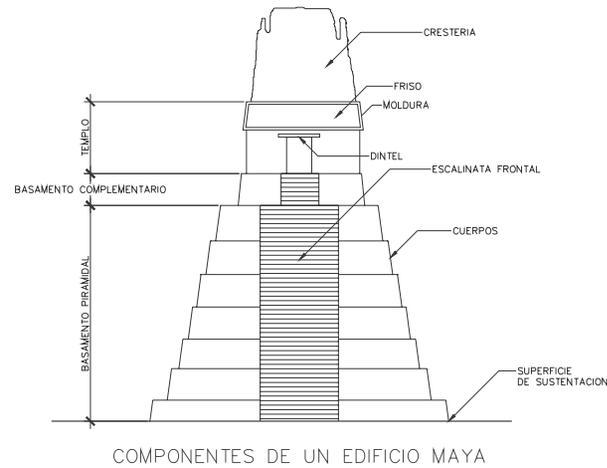
**Ilustración 32** Arriba, pirámides de Gizah, Egipto, abajo, "sandpile" de un sistema de autoorganización de puntos críticos.<sup>139</sup>



<sup>137</sup> Cabillo, Op. cit. P. 11

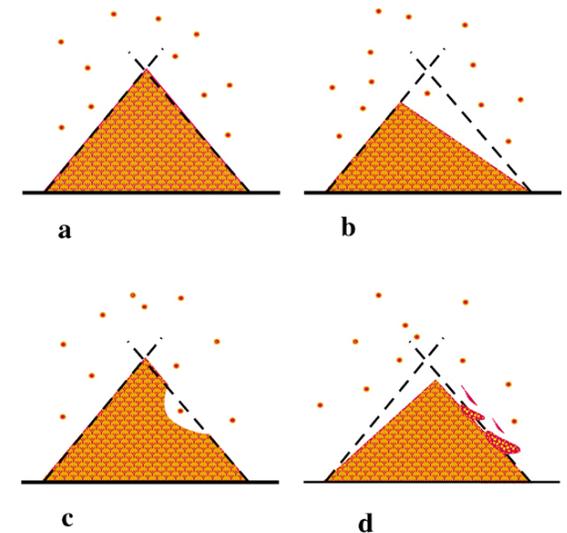
<sup>138</sup> Ibid

<sup>139</sup> Fuente: <http://www.nature.com>, accesado en línea, noviembre de 2006



**Ilustración 33 Arriba Componentes de un edificio maya, elaboración propia.**

**Ilustración 34 A la derecha, esquema de formación de pequeñas avalanchas en un sistema de autoorganización de puntos críticos.** <sup>140</sup>



Cuatro etapas en la autoorganización:

- A: forma ideal
- B: estado inicial
- C: primer estado crítico
- D: "Avalancha", que aligera

Acá cabe, como Darwin, preguntarse *¿porqué, dos pueblos separados en el tiempo y el espacio, llegan a dos respuestas tan parecidas?* La respuesta está en el estado embrionario de ambos ejemplos el cual es la concepción estructural básica, en este caso, la pirámide, una forma estable. La explicación de este comportamiento puede encontrarse en el ángulo de reposo de ciertos materiales, cuya expresión matemática se conoce como **sistemas de autoorganización de puntos críticos**, cuyas bases se encuentran también en la naturaleza.

El sistema de autoorganización de puntos críticos establece que un punto de equilibrio temporal es alcanzado, sin embargo, en un volcancito de arena o de granos de azúcar (que son cubos), la idea principal es que, si hacemos descender granos de azúcar lentamente, comenzarán a acumularse (como parte de un proceso dinámico), más granos de azúcar aumentarán pequeñas cargas, hasta alcanzar un **punto crítico** en el cual, se produce una pequeña "avalancha", que aligera la carga, reiniciándose el proceso hasta alcanzar un nuevo punto crítico.

<sup>140</sup> Wikipedia, accesado en línea, diciembre de 2006.



Ilustración 35 Principales ciudades mayas.<sup>141</sup>

Permanencia y reproducción:

La cultura maya, como otras en mesoamérica, construyó pirámides con variaciones estilísticas, según la región.

En el mapa a la izquierda, las principales regiones:

- Área central o del Petén
- Área del Usumacinta
- Área del Valle de Copán
- Área Chenes
- Área Puuc
- Área Río Bec

<sup>141</sup> Fuente: [www.haciendachichén.com](http://www.haciendachichén.com), accesado en línea, octubre de 2005.

### 6.2.2 Período Greco-Romano

Retomando, en la línea del tiempo, luego de la civilización egipcia, se sucedió la Griega, la cual como fue acotado al principio, es parte de la delimitación temporal del estudio, en este momento nos limitaremos a hacer un esbozo.

*“Los templos griegos clásicos se definían a partir de columnas y cubiertas a dos aguas, las variantes de este modelo reflejaban una concepción más bien escultórica de la arquitectura que atendía más al aspecto exterior que a una idea de espacio... **Es en los detalles ornamentales donde había una diversidad más notable**.”<sup>142</sup>*

Sin embargo, la cultura romana retoma tanto el principio del arco como el del dintel (En Grecia y Egipto el arco no tuvo la misma difusión) cuyos principios estructurales son distintos, adaptándolos, remezclándolos y produciendo una mutación que integra ambos elementos.

De acuerdo a Darwin, esto es posible dado que existen en la naturaleza incluso animales con características *superfluas*, lo cual no interesa, ya que para la evolución basta tan solo que sobreviva.

Es así como en la cultura romana, arcos y dinteles coexisten, formando los conocidos órdenes superpuestos.

*“[...] la combinación de pilares con arcos —**elementos que tienen su origen en principios estructurales distintos**— se lleva a cabo por razones puramente formales y se abre con eso un abanico de **posibles combinaciones**. Las obras de ingeniería civil romana son un interesante catálogo de formas de edificios muy diversos. La figura que adoptan se debe a que se ajustan a una función o a unos **conocimientos físicos**: los acueductos, las murallas defensivas, y también los circos, los odeones, los teatros [...]”<sup>143</sup>*

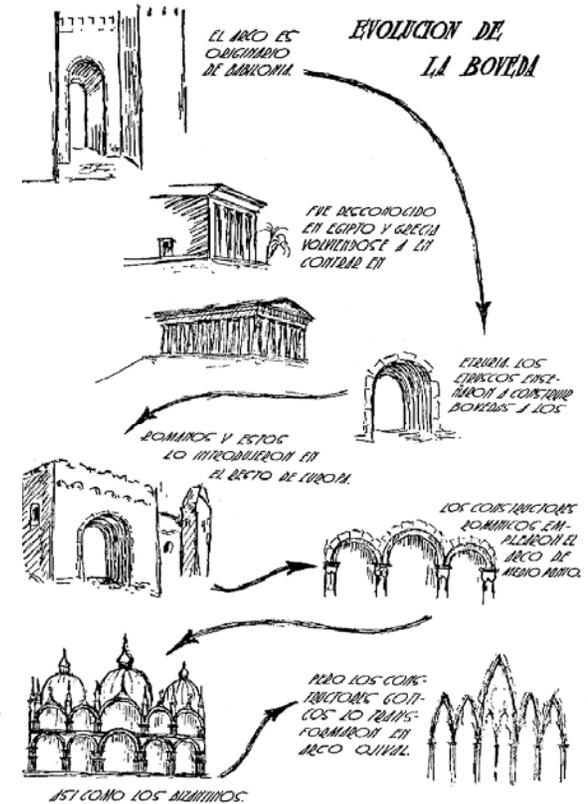
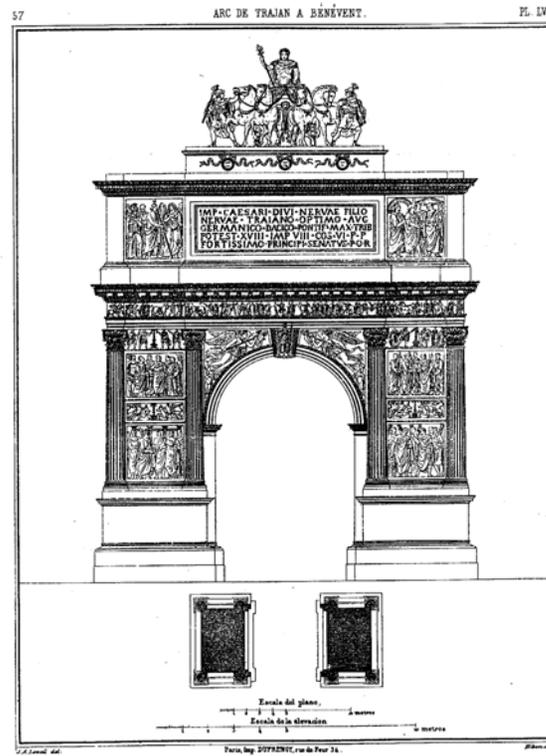


Ilustración 36 A la derecha, esquema de evolución histórica de la bóveda.<sup>144</sup>

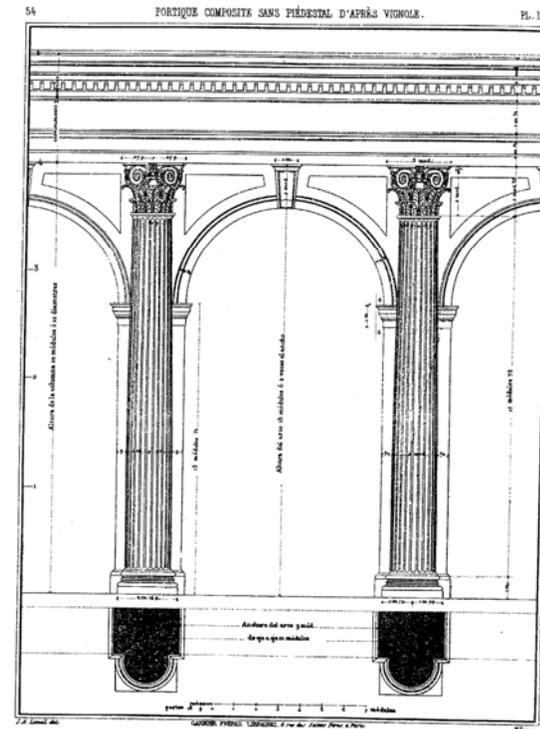
<sup>142</sup> Bruno Zevi califica de escultórica la concepción de la forma de la arquitectura griega. ZEVI, Bruno: Saber ver la arquitectura. Editorial Poseidon . Barcelona, 1981 p.55 y ss, citado por Cabillo, Op. cit. P. 12

<sup>143</sup> Cabillo, Op. cit. P. 12

<sup>144</sup> Ediciones CEAC Síntesis de los estilos arquitectónicos, Barcelona, 1966.



ARCO DE TRAJANO EN BENEVENTO



PÓRTICO COMUESTO SIN PEDESTAL SEGUN VIGNOLA

**Ilustración 37 Arco de Trajano y esquema de pedestal compuesto según Vignola.**

Especialmente, los edificios romanos mantenían una especie de “lógica interna”, sin mucha relación con el contexto urbano, lo mismo podía observarse en las “villas”, siendo en su mayor parte una agregación de espacios.

*“Cada construcción se sitúa en el lugar y con la orientación más conveniente pero no hay una concepción general que imponga una figura sobrepuesta reconocible.”<sup>145</sup>*

Es, sin embargo, a pesar de la unión de elementos **no dependientes uno del otro**, como el arco y el dintel, y a pesar de esta falta de unidad aparente, enorme, la influencia que tuvo la cultura romana en occidente. Siendo retomados en diversas ocasiones dichos elementos a lo largo de los últimos 20 siglos (el canon).

La técnica constructiva del arco muestra notables deficiencias cuando es sometida a esfuerzos laterales.

Ahora bien, en este punto vale la pena reflexionar sobre la dimensión del tiempo, es decir, como era concebida la arquitectura para griegos y romanos.

Hay varias diferencias fundamentales, en primer lugar, en el caso de la arquitectura griega, en general, se trata de arquitectura a base de cantera, es decir, de maestros talladores, como ya fue acotado, es una arquitectura de tipo escultórico, escenográfico.

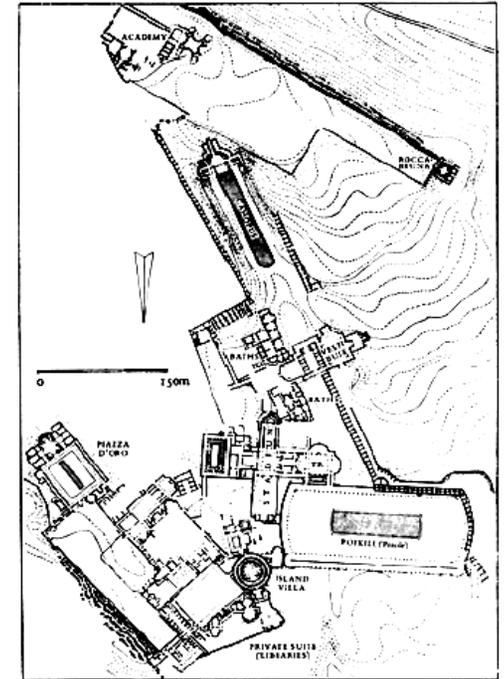
En segundo lugar, con frecuencia una sola persona –arquitecto- es la responsable de mantener las proporciones de la obra. Ello influencia la apariencia final del objeto arquitectónico, ya que hay una sola “visión” de la misma.

### **Ilustración 38 Plano de la "Villa Adriana"**

En el caso de la arquitectura romana, la misma es el resultado del trabajo de varias personas, distinguiéndose al menos tres fases:

- La ejecución de la obra “civil”, es decir, de la estructura.
- La ejecución de los cerramientos, es decir, muros de división.
- La ejecución de los acabados.

Lo anterior nos recuerda el proceso de racionalización que ha llegado incluso a nuestros días, lo cual nos habla de distintas concepciones del hecho arquitectónico, incluso a nivel filosófico, recordando que para Platón la belleza era la verdad. Roberto Marta, ha estudiado la arquitectura romana desde hace más de 30 años, en sus investigaciones ha encontrado que:



<sup>145</sup> Cabillo, Op. cit. P. 13

*“L’organismo architettonico greco e romano, manifestano differenze concettuali sia per la condizionante formazione filosofica nei riguardi dello studio dell’opera che nella conduzione dei lavori. La costruzione greca, vista nella sua interezza, è fatta in pietra da taglio e ciò che più conta un solo artefice provvede a studiarne la forma, controllarne le proporzioni e l’equilibrio, organizzarne la realizzazione materiale compresa la parte più delicata e rappresentativa di essa, la decorazione.*

*Il manufatto romano, chiama in causa per il suo compimento tre distinte corporazioni di artigiani, che provvedono a fornire in tempi diversi il frutto della loro collaborazione. L’idea creativa è fornita da un unico artefice ma lasciata poi all’estro ed al magistero dei vari specialisti che intervengono in ordine all’ap.orto tecnico richiesto. Pertanto la realizzazione di una costruzione è impostata con il rigore di una moderna organizzazione di cantiere con tutti i pregi e difetti che comporta”<sup>146 147</sup>,*

Con el paso del tiempo, fueron más importantes otros elementos, incluso decorativos, con notables excepciones, como el Gótico.

### 6.2.3 Gótico

El período Gótico significó una evolución estructural, partiendo de los arcos del período romano, vistos con anterioridad. Entre sus características particulares se encuentra el arco ojival o apuntado, sin embargo, detrás de estas formas se encuentra un cambio de mentalidad, partiendo de “Dios, emperador, seguridad”, se pasó a la idea de “purificación, cura, unidad”. El punto de intercambio de ideas ocurrido durante este período fue de fuertes movimientos poblacionales, dado que las cruzadas originaron desplazamientos e intercambio cultural, extendiendo y difundiendo el nuevo estilo.

Sin embargo, nuestro enfoque, como fue acotado en el libro anterior, es de variaciones, de movimientos en lugar de períodos, así, el llamado período gótico, al verlo *más de cerca* muestra variaciones de región a región, dependiendo de si es al principio o al final del período, así como también según la tipología arquitectónica. En consecuencia, el modelo evolutivo

<sup>146</sup> Marta, Roberto, *Architettura Romana*, Edizioni Kappa, p. 72

<sup>147</sup> “El organismo arquitectónico griego y romano, manifiestan diferencias conceptuales ya sea por la condicionante formación filosófica con respecto al estudio de la obra, que en la conducción de la obra, la construcción griega, vista en su conjunto, está hecha de bloques canteados, y lo que más cuenta, un solo artesano se ocupa de estudiar la forma, controlar las proporciones y el equilibrio, organizar la producción material, comprendiendo la parte más delicada y representativa, la decoración. La obra romana requiere de la participación de tres distintas corporaciones de artesanos, que proveen en tiempo distinto el fruto de su colaboración. La idea creativa es dada de un único artesano, pero dejada luego a la experiencia y maestría de varios especialistas que intervienen en orden a las necesidades técnicas requeridas. Por lo tanto la realización de una construcción es llevada a cabo con el rigor de una organización moderna de sitio (de construcción) con todas las ventajas y defectos que conlleva”. Traducción libre.

#### Distribución arquitectónica:

El arquite del arco ojival vio favorecida su difusión por las **cruzadas**.

**Mutación:** el cruce de distintas familias produce nuevos individuos, tales como la basílica, basílica con galerías.

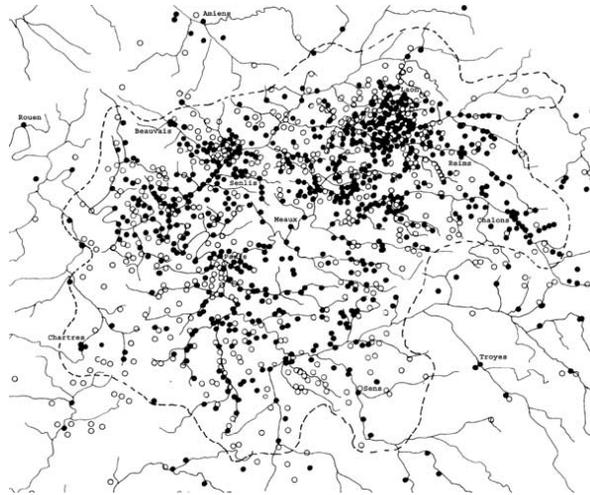
**Semejanza:** Las semejanzas se dan a diversas escalas en una misma familia, por ejemplo las ballenas, cuyas dimensiones varían según la especie, desde la ballena azul, hasta la orca, pero todas son ballenas.

nos conduce hacia una reproducción sistemática, en la cual los hijos heredan las características de los padres (los arcos ojivales), pero adaptándose a las características del medio.

*“In addition that the Gothic concept is found in many different **variations depending on the region, such as English, French, German-gothic, the time, such as the Early, Middle and Late Gothic, different types caused by cross-section and exposure, such as basilica, basilica with galleries, rung-basilica, hall-church, rung-hall, pseudo-basilica, gallery-hall and pilaster-church, but also on size and usage, such as imperial or clerical.***

*But nevertheless **the elements are similar** and that can identify them as the Gothic style.*

*This is the concept of fractal geometry, the **similarity from the whole**, e.g. the Gothic as such or the pointed arch, to its parts, e.g. sub-gothic-styles or the pointed arch on different scales*<sup>148, 149</sup>,



**Ilustración 39 Distribución arquenética: Los puntos negros indican iglesias y catedrales góticas en el área de Paris y alrededores existentes hacia el año de 1740.**<sup>150</sup>

<sup>148</sup> Lorenz, Wolfgang, Op. cit. P. 36

<sup>149</sup> “Adicionalmente, a que el concepto del gótico se encuentra en muchas diferentes variaciones, dependiendo de la región, tales como inglés, francés, alemán-gótico, el tiempo, tal como temprano, medio, y tardo gótico, diferentes tipos causados por **cruce** y exposición, basílica anular, iglesia-salón, salón anular, seudo basílica, galería-salón, e iglesia pilastra. Pero también en el tamaño y uso, tales como imperial y clerical. Sin embargo, los elementos son similares y pueden ser identificados como estilo gótico. Este es un concepto de geometría fractal, la similitud hacia el todo, por ejemplo, el gótico en cuanto tal o el arco apuntado, hacia las partes, por ejemplo, subestilos góticos, o el arco apuntado en diferentes escalas.” Traducción libre.

<sup>150</sup> Fuente: <http://www.johnjames.com.au/medievaldatabase-parischurches-A-B.shtml>, accesado en línea, noviembre de 2006.



Ilustración 40 Países del Mediterráneo en la época de la primera cruzada.



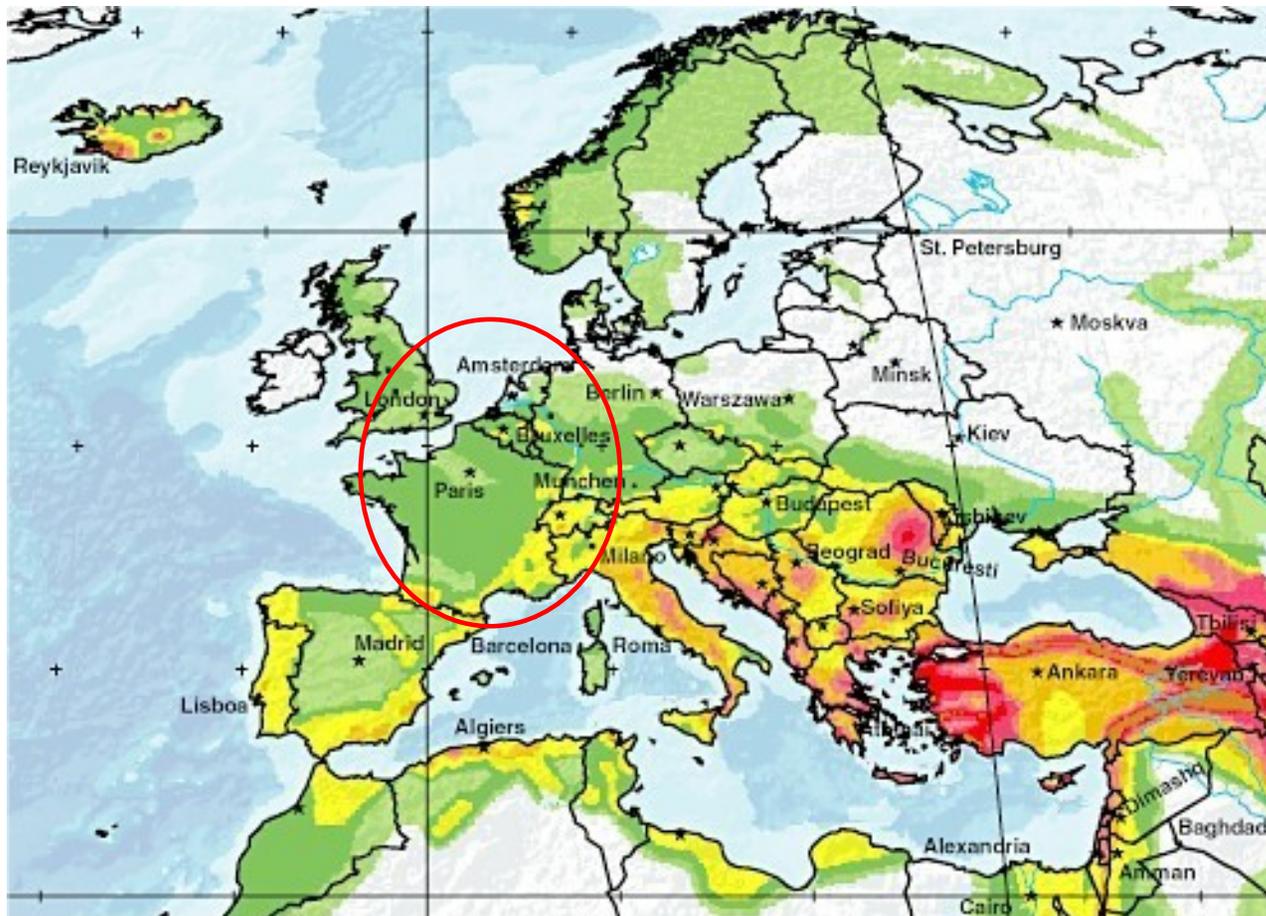
Ilustración 41 Países del Mediterráneo en la época de la cuarta cruzada. <sup>151</sup>

<sup>151</sup> Fuente: <http://www.newadvent.org/images/04543ccx.jpg>, accesado en línea, noviembre de 2006.

**Distribucion arquenetica:**

En la ilustración arriba, Europa durante la primera cruzada, abajo, Europa durante la cuarta cruzada.

Los movimientos de tropas y fieles propiciaron el desarrollo del estilo gótico, sobre todo sobre las **rutas de peregrinación** (de migración), cuyo reflejo en la arquitectura fueron las **iglesias de peregrinaje**. Estas iglesias, tenían espacios para recibir peregrinos, fenómeno que también se dio en Guatemala.

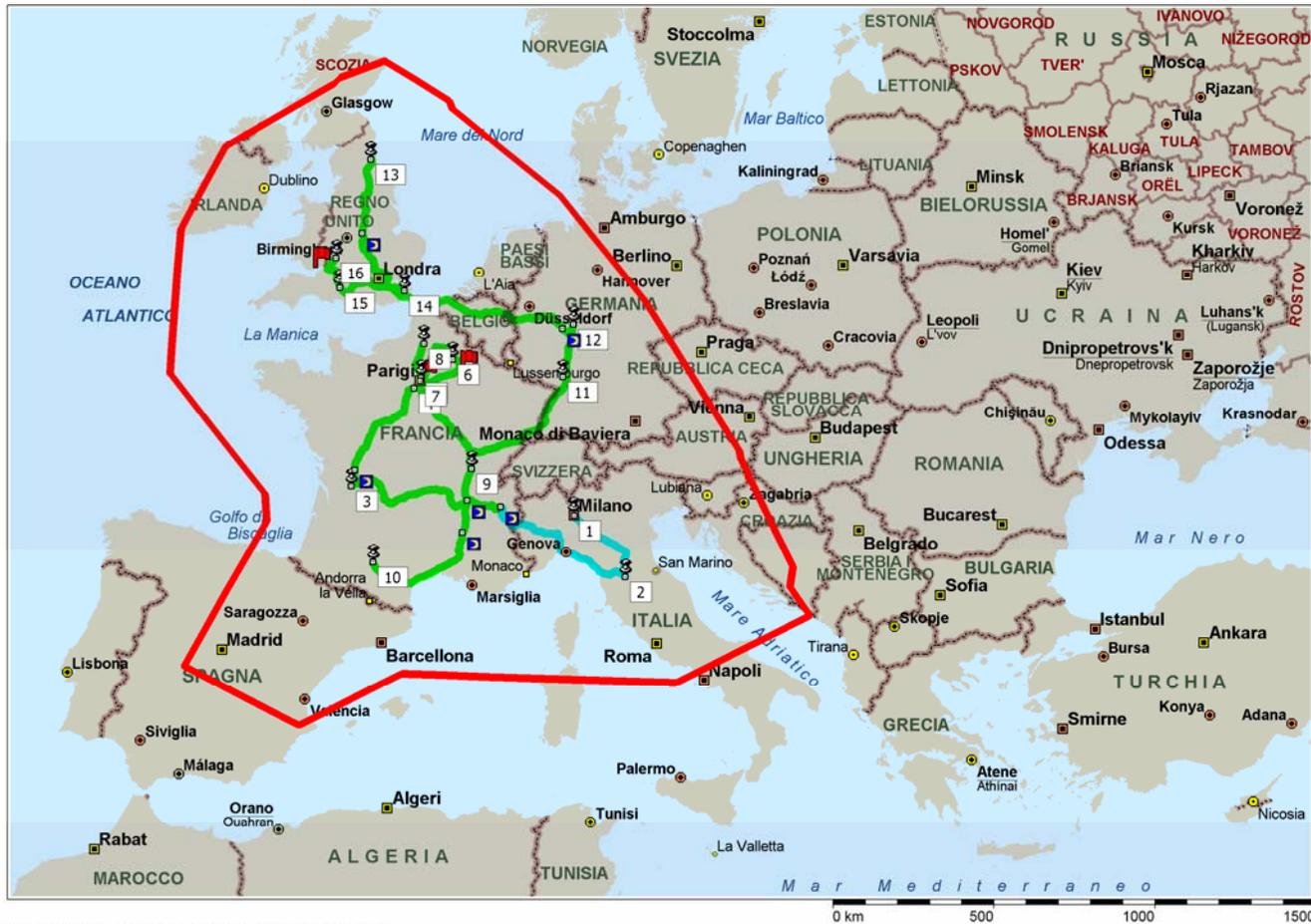


Mapa 1 Areas de actividad sísmica en Europa. <sup>152</sup>

#### Sismología:

En la ilustración a la izquierda, las zonas en rojo (oscuras), indican fuerte actividad sísmica, el gótico se desarrolla sobre todo en Francia, norte de Italia, Alemania, Inglaterra, países con poca o nula actividad sísmica. En lengua francesa, la expresión para decir TERREMOTO, por ejemplo, no existe, utilizándose "TREMBLEMENT DE TERRE" o sea, temblor de tierra, dado que para ellos el terremoto es una experiencia desconocida.

<sup>152</sup> Fuente: [www.geology.about.com](http://www.geology.about.com), accesado en línea, enero de 2007.

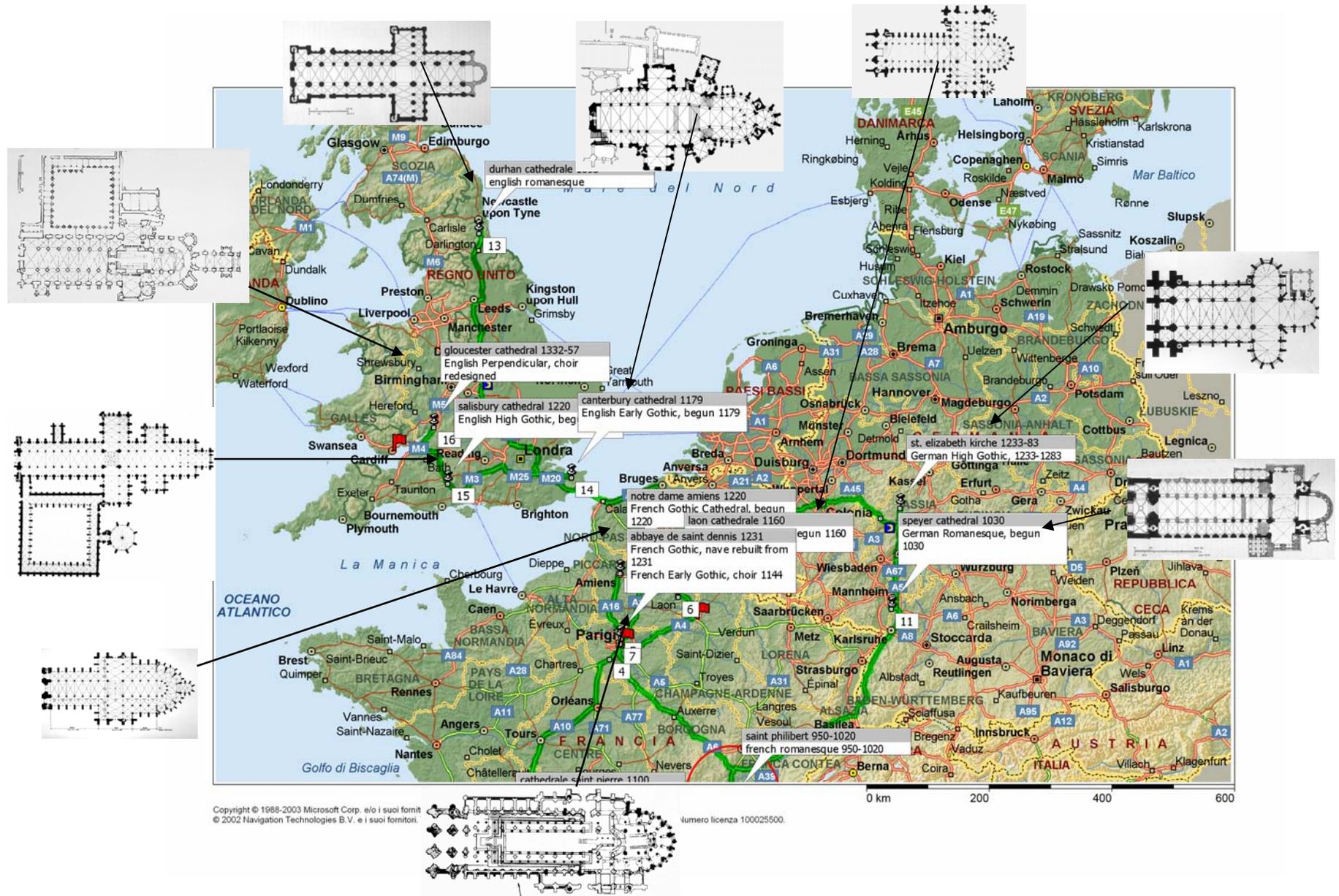


- Ubicación de obras:
1. Sant' Ambrogio
  2. Duomo di Firenze
  3. Saint Pierre
  4. Saint Denis
  5. Cathedrale de Laon
  6. Notre-Dame de Paris
  7. Amiens
  8. Saint-Philibert
  9. Saint Pierre
  10. Saint-Sernin
  11. Speyer
  12. Saint Elizabeth
  13. Durnhan
  14. Canterbury
  15. Salisbury
  16. Gloucester

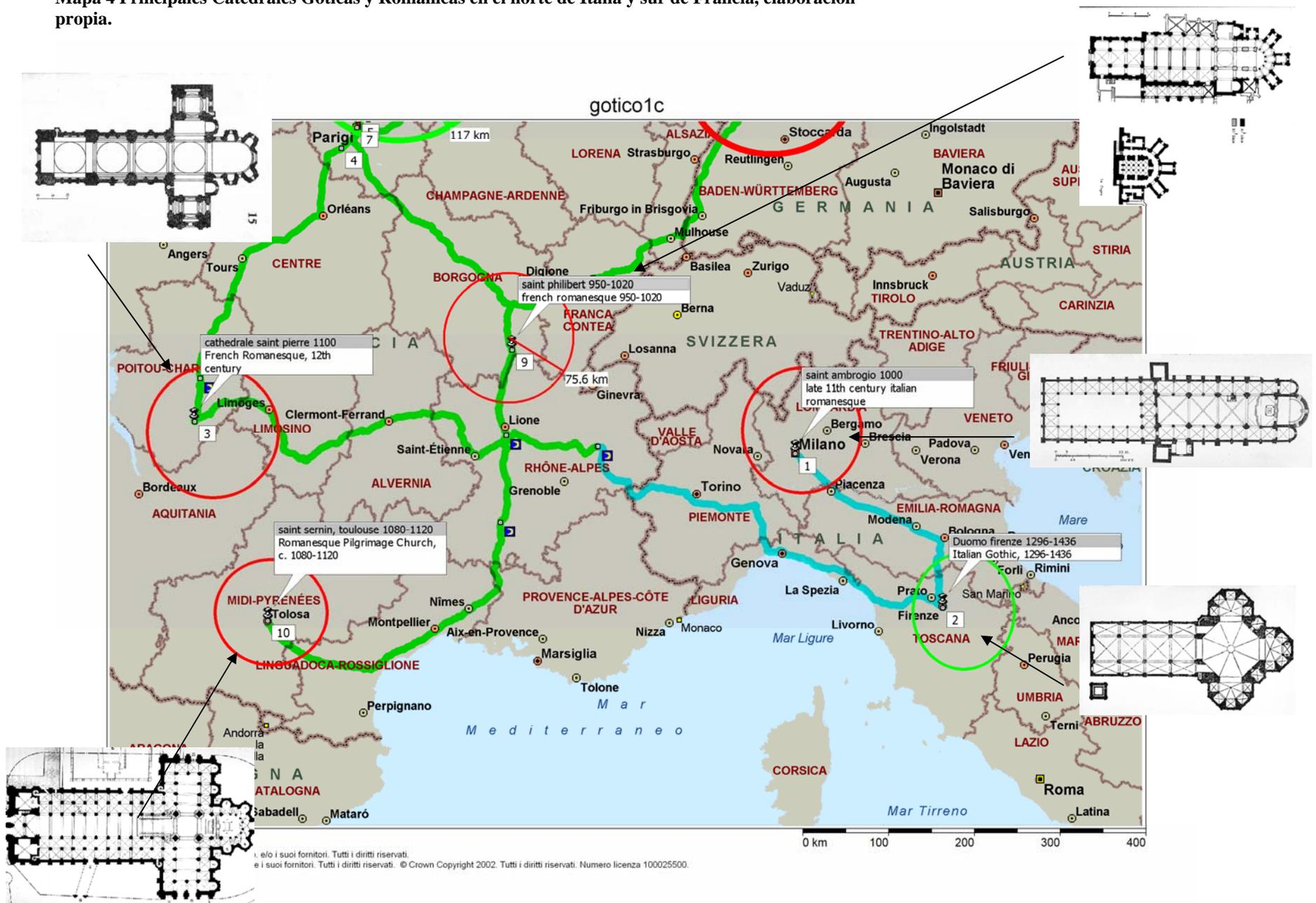
Copyright © 1988-2003 Microsoft Corp. e/o i suoi fornitori. Tutti i diritti riservati.  
 © 2002 Navigation Technologies B.V. e i suoi fornitori. Tutti i diritti riservati. © Crown Copyright 2002. Tutti i diritti riservati. Numero licenza 100025500.

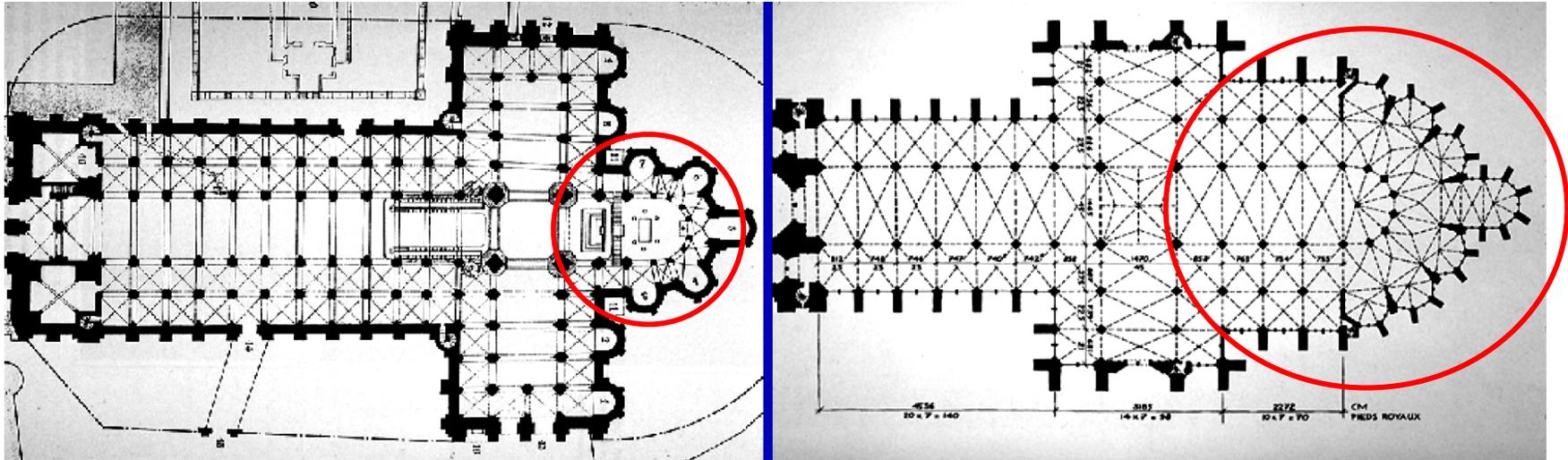
Mapa 2 Núcleo principal de influencia del Gótico en Europa, elaboración propia.

Mapa 3 Principales Catedrales Góticas en el área central de Europa, elaboración propia.



Mapa 4 Principales Catedrales Góticas y Románicas en el norte de Italia y sur de Francia, elaboración propia.





**Ilustración 42 Planta de Saint Sernin y Notre Dame de Amiens.** <sup>153</sup>

A la izquierda, la catedral de Saint Sernin, en Toulouse, es una iglesia románica de peregrinaje, construida entre 1080 y 1120 d.C., a la derecha, la Catedral Gótica de Notre Dame de Amiens iniciada en 1220. Nótese la presencia del deambulatorio tanto en la catedral románica como en la catedral gótica, como también el crecimiento desmesurado del mismo sector en esta última.

Wilars de Honecort, tratadista del siglo XIII, se interesó particularmente por los ábsides en las catedrales góticas, Carlos Chanfón, estudioso de este tratadista, desvela algunas particularidades:

*“Wilars se interesa de modo especial por los ábsides. Con sus dibujos nos revela una etapa específica en los ensayos para estructurar el espacio catedralicio que caracterizó al gótico[...].”<sup>154</sup>*

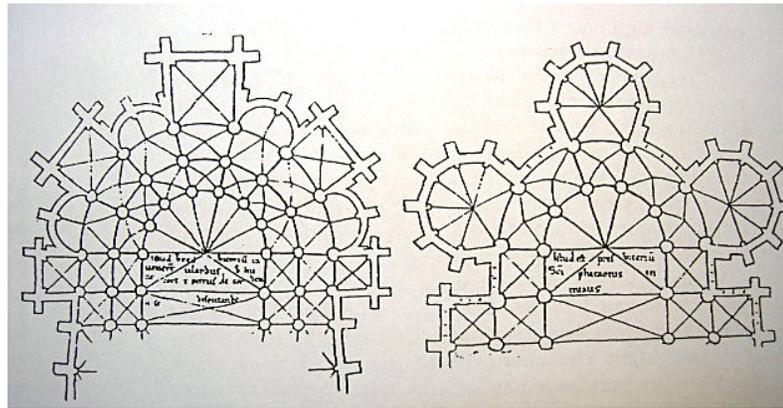
Y continúa agregando:

<sup>153</sup> Fuente: <http://www.owlnet.rice.edu/~hart205/Cathedrals>, accesado en línea, noviembre de 2006

<sup>154</sup> Chanfón Olmos, Carlos “Wilars de Honecort, su manuscrito”, Universidad Nacional Autónoma de México, 1994, p. 56

“La primitiva catedral de Reims, construida en la época carolingia, se incendió en el año 1211, y algunos meses después se colocaba la primera piedra del nuevo templo[...] según proyecto del maestro Robert de Coucy. [...] el 7 de septiembre de 1241, sería inaugurada por el Cabildo Catedralicio.

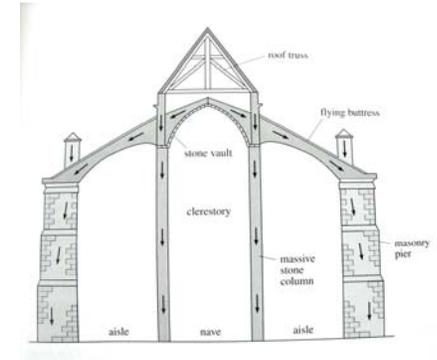
Reims ha gozado siempre de un justificado prestigio como **la primera catedral gótica** propiamente dicha, que llegó a un real grado de ejecución total. Mientras Laón, París y Chartres son hermosos ejemplos de transición, Amiens y Beauvais nunca llegaron al grado de avance de Reims, aunque pueden ser casos en que la técnica alcanzó mayor perfección.”<sup>155</sup>



**Ilustración 43** Planta del ábside de un proyecto de Willars de Honecurt.<sup>156</sup>

En las imágenes, arriba, proyecto arcaico de Willars de Honecurt, hacia 1200, que muestra uno de los primeros ejemplos de deambulatorio, con contrafuertes “en ángulo”. A la derecha, un ejemplo posterior, que muestra el grado de desarrollo de los constructores góticos, al desarrollar los contrafuertes en el sentido de los empujes, esto es, aprovechando el momento de inercia de los mismos. Desde el punto de vista de la lógica estructural, cada pieza trabaja en correspondencia al esfuerzo recibido, el cual en este caso tiene que ser de compresión:

“The outward thrust of the arched vault is transmitted through the flying buttress to deep masonry piers on the exterior of the building... for the structure to be stable, the masonry must be stressed in compression throughout...”<sup>157, 158</sup>



Arriba, esquema de transmisión de esfuerzos en una catedral gótica (tomado de Leet, Kenneth, op. cit.)

<sup>155</sup> Chanfón, Op. cit. P. 68

<sup>156</sup> Chanfón, Op. cit. P. 68

<sup>157</sup> Leet, Kenneth M. y Chia-Ming Uang, *Fundamentals of structural analysis*, McGraw Hill, p. 9

Vemos que, en el caso del gótico, el tiempo es un factor relevante, dado a la magnitud de las obras, sin embargo, al contemplar una catedral gótica, la impresión que se tiene es de unidad en el conjunto, a pesar de haber intervenido varias personas por muchos años. Recordando la sencillez del templo griego, elaborado por unos pocos artesanos, con una visión de conjunto dada por una sola persona.

### 6.2.3.1 Variaciones en el Gótico:

El gótico es un caso particular, con un lenguaje propio, arbotantes, pináculos, bóvedas son propias del mismo.

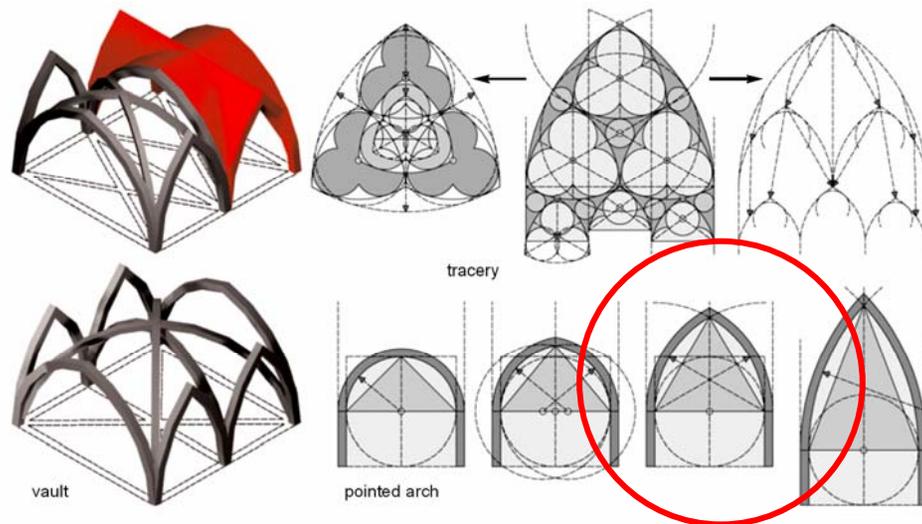


Ilustración 44 Esquema de elementos estructurales y geométricos en el Gótico. <sup>159</sup>

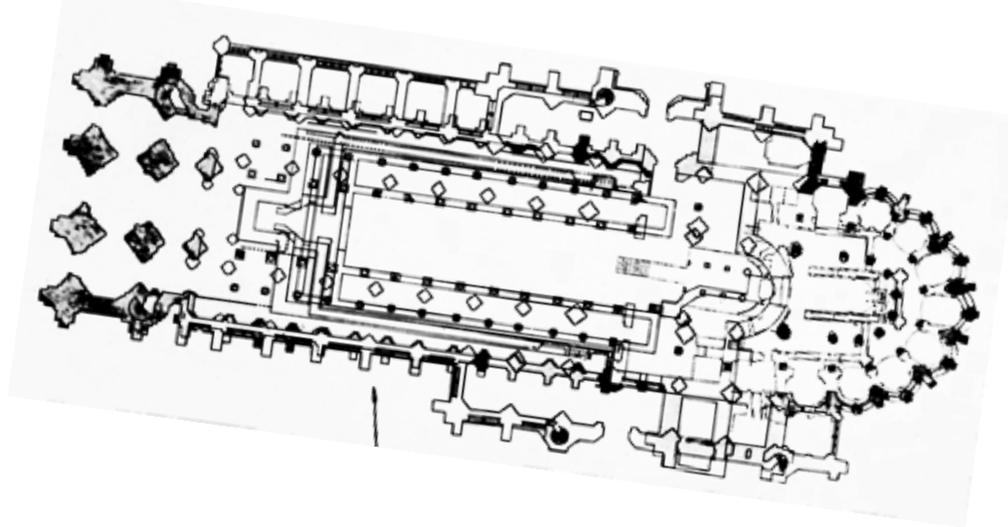
**Especiación:** Recordamos el experimento de Darwin en las islas galápagos, habitadas por siete especies de pinzones, cada uno adaptado a un ambiente particular en islas a la vista una de las otras, pero, sin embargo, habitadas por muy distintos inquilinos. En este caso, han partido de un **ancestro común**. (ver ilustración a la izquierda)

<sup>158</sup> “Los empujes de las bóvedas son transmitidas a través de los arcos hacia profundos contrafuertes en el exterior del edificio... Para que la estructura sea estable, la mampostería debe estar esforzada en compresión en todos los puntos...” Traducción libre.

<sup>159</sup> Lorenz, Wolfgang, Op. cit. P. 36

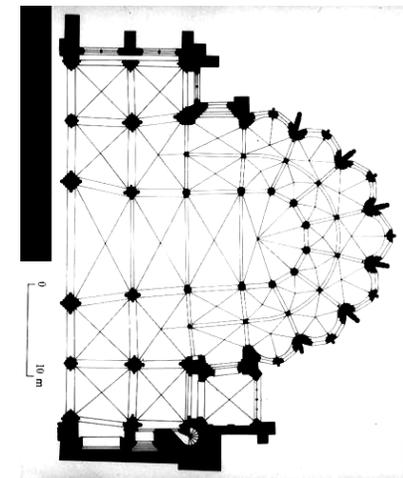
***“Las variantes en la arquitectura gótica serán la manera en que se resuelven las crucerías de sus bóvedas y las medidas de las naves en planta y sección, que intentarán superar siempre algún reto de altura o de luz. Los nuevos edificios cierran un espacio nuevo, más alto, más iluminado. La nueva forma del interior pasa afuera, la forma de los edificios se ve desde el exterior, su artefacto portante se exhibe y será su imagen.***

***Las catedrales góticas exhiben su estructura que consiste en la construcción nervada como principio resistente, la cubrición de las bóvedas con superficies formadas por piedras talladas y la repetición de una sección característica de cada templo. Esas superficies entre las nervaduras tienen una geometría que se ajusta a su sistema constructivo y se refleja en el despiece de los elementos de piedra que las forman. Desde el cruce de dos cilindros hasta la bóveda por arista de cuatro semiconos, existen innumerables variantes que en general siempre utilizan superficies regladas radiales (conos y cilindros) o esferas en algunos casos particulares.***<sup>160</sup>



Abajo a la derecha, Catedral de Saint Denis, Francia., Gótico Francés 1231.

Abajo, coro de la Catedral de Saint Denis, gótico temprano, 1144



**Ilustración 45 Planta de Saint Denis, obsérvese la sobreposición de una planta Gótica sobre una Románica.**

161

<sup>160</sup> Crespo Cabillo, Isabel , Control gráfico de formas y superficies de transición, Tesis doctoral, UPC Universidad de Cataluña 2005, p. 19

<sup>161</sup> Fuente: <http://www.owlnet.rice.edu/~hart205/Cathedrals>, accesado en línea, noviembre de 2006

## 6.2.4 Renacimiento

El Renacimiento es un período considerado un parteaguas en la historia, para los historiadores, acá comienza el período moderno (a diferencia de los estudios de arquitectura que ubican el modernismo en arquitectura a principios del siglo XX). El desarrollo de la perspectiva, elegante como es, también es vista como una anomalía ya que, - siguiendo a los críticos del Pompidou - , es un paréntesis de monofocalidad entre la polifocalidad precedente (que llevan hasta la prehistoria), y la polifocalidad posmoderna.



Ilustración 46 La "Ventana de Leonardo" según Brook Taylor. Vista del interior del hospital de los Inocentes en Florencia.

Atractores:

En la geometría fractal, existe el concepto de atractores, elementos que favorecen u orientan el desarrollo o crecimiento como límites, hacia una cierta dirección.

En este caso, las cúpulas renacentistas actúan como "atractores" en el espacio urbano.

"La cúpula de Santa María de las Flores en Florencia marcó un hito en la organización de los trabajos de construcción."

### 6.2.4.1 Variaciones en el Renacimiento:

*El Renacimiento toma de la antigüedad clásica los tipos formales. Su novedad está sobre todo en parámetros de índole filosófica, en la concepción del entorno, de la realidad y del papel del hombre como referencia para todo. Parámetros que tienen que ver con la interpretación del mundo más que con la interpretación de la realidad construida. **Las variantes de la arquitectura del humanismo se centran más bien en la proporción y la relación de las partes, en la simetría y en el orden. La aportación más trascendente de***

*los arquitectos del Renacimiento fue la invención de la perspectiva cónica y lo que esto significó.*<sup>162</sup>

*Las proporciones se aplicaban no al plano, como en el gótico, sino a las tres dimensiones del espacio. **Los módulos eran cúbicos, iguales y ordenados.** Los pilares equidistantes permitían sentir, al observador, que entendía las medidas de una sala o de un patio o de una plaza.*

*En cuanto a la forma de los edificios no se puede pasar por alto la importancia de las **cúpulas renacentistas** en el paisaje europeo. La potencia del espacio central, desde el interior, y el **referente urbano por su altura y por su forma**, desde el exterior, fueron sus razones de ser. Este elemento constructivo representó el principal reto estructural que los arquitectos de entonces afrontaron. El caso de Filip.o Brunelleschi en Florencia es el paradigma y el precedente de muchas otras cúpulas que acabaron identificándose con su ciudad y con su autor.*<sup>163</sup>

*Pero no es estrictamente la forma de estos elementos la novedad o la aportación de esta época a la historia sino las relaciones métricas de los elementos y sus sistemas de construcción. La invención de nuevos procesos en los trabajos de ejecución de una obra de arquitectura revolucionó la construcción. En ese tiempo se unieron ciencia, técnica y arte ante el diseño de arquitectura.*

Propagación:

Con la invención de la imprenta, fue cada vez más fácil difundir los trabajos de los arquitectos.

Ahora bien, uno de los aportes del **Renacimiento** fue la mayor difusión de la arquitectura, representada en los "tratados" de arquitectura, en tales **tratados** se encontraba tanto la teoría como consejos para la práctica de la arquitectura, con los materiales y tecnología de la época. El común denominador de los tratados son las ilustraciones o gráficos (se supone que la obra de Vitrubio contaba con ilustraciones al final del legajo, pero tales ilustraciones se han perdido), lo cual establece desde entonces un vínculo inseparable entre la profesión de arquitecto y el dibujo, como medio de expresar las ideas de diseño.

El primer tratado de Arquitectura es obra del arquitecto romano Marco Tulio Vitrubio, alrededor del siglo I, su obra, largamente olvidada, fue redescubierta en 1414 y desde entonces ha sido un texto de lectura casi obligada y punto de partida para otros tratadistas. Hacia 1486 fue publicado en Latín (lengua culta al final de la edad media) y en 1521 en italiano:

*"..Roma representaba la síntesis de toda la cultura que alcanzó la humanidad en la edad antigua de la historia y sus maravillosas instituciones civiles y políticas, sus inmortales códigos, su arte, su literatura, las manifestaciones todas, en fin de su cultura*

<sup>162</sup> Crespo Cabillo, Isabel, Op. cit. P. 20

<sup>163</sup> Ibidem

*intelectual[...] sin embargo, en su literatura científica y concretamente en cuanto a la arquitectura, no aparece más que una sola obra relativa a este arte bello, útil, y un solo nombre: Vitrubio”.*<sup>164</sup>

Con el aparecimiento de los tratadistas en el Renacimiento, la arquitectura sufrió una transformación sin precedentes en su historia. Nunca, hasta este período, la arquitectura había podido transmitirse o admirarse más que por las obras ejecutadas, y sus autores conocidos por las mismas;

*“Las maquetas, dibujos o tratados arquitectónicos les permitieron explorar rápida y económicamente los nuevos estilos y presentar de forma más palpable tales ideas a una potencial clientela interesada”*<sup>165</sup>.

Ello fue posible por el advenimiento de nuevos inventos, entre ellos, la imprenta, y el intercambio comercial creciente al final de la edad media.

*“Las ideas arquitectónicas, los cambios estéticos y las distintas tipologías con sus diversos modelos y hasta submodelos se difundieron a través de éstas obras, que fueron consultadas y estudiadas por los arquitectos, eruditos y aficionados en diferentes épocas y con distintas mentalidades. Con ellas se formaron y por medio suyo divulgaron sus concepciones teóricas y prácticas. En estos libros la arquitectura paradójicamente se universaliza y se individualiza a la vez, pues penetraron lenguajes artísticos internacionales y se difundieron visiones particulares”*<sup>166</sup>

Fue este, pues, un cambio en la manera de transmitir el conocimiento arquitectónico. Antes de este período, el único precedente que ha llegado a nuestros días es la obra de Vitrubio, de la cual, como se ha mencionado no se conservan imágenes originales. Hubo de ser reinterpretada por artistas italianos:

*“La obra de Vitrubio se constituyó en un modelo, en un arquetipo, de esa antigüedad grecorromana, seguido en otras aportaciones personales más o menos cercanas ideológicamente a ella escritas por Alberti, Vignola, Serlio, Palladio[...], quienes durante la renaciente época y el manierismo intelectualista volvieron a codificar ese clasicismo,*

<sup>164</sup> Vitrubio, *Los diez libros de Arquitectura*, Colección obras maestras, Traducción directa del latín prologo y notas por Agustín Blázquez citado en el prólogo de la edición.

<sup>165</sup> Rolf Toman, editor, *El arte en la Italia del Renacimiento*, ediciones Könemann, Francia, 1999, p. 100

<sup>166</sup> García Melero, José Enrique, *Literatura española sobre artes plásticas, siglos XVI y XVIII*, ediciones encuentro, Madrid, 2002

*actualizándolo al adecuarlo a las necesidades propias de cada momento en concreto.*”<sup>167</sup>

Como la cuna de este “Renacimiento” fue Italia, es lógico que hayan sido italianos los primeros “tratadistas” o estudiosos de la arquitectura. De allí pasaron al resto de países europeos. En Inglaterra, se publicó el **Vitruvius Britannicus** con el que se marcó un cambio en el estilo de construcción en las islas británicas

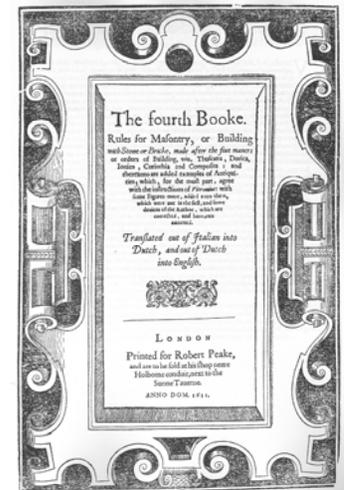
*“The direction of a new movement in english architectural publishing was set in 1715 by two books: the first volume of Vitruvius Britannicus, a collection of all that seemed best in British classical architecture to its scotish architect compiler, Colen Campbell, and The architecture of A. Palladio by the Venetian architect Giacomo Leoni”*<sup>168</sup>

En España, los tratadistas llegaron a través de traducciones al español. Una de las primeras traducciones de la obra de Vitruvio, fue la edición española de De Architectura de 1582, y los trabajos de Miguel Urrea y Juan Gracián, seguido años más tarde por la traducción del Compendio de los diez libros de Arquitectura de Perrault en 1715, aunque probablemente, el trabajo más conocido es la edición española de 1787 por José Ortiz y Sanz.

Sebastiano Serlio fue traducido por Francisco Villalpando, existiendo también traducciones del trabajo de Alberti, de la Regla de los cinco órdenes de Arquitectura de Vignola y de Los cuatro libros de arquitectura de Palladio.

En base a tales traducciones, comenzaron a aparecer estudios propios en España, siendo el primer tratado publicado fuera de Italia las Medidas del Romano, de Diego Sagredo. Seguido de las publicaciones de Hernan Ruiz el Joven en el Libro de Arquitectura, publicado en el siglo XVI, Andrés y Alonzo de Vandelvira con El libro de trazas de cortes de piedras (copia manuscrita del siglo XVII).

Dentro de los tratados barrocos de arquitectura, encontramos, el Arte y uso de la Arquitectura de fray **Lorenzo de San Nicolás**, el tratado de Carpintería de lo Blanco para los alarifes de Lopez Arenas, De la arquitectura recta a la oblicua, de Juan Caramuel, Arquitectura y simetría de los templos, de Simón García



Sebastiano Serlio, cuarto libro de arquitectura, 1611



Lorenzo de San Nicolas, Arte y uso de la Arquitectura

<sup>167</sup> García Melero, José Enrique, Literatura española sobre artes plásticas, siglos XVI y XVIII, ediciones encuentro, Madrid, 2002

<sup>168</sup> Marcus Whiffen, American Architecture. The MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1983, p. 66 – La dirección de un nuevo movimiento en las publicaciones de arquitectura inglesa fue establecida en 1715 por dos libros: El primer volumen del Vitruvio Británico, una colección de lo que le parecía mejor de la arquitectura clásica británica al compilador escocés Colen Campbell, y La arquitectura de A. Palladio, por Biacom Leoni, arquitecto Veneciano.- Traducción libre.

### 6.2.5 Manierismo, Barroco

Luego del renacimiento, se sucede una serie de estilos, Barroco, Rococó, Neoclásico, que culminarán con la confusión del siglo XIX, para arribar a una etapa que culmina con el modernismo, en el cual la estructura vuelve a ser predominante en el desarrollo de la forma arquitectónica, es más, las nuevas formas responden a nuevos desarrollos estructurales.

*“Los arquitectos del Manierismo y especialmente del Barroco supieron darle la vuelta a la apariencia comedida del clasicismo renacentista y ofrecer nuevas formas mucho más ricas y expresivas. Las formas curvas, tanto en la planta, como en las superficies de las fachadas, potenciaron una gran expresividad. A veces era una figura geométrica potente como **la planta oval de la plaza de San Pedro del Vaticano** y otras la introducción de un gesto, de un movimiento, en los elementos de la fachada como la iglesia de **San Carlino**, lo que provocaba una percepción nueva en el espectador.”*

Comentario [MRdL1]: Razones estéticas

Barroco, características:

- subordinación de los elementos al todo
- movimiento de formas curvas en planta y elevación.

*“en el barroco se convierte en actor. Una vez educado en los órdenes y en las proporciones, ve como los balaustres de las barandas se giran del revés y los frontones se fracturan abriéndose al infinito, al cielo. Y las formas, tan claras y puras, que barajaba el clasicismo para las cúpulas, bóvedas o arcos se toman licencias y alteran su geometría. Pero esto no será por capricho del artista sino en beneficio de un sentido constructivo. **Las bóvedas o las cúpulas pliegan su cara interior, en la- prolongación de los muros, y encuentran en esto la solución al nunca resuelto enemigo de la estabilidad de las formas abovedadas: los empujes horizontales que provocan irremediabilmente fisuras”***

Comentario [MRdL2]: Importante para definir los momentos o la relación entre las razones estéticas que motivan cambios estructurales

### 6.2.6 Modernismo

En el siglo XIX el uso del hierro como material constructivo **vuelve a hacer posibles formas nuevas en las obras de arquitectura**. El mundo del ferrocarril y la industria siderúrgica hicieron aparecer edificios nuevos con formas hasta entonces no vistas. Los entramados de barras permitieron cubrir grandes luces y levantar torres altísimas que sorprenderían a todos. El segundo material aliado de este nuevo sistema constructivo fue el cristal que permitía mantener el aspecto de artefacto ligero al esqueleto portante.

**Comentario [MRdL3]:** Relacion con nuevos materiales y tecnicos

Los arcos de directriz **catenaria o parabólica** habían sido utilizados, desde muy antiguo, en arcos o bóvedas de segundo orden, en pasos de servicio, en plantas subterráneas, más sujetos a los requerimientos **estáticos** que a criterios **compositivos**. El arquitecto, a veces, ni siquiera intervenía en su diseño, sino que eran resueltos por el constructor o el artesano que conocían bien el proceso constructivo y experimentaban en directo las leyes internas de la **estática** de los materiales que manejaban. El modernismo supuso un cambio radical para el uso de estas figuras constructivas porque adquirieron un papel protagonista en la concepción formal de los edificios. Los arquitectos recuperaron un fructífero **diálogo** con los artesanos de todos los oficios relacionados con la construcción. De la experiencia práctica de unos y de los conocimientos teóricos de los otros surgieron propuestas nuevas. Los arquitectos de aquel momento, del que Antonio Gaudí fue el más prolífico e interesante exponente, escucharon a los artesanos en todos los **episodios de la obra ejecutiva** y dieron sentido **estético** a la manualidad. **Encontraron la inspiración en las figuras que son estables gracias a la forma que tienen y estudiaron en modelos a escala su respuesta estructural a las acciones gravitatorias.**

**Comentario [MRdL4]:** Revisar estos conceptos, tal vez era un germen latente, hasta que tuvo la oportunidad de surgir y prosperar

**Comentario [MRdL5]:** Relación con la experimentacion, asi tambien como con el contacto íntimo con los materiales.

Todos los sistemas estructurales y los modelos constructivos que se **han** citado aquí, y que en algún momento ha parecido que los arquitectos los habían inventado, tienen un **precedente** en la construcción tradicional o vernácula de algún lugar. Las vigas de madera de los primeros cobertizos, las cabañas de piedra de **los pastores**, esparcidas por el mediterráneo, las tiendas de lona tensada de los pueblos nómadas del norte de África, etc. **Para cada "novedad" estructural o constructiva que se ha citado encontraríamos una construcción anterior.**

**Comentario [MRdL6]:** Sera cierto??????

**Comentario [MRdL7]:** Posibilidad de collegamento con la idea de los arques

## **6.4 Conclusiones**

Hemos visto como la estructura estética va cambiando de una época a otra como reflejo de un "esquema", cuyo soporte material, una "estructura estática", determina en mayor o menor grado la forma. Recordamos los casos de las catedrales europeas, muchas de las cuales, dada la magnitud de las obras, fueron el fruto de varias generaciones de artesanos y arquitectos.

Partiendo de la geometría euclidiana, los arquetipos básicos siguen siendo el cubo, la pirámide y la esfera. Sin embargo, se atisban ya características de otro tipo de geometría, aquellas de la geometría fractal, las cuales, siempre partiendo de la lógica intuitiva, son de relación de las partes al todo, autosemejanza, simetría, atractores y dimensión fractal. Estos principios básicos serán aplicados en el próximo libro a obras emblemáticas.

Como principio estructural básico, el abanico de formas estructurales posibles se ha reducido para efectos de análisis a dos: indeterminadas y determinadas. El comportamiento evolutivo encuentra en el análisis fractal, una herramienta operativa.



## LIBRO 7 ESTUDIO DE CASOS: DE LA ANTIGÜEDAD AL RENACIMIENTO

---

PÁESTUM  
EI PANTHEON  
REIMS  
TEMPIETTO DI SAN PIETRO

Ilustración 47 Pantheon de Agripa, por Piranesi. Dos objetos no corresponden a la *estructura estética original* ¿cuáles son?

## 7.0 Introducción

La tarea de seleccionar obras emblemáticas no ha sido fácil, sobre todo, teniendo en cuenta el enorme esfuerzo constructivo realizado por el ser humano a lo largo de su historia. Sin embargo, viendo más de cerca, pueden trazarse algunos puntos de inflexión. Algunas veces como resultado de los avances de la técnica, otras veces, como resultado de los cambios sociales que alteran la "estructura estética".

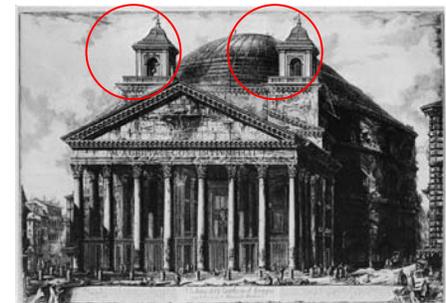
Las obras seleccionadas serán vistas a la luz de los arquetipos básicos: **cubo, pirámide y esfera**. Sin embargo, como fue acotado en el libro anterior, también se analizarán características de tipo fractal: **relación de las partes al todo, autosemejanza, simetría, atractores y dimensión fractal**.

Adicionalmente, el principio estructural básico será descompuesto en estructuras indeterminadas y determinadas.

Dentro del espacio de posibilidades, se escogió un templo griego, ubicado en Paestum, Campania, región del sur de Italia. En esta región, se desarrolló una activa colonia griega, antes de que Roma se transformara en una potencia militar importante.

Adicionalmente, se escogió este lugar debido a que Piranesi, ya en el *cinquecento*, al observar las ruinas, contribuyó a divulgar el clasicismo griego con sus dibujos y grabados, cuya posterior difusión lo llevó incluso a América.

**Ilustración 48 Pantheon de Agripa, por Piranesi, los campanarios son un agregado de Borromini, los cuales fueron demolidos posteriormente.** <sup>169</sup>



<sup>169</sup> Fuente: Rossi Pinelli, Orietta, Piranesi, Art Dossier, Giunti Gruppo Editoriale, Italia, 2003

## 7.1 Criterio de selección

Para recabar datos se han escogido algunos casos, de preferencia, lugares ya visitados, en el curso del master en diseño de hospitales, realizado en Roma, Italia. Estos casos han sido escogidos de acuerdo a algunos parámetros, para lo cual retomamos la delimitación inicial del tema:

“Como marco de referencia general se analizará **el desarrollo de los sistemas estructurales en occidente, herederos de la cultura griega y romana**. Estos sistemas, se mantuvieron inalterados por siglos, con algunas innovaciones, como el **gótico**. Sin embargo, los principales cambios surgieron **a raíz de la revolución industrial**, desarrollo que sigue hoy día.

Como marco específico se analizarán tres períodos: El contexto en el período del traslado de la ciudad de Guatemala a raíz del terremoto de 1773, a la nueva Guatemala de la Asunción, el contexto en el período de los terremotos de 1917-18, y el contexto en el terremoto de 1976.”

En el marco del espacio de posibilidades, de las posibilidades paralelas, se han buscado ejemplos representativos de un momento de cambio, sea estático o estético, buscando trazar un mapa **arquenéptico**, identificando el origen, las variantes, las mutaciones.

Los casos, se filtraran con la óptica no lineal del pensamiento contemporáneo, en palabras de Torroja:

*(entrevistador) La invención de una forma especialmente adaptada a la resolución de un problema concreto, ¿es estrictamente un proceso de la imaginación, o es el resultado de un razonamiento lógico basado en la formación técnica?*

*(Torroja) Yo no creo que sea ninguna de estas dos cosas, sino una mezcla de ambas. La imaginación por sí sola no podría llegar hasta un diseño así sin la ayuda de la razón, **ni tampoco podría un proceso deductivo**, avanzando en etapas sucesivas de perfeccionamiento, haber sido tan lógico y determinante como para conducir inevitablemente hasta ello.<sup>170</sup>*

<sup>170</sup> TORROJA, Eduardo: *Las estructuras de Eduardo Torroja*. Editado por el Ministerio de Fomento. Madrid 1958. Reedición de 1999. Pág. 7., citado por Crespo Cabillo, Isabel , *Control gráfico de formas y superficies de transición*. Tesis doctoral, Universidad de Cataluña 2005

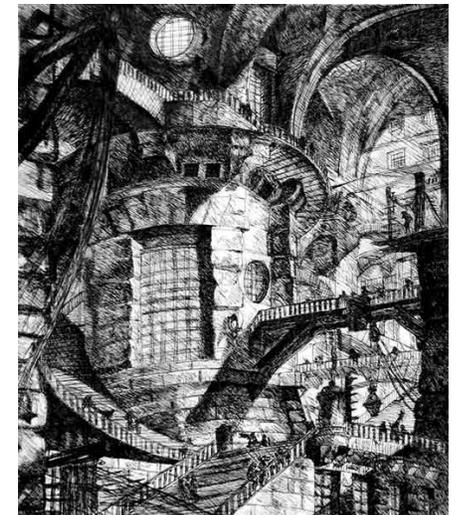
Lo anterior confirma los planteamientos iniciales del presente trabajo, en el sentido de apoyar una visión no lineal, deductiva del trabajo del arquitecto, por otra parte, fue definido desde un inicio, el análisis de ejemplos griegos y romanos, así como sus sistemas constructivos y estructurales.

En el estudio de la historia será importante tomar en cuenta dicho pensamiento no lineal, así como también conceptos de geometría no euclidiana (a pesar de que los edificios considerados hayan sido pensados y ejecutados bajo el canon clásico y la geometría euclidiana). Tales conceptos incluyen:

- La inclusión del tiempo como dimensional
- La medida fractal de la arquitectura
- La profundidad de organización espacial (su peso o complejidad)
- La relación de las partes al todo
- La autosemejanza
- Los atractores

Vida de **Giovanni Battista Piranesi:**

1720 Nace en Moiano de Mestre (Venezia)  
1740 Viaja a Roma  
1745 Publica los "caprichos" de cárceles imaginarias  
1756 Publica "La antigüedad Romana"  
1770 Viaja a Pompeya y Herculano  
1777 Visita los templos de Paestum  
1778 Muere en Roma



**Ilustración 49 "Cárceles imaginarias", por Piranesi.** <sup>171</sup>

<sup>171</sup> Fuente: Rossi Pinelli, Orietta, Piranesi, Art Dossier, Giunti Gruppo Editoriale, Italia, 2003

## 7.2 PÁESTUM

Páestum fue una colonia griega, una especie de puesto de avanzada, en el período de expansión de la cultura griega por el mediterráneo, fue la época de Alejandro Magno, cuya historia también se ve reflejada en mosaicos residenciales romanos, mucho más posteriores.

Páestum se encuentra en Campania, región del sur de Italia, en la provincia de Salerno, aproximadamente a 85 km de Nápoles, fue fundada alrededor del año 600 a.C.

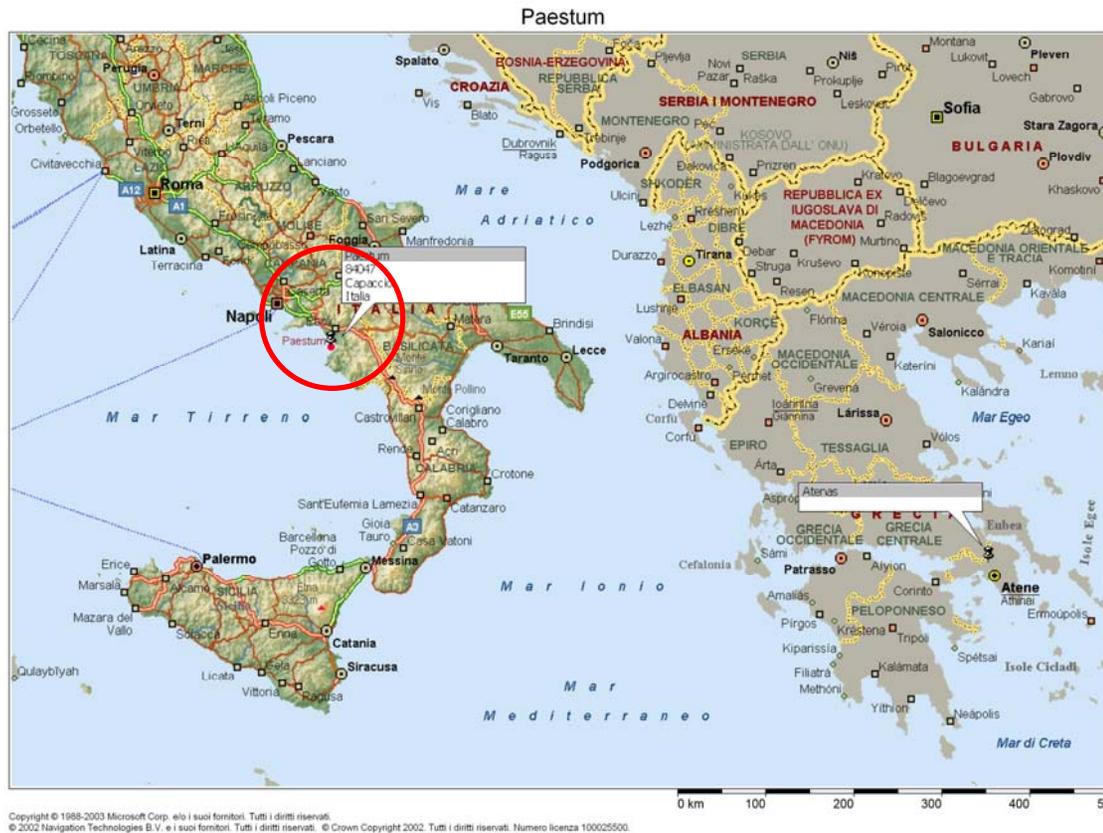
Los griegos llamaron a su ciudad Poseidonia, en honor al dios del mar, manteniéndose en este lugar por cerca de 200 años, período en el cual edificaron templos y murallas defensivas, hasta que fue conquistada por los Lucanos, provenientes del interior de la península, los cuales cambiaron el nombre a Paistom.

Durante la edad media, Páestum continuó habitado, siendo, finalmente, abandonado en el siglo XIII, como consecuencia de las guerras y el paludismo.

El sitio se mantuvo abandonado, siendo, "redescubierto" por algunos poetas entre los que se encuentra Goethe. Sin embargo, la importancia de los relatos escritos es que motivaron la visita de Piranesi, quien, ya al final de su vida, elaboró varios grabados del sitio, contribuyendo a difundir la antigüedad griega, dando inicio a una evolución del género dórico, debido a que en el sitio se encuentran los restos bien conservados de tres templos dóricos (dedicados a Hera, Apolo y Atenea), fechados en la primera mitad del siglo VI a.C., de hecho, se les considera los **mejor conservados** ejemplos del estilo dórico que existen. Cuya influencia posterior desembocará con el neoclásico.

### Páestum:

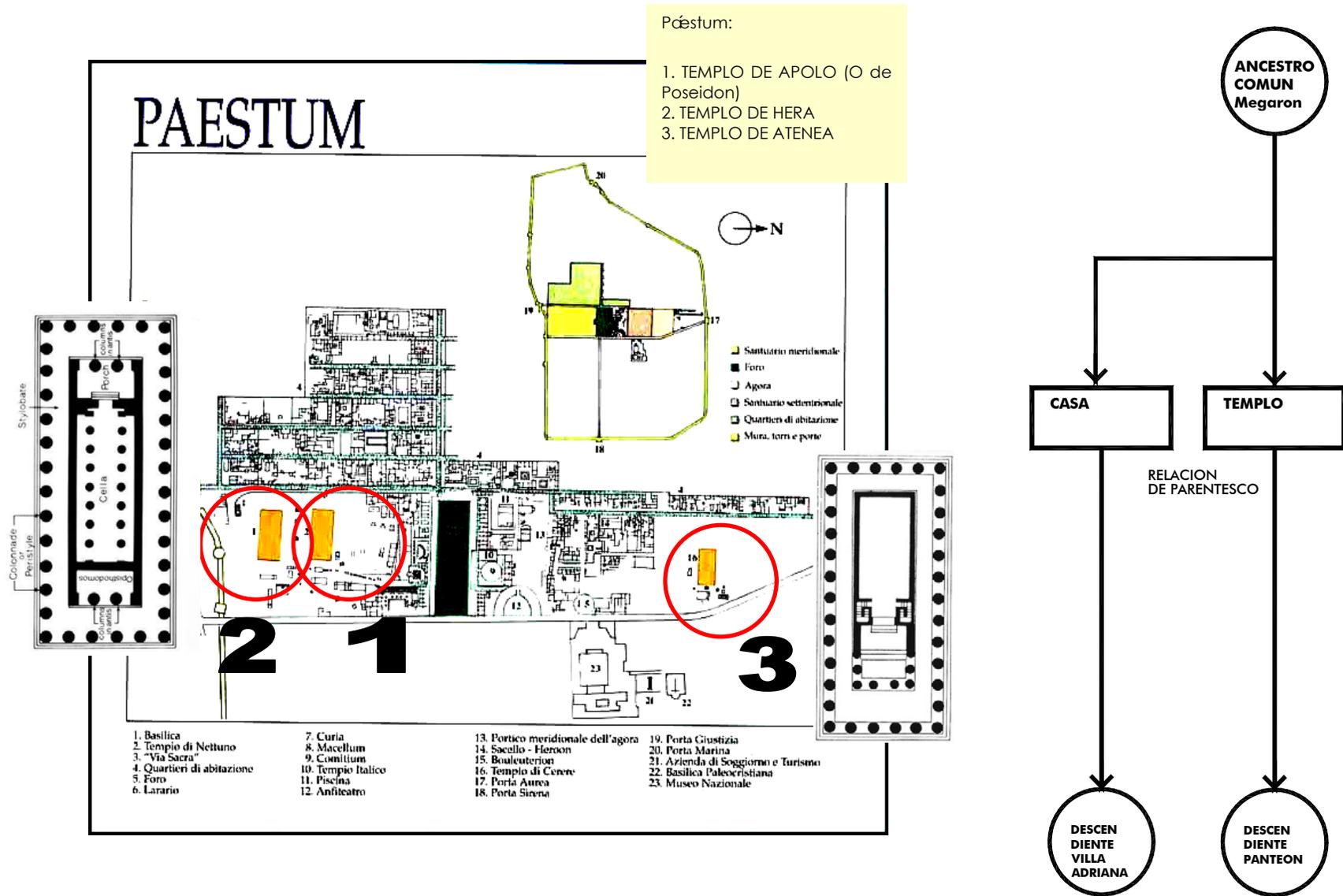
600 a.C. Fundada por los griegos  
 550 a.C. Construcción de la "Basilica" (Templo de Hera)  
 500 a.C. Construcción del templo de "Cerere" (Atenea)  
 450 a.C. Templo de Poseidon (Apolo)  
 400 a.C. Conquistada por los lucanos  
 273 a. C. Se vuelve colonia latina.  
 1246 Los últimos pobladores abandonan Páestum, asediados por Federico II de España.  
 1700s varios escritores visitan y comentan en sus obras sobre Páestum  
 1777 Piranesi visita Páestum  
 Siglo XX: es declarado patrimonio de la humanidad por la **UNESCO**



Copyright © 1988-2003 Microsoft Corp. e i suoi fornitori. Tutti i diritti riservati.  
 © 2002 Navigation Technologies B.V. e i suoi fornitori. Tutti i diritti riservati. Numero licenza 100025500.

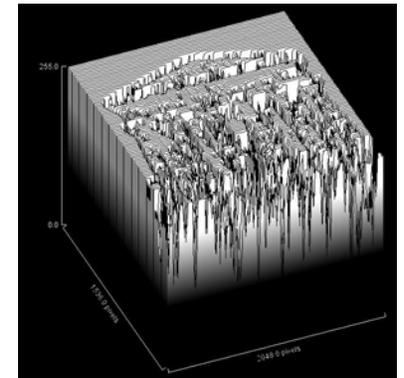
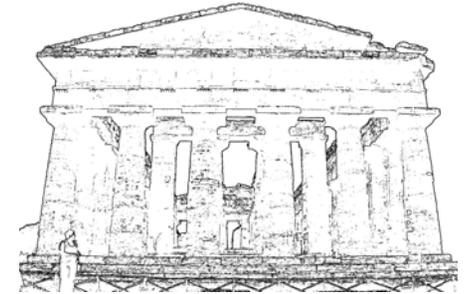
Mapa 5 Ubicación de Paestum, elaboración propia

Estructuras trilíneas	
<b>Vista externa del templo de Apolo (antes de Poseidon)</b>	
<b>Ancestro</b>	El megaron
<b>Pariente</b>	La casa
<b>Descendiente</b>	El Panteon
<b>Función</b>	Culto a los dioses
<b>Rango de luz cubierta</b>	Pequeño (2.60m) entre crujiás (intercolumnios)
<b>Material</b>	Piedra
<b>Movilidad</b>	Inmóvil
<b>Rango de esfuerzo de trabajo</b>	Mediano a bajo en los elementos a compresión. En los elementos a flexión, llevado al límite de resistencia de los mismos.
<b>Obras preliminares requeridas</b>	



Mapa 6 Plano general de la ciudad de Paestum (folleto de ingreso al sitio)

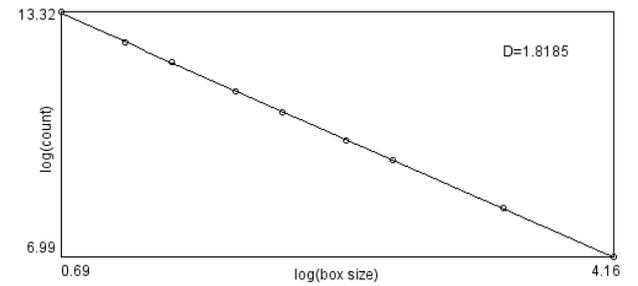
7.2.1 Dimension Fractal Templo Apolo



CALCULO DE LA DIMENSION FRACTAL TEMPLO DE APOLO:

2	608246
3	284042
4	166318
6	79060
8	46872
12	22619
16	13490
32	3911
64	1086

D=1.8185

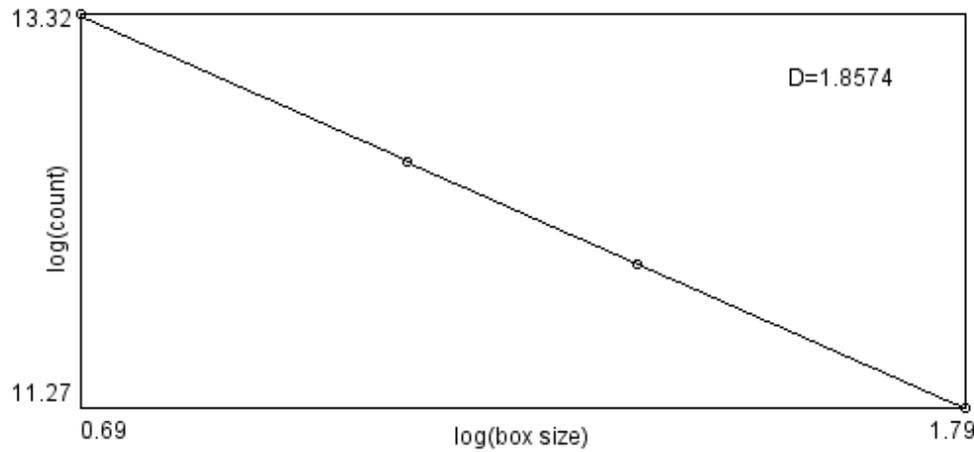


Análisis:

Los resultados obtenidos para el templo de Apolo revelan una estructura compleja, (se aproxima a 2), lo anterior era el resultado esperado, dado el concepto escultórico con que fueron realizados los templos. Vale decir, la riqueza de detalles (sombras incluidas) en la fachada, lo cual se mantiene al reducir el número de interacciones. ¿Qué significa?, significa que al acercarnos o alejarnos, la fachada mantiene suficientes elementos que despiertan nuestro interés, a nivel de conjunto, y a nivel de detalle. El gráfico siguiente muestra la recta resultante, de logaritmo a logaritmo, empleado para el cálculo.

Cálculo:

El cálculo empleado toma en cuenta la relación entre la cantidad de elementos presentes con el conjunto.



- 2 608246
- 3 284042
- 4 166318
- 6 79060

D=1.8574

## TEMPLO APOLO (NEPTUNO)

Mass: 1574.1194  
 Volume: 1574.1194  
 Bounding box: X: -1.4416 -- 16.3722  
 Y: -1.3403 -- 37.8306  
 Z: -0.5400 -- 11.3746

Centroid: X: 7.4297  
 Y: 18.1328  
 Z: 3.8617

Moments of inertia: X: 760044.9919  
 Y: 167751.0847  
 Z: 841565.2192

Products of inertia: XY: 212073.2340  
 YZ: 110667.1102  
 ZX: 45193.4186

Radii of gyration: X: 21.9736  
 Y: 10.3232  
 Z: 23.1220

Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:  
 Press ENTER to continue:  
 I: 219003.4577 along [1.0000 0.0000 0.0016]  
 J: 57382.4571 along [0.0000 1.0000 0.0025]  
 K: 237106.3108 along [-0.0016 -0.0025 1.0000]

## COLUMNNA DORICA TEMPLO DE APOLO (NEPTUNO)

Mass: 11.8313  
 Volume: 11.8313  
 Bounding box: X: -0.9650 -- 0.9650  
 Y: -0.9650 -- 0.9650  
 Z: 0.0000 -- 6.9500

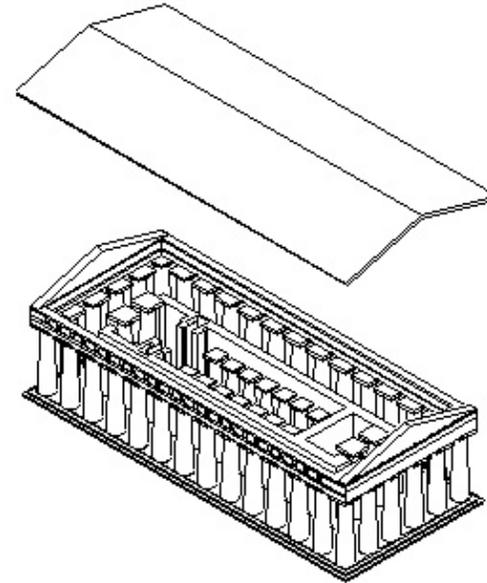
Centroid: X: 0.0000  
 Y: 0.0000  
 Z: 3.4630

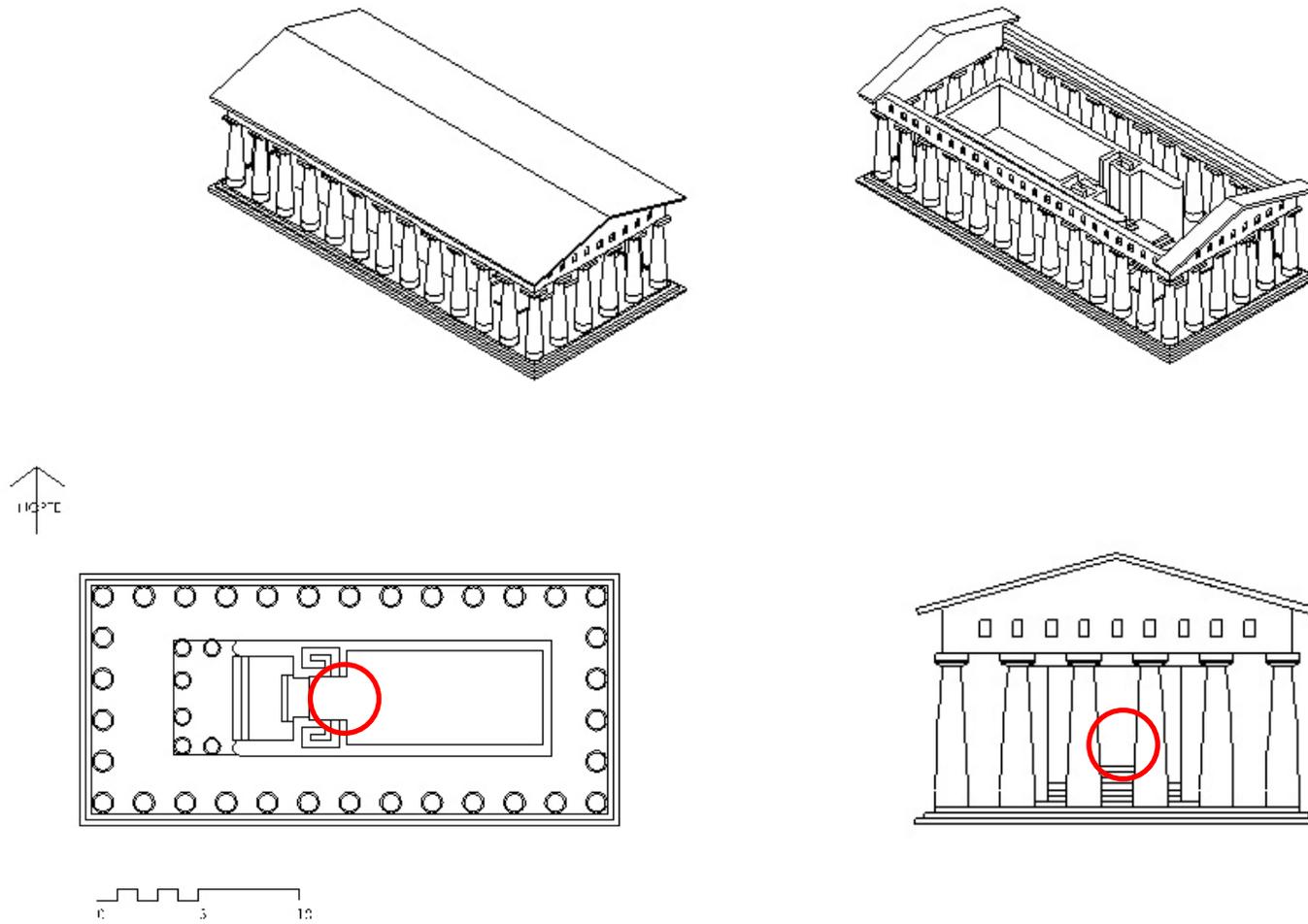
Moments of inertia: X: 198.8880  
 Y: 198.8880  
 Z: 3.5397

Products of inertia: XY: 0.0000  
 YZ: 0.0000  
 ZX: 0.0000

Radii of gyration: X: 4.1000  
 Y: 4.1000  
 Z: 0.5470

Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:  
 Press ENTER to continue:  
 I: 57.0042 along [1.0000 0.0000 0.0000]  
 J: 57.0042 along [0.0000 1.0000 0.0000]  
 K: 3.5397 along [0.0000 0.0000 1.0000]





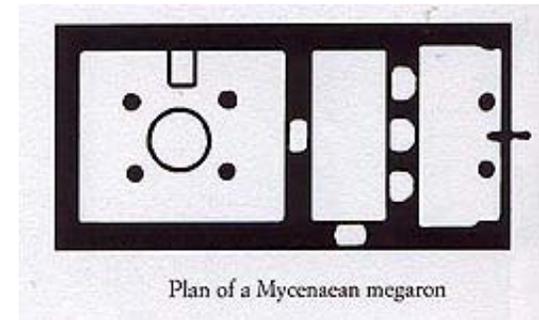
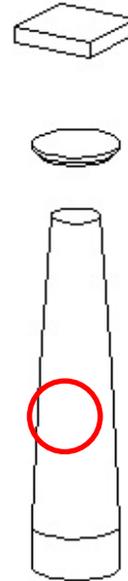
**Ilustración 50 Isométrico, Planta y elevación del templo de Apolo, en Paestum, elaboración propia.**

TEMPLO ATENEA

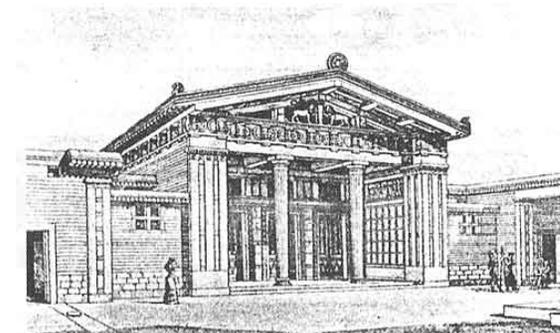
Mass: 1233.5494  
 Volume: 1233.5494  
 Bounding box: X: -0.7964 -- 15.7869  
 Y: -0.7964 -- 34.6863  
 Z: -0.7168 -- 10.3430  
 Centroid: X: 7.4440  
 Y: 17.4842  
 Z: 2.9605  
 Moments of inertia: X: 528353.7810  
 Y: 121474.5957  
 Z: 598762.0811  
 Products of inertia: XY: 160493.2026  
 YZ: 63799.9804  
 ZX: 27257.8757  
 Radii of gyration: X: 20.6959  
 Y: 9.9235  
 Z: 22.0317  
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:  
 I: 140450.6970 along [1.0000 0.0006 0.0057]  
 J: 42308.2987 along [-0.0006 1.0000 -0.0005]  
 K: 153316.8189 along [-0.0057 0.0005 1.0000]

COLUMNA ATENEA

Mass: 6.8751  
 Volume: 6.8751  
 Bounding box: X: -0.6982 -- 0.6982  
 Y: -0.6982 -- 0.6982  
 Z: 0.0000 -- 6.2253  
 Centroid: X: 0.0000  
 Y: -0.0002  
 Z: 2.7476  
 Moments of inertia: X: 76.5285  
 Y: 76.5290  
 Z: 1.3539  
 Products of inertia: XY: 0.0000  
 YZ: -0.0071  
 ZX: 0.0000  
 Radii of gyration: X: 3.3363  
 Y: 3.3364  
 Z: 0.4438  
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:  
 I: 24.6269 along [1.0000 0.0000 0.0000]  
 J: 24.6275 along [0.0000 1.0000 0.0002]  
 K: 1.3539 along [0.0000 -0.0002 1.0000]



Plan of a Mycenaean megaron



Ancestro común:

El ancestro del templo griego, según Norberg Schulz en Arquitectura Occidental, es el Megaron (aquí, arriba), vivienda o residencia de la aristocracia griega desde tiempos remotos. De esta vivienda, cuyo origen Schulz identifica como asiático, derivaron dos subespecies, el templo, y la vivienda palaciega, el "palazzo", cuyos posteriores descendientes retomará Palladio en sus "Villas".

Una interesante descripción del megaron de Ulises, aparece en La odisea, de Homero

]



Variaciones en Paestum: Los templos en Paestum, como en el caso de los pinzones de las Galápagos, se encuentran a la vista unos de otros, sin embargo, se aprecia la evolución del estilo dórico de las columnas, a la izquierda, en el sentido de las agujas del reloj:

Templo de Poseidon, Templo de poseidon y templo de Hera, Templo de Atenea, Templo de Hera.

El cambio en la forma y proporciones de los capiteles y columnas se dio en el lapso de unos 100 años, un período corto en términos evolutivos.

**Ilustración 51 Variacions en Paestum, elaboración propia.**

### 7.3 EL PANTHEON (Santa María ad Martyres)

Es el edificio que mejor sintetiza el concepto romano del espacio y el empleo de estructuras de bóveda y de cúpula, característico de la arquitectura romana.

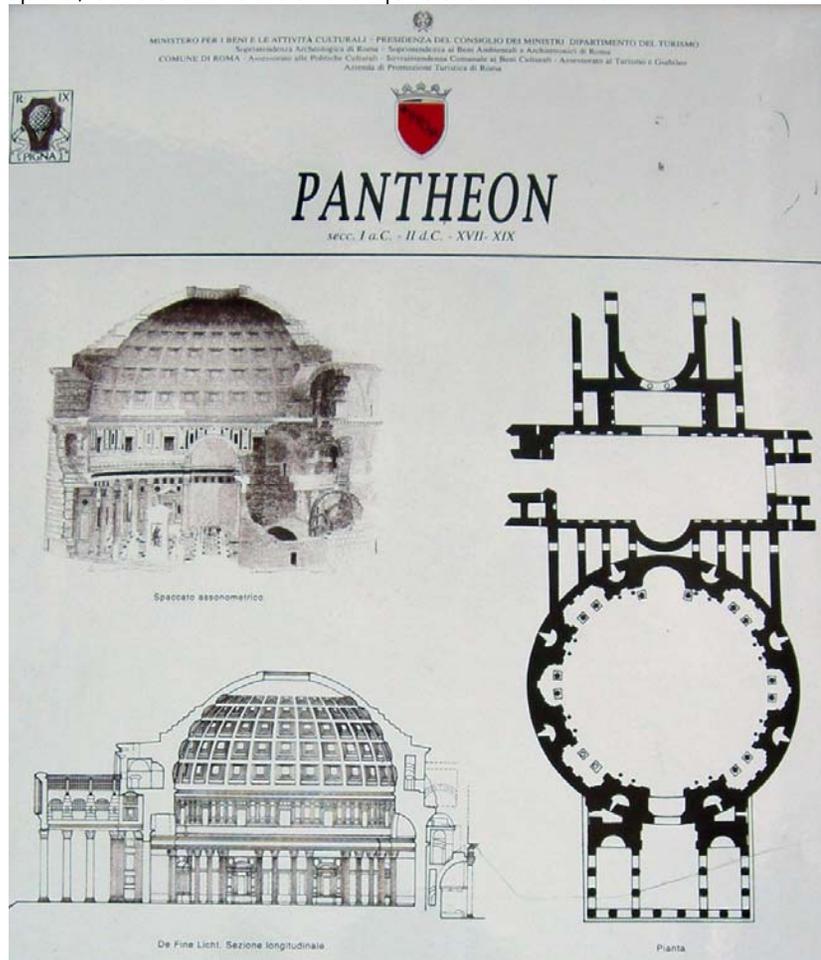


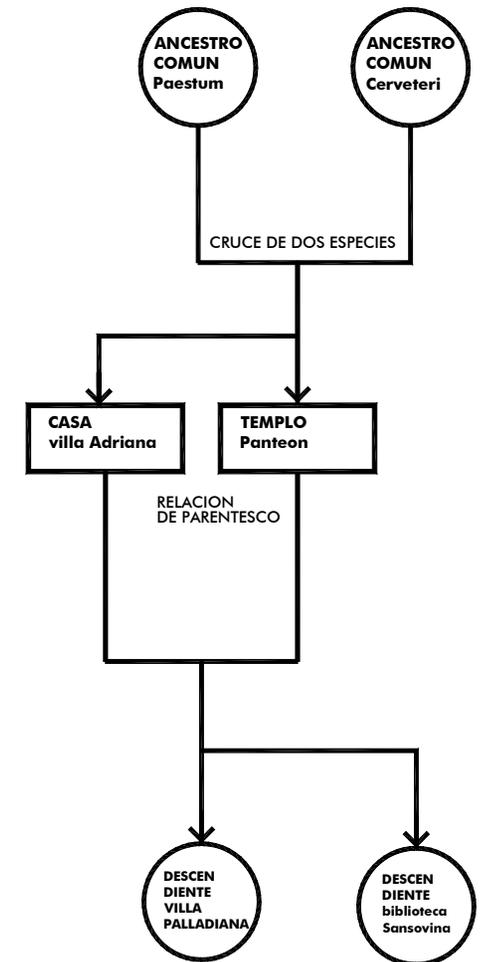
Ilustración 52 Placa de referencia del Pantheon, elaboración propia.

Estructuras de bóveda y cúpula	
Vista interna del Pantheon	
<b>Ancestro</b>	El templo griego, el túmulo
<b>Pariente</b>	Mausoleo
<b>Descendiente</b>	Villas Paladianas, Edificios institucionales
<b>Función</b>	Culto a los dioses
<b>Rango de luz cubierta</b>	De mediano a Grande: 43,6 metros
<b>Material</b>	Concreto sin refuerzo, piedra tufa, mármol, ladrillo
<b>Movilidad</b>	Inmóvil
<b>Rango de esfuerzo de trabajo</b>	Mediano a bajo
<b>Obras preliminares requeridas</b>	Formaleta, cimbra

Por su importancia, se transcribe parte de la placa al pie del monumento del ministerio de bienes culturales italiano:

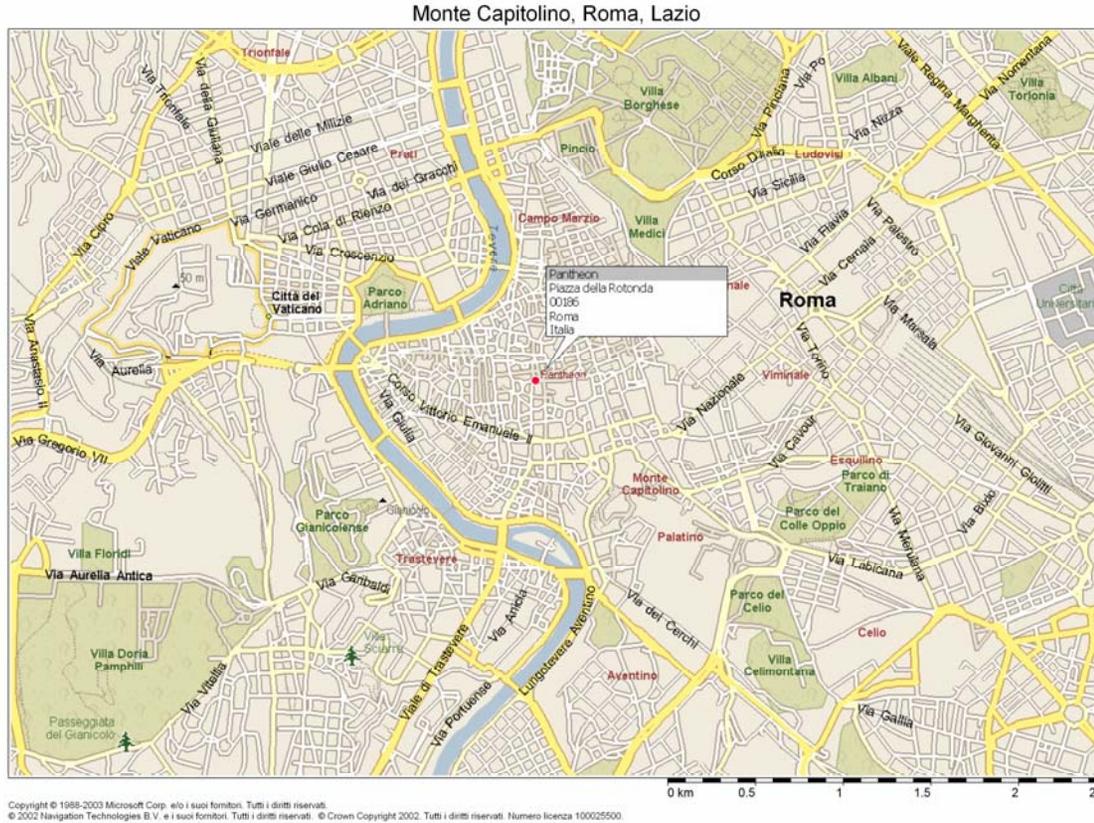
*“La prima costruzione del Pantheon è ascrivibile ad Agrippa (morto nel 12 a.C.), genero di Augusto, che lo fece erigere nel Campo Marzio centrale in connessione con le Terme. Il Pantheon di Agrippa era verosimilmente un tempio di forma rettangolare, nel pronao erano collocate le statue di Augusto ed Agrippa, mentre il simulacro del Divo Cesare era situato all’interno. Il tempio era dedicato a Venere, a Marte ed al Divo Giulio, ed il nome di Pantheon che gli fu attribuito si ispirava concettualmente ai Panthea ellenistici, santuari dedicati ai dodici dei ma collegati anche al culto del sovrano vivente. Della fabbrica di Agrippa non rimangono che pochi resti al livello della fondazione e l’iscrizione **“M (arcus) AGRIPPA L (uci) F (ilius) CO (n) S (ul) TERTIUM FECIT”**. Che fu riutilizzata sull’architrave nella fronte dell’edificio, ricostruito nel II sec. d.C. Il tempio fu infatti completamente ricostruito sotto Adriano (117-138 d.C.) quando, accanto ai materiali tradizionali dell’edilizia romana (travertino, tufo e peperino), entrarono in uso i rivestimenti di mattoni applicati anche alle grandi fabbriche come il Pantheon.*

*Sui mattoni, già dal tempo di Agrippa, erano stampati i marchi di fabbrica, e proprio attraverso i bolli laterizi si è potuta dare un’esatta collocazione cronologica all’iscrizione. Il grande fervore edilizio dell’età di Adriano si è tramandato attraverso due testimonianze molto importanti: Villa Adriana a Tivoli e la ricostruzione del Pantheon. È questo l’unico monumento di età romana che sia giunto praticamente intatto fino ad oggi e rappresenta il punto d’arrivo della concezione architettonica tipicamente romana, nell’utilizzo di ardite soluzioni statiche e costruttive[...]<sup>172</sup>*



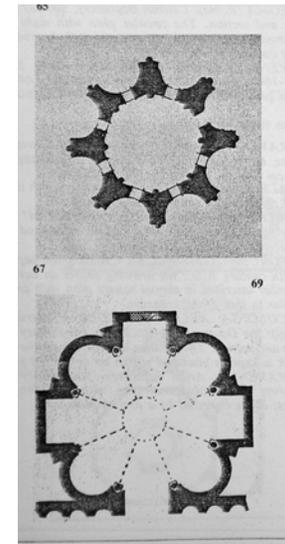
<sup>172</sup> “La primera construcción del Pantheon se le atribuye a Agripa, (muerto en el 12 a.C.), familiar de Augusto, que lo hace erigir en el Campo Marzio central, en conexión con las termas. El Pantheon de Agripa era, probablemente, un templo rectangular, en el pronao habían colocadas estatuas de Augusto y de Agripa, en tanto que el simulacro del divino Cesar estaba situado al interno. El templo estaba dedicado a Venus, a Marte y al divino Julio, y el nombre de Pantheon que le fue atribuido se inspiraba conceptualmente al Panteon elenístico, santuario dedicado a los doce dioses pero vinculado también al culto soberano “vivente”. Del edificio de Agripa no quedan mas que pocos restos a nivel de cimentación, y la inscripción “M(arcus) AGRIPPA L (uci) F (ilius) CO (n) S (ul) TERTIUM FECIT”. Que fue reutilizada sobre el arquitrabe en el frente del edificio, reconstruido en el siglo II d.C. El templo fue de hecho completamente reconstruido bajo Adriano (117-138 d.C.) cuando, al lado de los materiales tradicionales de la edificación romana (travertino, tufa, y peperino) entraron en uso los revestimientos de ladrillo, aplicados también a los grandes edificios como el Pantheon.

Sobre los ladrillos, ya desde el templo de Agripa, eran estampadas las marcas de fábrica, y es por ello que se ha podido dar una cronología exacta a la inscripción. El gran fervor constructivo en la época de Adriano se puede testimoniar a través de dos obras importantes: Villa Adriana en Tivoli y la reconstrucción del Pantheon. Es este el único monumento de la época romana que se ha mantenido prácticamente intacto hasta ahora y representa el punto de arribo de la concepción arquitectónica típicamente romana, en la utilización de una solución estática y constructiva [...].” Traducción libre.



Mapa 7 Ubicación del Pantheon, elaboración propia.

Ilustración 53 Derecha, Tumba Octagonal en Capua, abajo, Villa Adriana. <sup>173</sup>



Arriba, Capua, tumba octagonal con contrafuertes unidos a la esedra.

Abajo, Villa Adriana, pabellon de ingreso a la Piazza d'Oro. 117-138 d.C.

Roberto Marta, especialista en arquitectura romana, nos habla de los "organismos arquitectónicos" cubiertos con bóvedas y cúpulas:

*"Tale genere di costruzioni esibisce, fin dalle fondazioni, soluzioni planimetriche in grado di assorbire le spinte variamente trasmesse dalle coperture[...] l'equilibrio statico è sapiamente*

<sup>173</sup> Marta, Roberto, *Architettura Romana*, Kappa Edizioni, Op. cit. P. 53

*ottenuto nella parte interna dal mutuo contrasto delle murature mentre all'esterno tale esigenza viene soddisfatta con l'impiego di contrafforti[...] i contrafforti si ritrovano anche all'interno. In riferimento ai contrafforti interni che danno vita, attraverso un ritmo di reintranze e sporgenze, alla decorazione architettonica e costruttivamente ne assicurano l'equilibrio statico; si riportano due esempi significativi: il tempio di Venere a Roma, edificio rettangolare coperto a botte ed il Pantheon a pianta circolare, coperto a cupola[...]"<sup>174</sup>, <sup>175</sup>*

El mismo Roberto Marta clasifica los espacios cubiertos a bóveda (en la arquitectura romana) en seis grupos:

- Planta estrellada o en "Esedra"
- Planta central y contrafuertes internos, con nichos internos y externos
- Planta rectangular con contrafuertes internos, primero ubicados en el espesor de los muros, luego en ambientes separados
- Planta basilical o pseudobasilical
- Construcción a planta central con deambulatorio
- Planta compleja

El Panteón se presenta como precursor, ancestro común de innumerables ejemplos que trascenderán al imperio romano:

*"L'instancabile ricerca, sempre **legata ad esigenze statiche ed estetiche**, propone nuove planimetrie passando dalla forma circolare a quella poligonale ad otto e dieci lati, originando ulteriori soluzioni..."<sup>176</sup>*

Construcción: 120-126 d. C. durante el imperio de Adriano

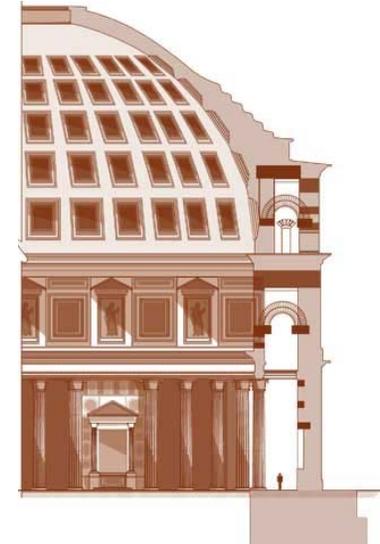
Cimientos: 7.32 metros en la base, reduciéndose a 6.40 metros a nivel del piso.

Muros: De concreto, de 6.10 metros de grosor

Diámetro interior: 43.28 metros

Oculo: de concreto: 2.29 m de grueso, 8.23 metros de diámetro

Columnas interiores: 0.91 m de diámetro, 8.84 m de alto con capiteles corintios de 1.22 m, de 25 toneladas cada una.



<sup>174</sup> Marta, Roberto "Architettura Romana", Kap.a edizione, Roma, p. 44

<sup>175</sup> "Tal género de construcciones exhiben desde sus cimientos, soluciones planimétricas capaces de absorber los empujes transmitidos por las cubiertas... el equilibrio estático es sabiamente obtenido por los empujes recíprocos de los muros, mientras, al externo, tal exigencia se satisface con el empleo de contrafuertes... los contrafuertes se encuentran también en el interior. En referencia a los contrafuertes internos que dan vida, a través de un ritmo de entrantes y salientes, a la decoración arquitectónica y constructivamente aseguran el equilibrio estático; encontramos dos ejemplos significativos: el templo de Venus, en Roma, edificio rectangular cubierto a bóveda, y el Panteon, a planta circular, cubierto con cupula" Traducción libre.

<sup>176</sup> Marta, Roberto, Op. cit. P. 52

Pórtico: 16 columnas de granito de 11.89 m de altura, 1.52 m de diámetro, 60 toneladas cada una.

*“Aunque históricamente notable por su altura y su claro, la enorme masa del Panteón también constituye un tema estructural prominente. A diferencia del estratégico reforzamiento punto por punto contra los empujes laterales en algunos edificios góticos, los muros del Panteón resisten los empujes mediante su peso total. **Aunque en general se considera que el peso es un riesgo sísmico, los muros de mampostería demasiado gruesos pueden ser más estables que lo que este axioma nos haría creer.** La fuerza vertical de gravedad de la masa del Panteón es tan grande en relación con cualesquiera fuerzas laterales, que la estructura entera trabaja todo el tiempo a compresión.*

*Esta estrategia representa una forma sencilla del pre-esfuerzo que se emplea actualmente..”*

*“La cúpula es completamente sólida, excepto por el orificio de la parte superior, y los muros tienen una sola abertura, que es el acceso monumental. Alrededor del edificio están distribuidos de manera uniforme, espacios encofrados y huecos. Esta solidez proporciona trayectorias ininterrumpidas de esfuerzo para las fuerzas laterales...”<sup>177</sup>*

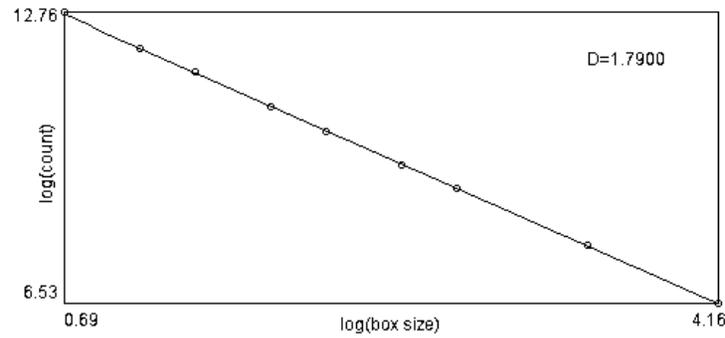
---

<sup>177</sup> Arnold, Christopher y Robert Reitherman, Configuración y diseño sísmico de edificios, editorial Limusa, México, 1994

### 7.3.1 Dimensión fractal Pantheon

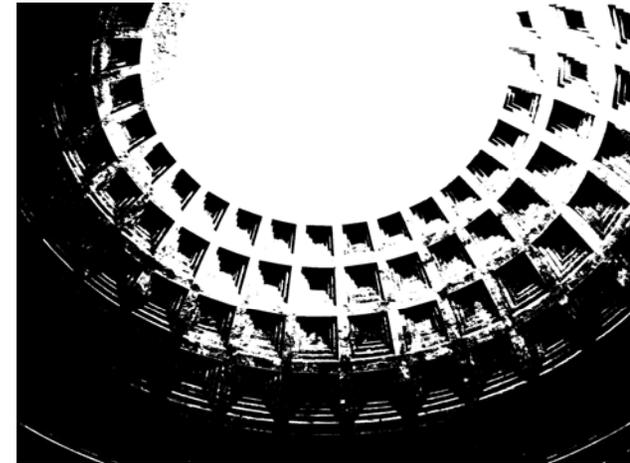
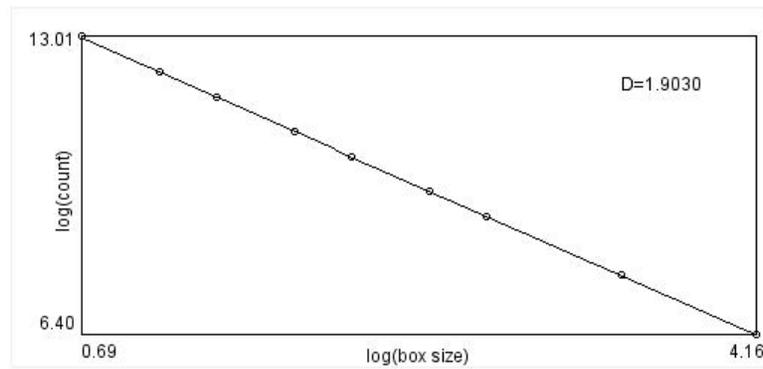
2	349170
3	164874
4	97300
6	46694
8	27809
12	13551
16	8119
32	2407
64	694

D=1.7900

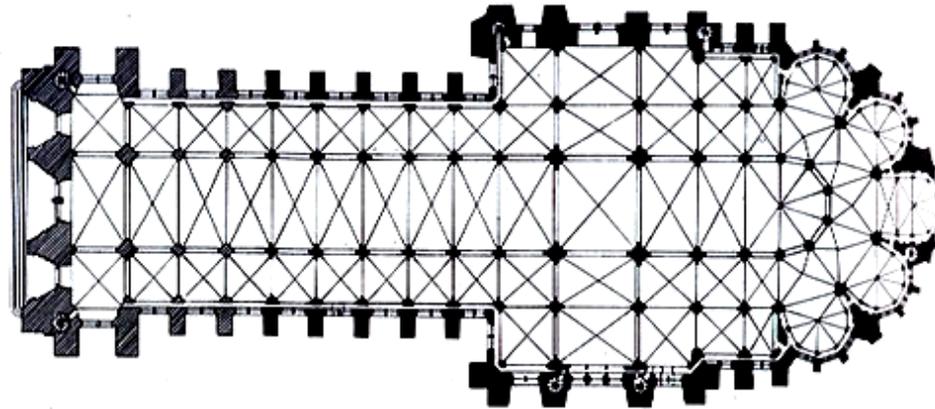


16	8362
32	2265
64	602

D=1.9030



## 7.4 REIMS



**Ilustración 54** Planta de la catedral de Reims. <sup>178</sup>

La catedral de Reims (1225) es considerada la primera catedral gótica, propiamente dicha, su estructura refleja el grado de perfeccionamiento que alcanzaron sus constructores, en la conducción de los esfuerzos, de forma totalmente intuitiva, ya que como apunta Carlos Chanfón, la integración de las artes y las ciencias y los oficios, era más bien inexistente.

*“Para el avance que representa la arquitectura gótica, el progreso de la concepción de estructura dinámica no es el resultado del desarrollo de las matemáticas, sino de una capacidad adquirida en la práctica sistematizada y creativa de la construcción. La sistematización esencialmente geométrica ideó nuevas soluciones y nuevas modalidades implicando relaciones de medidas más que cantidades. Esta práctica se desarrolló en forma independiente al avance que las matemáticas lograban en las aulas universitarias o en los gabinetes de los investigadores, que en esa época eran totalmente autónomos e individuales.”* <sup>179</sup>

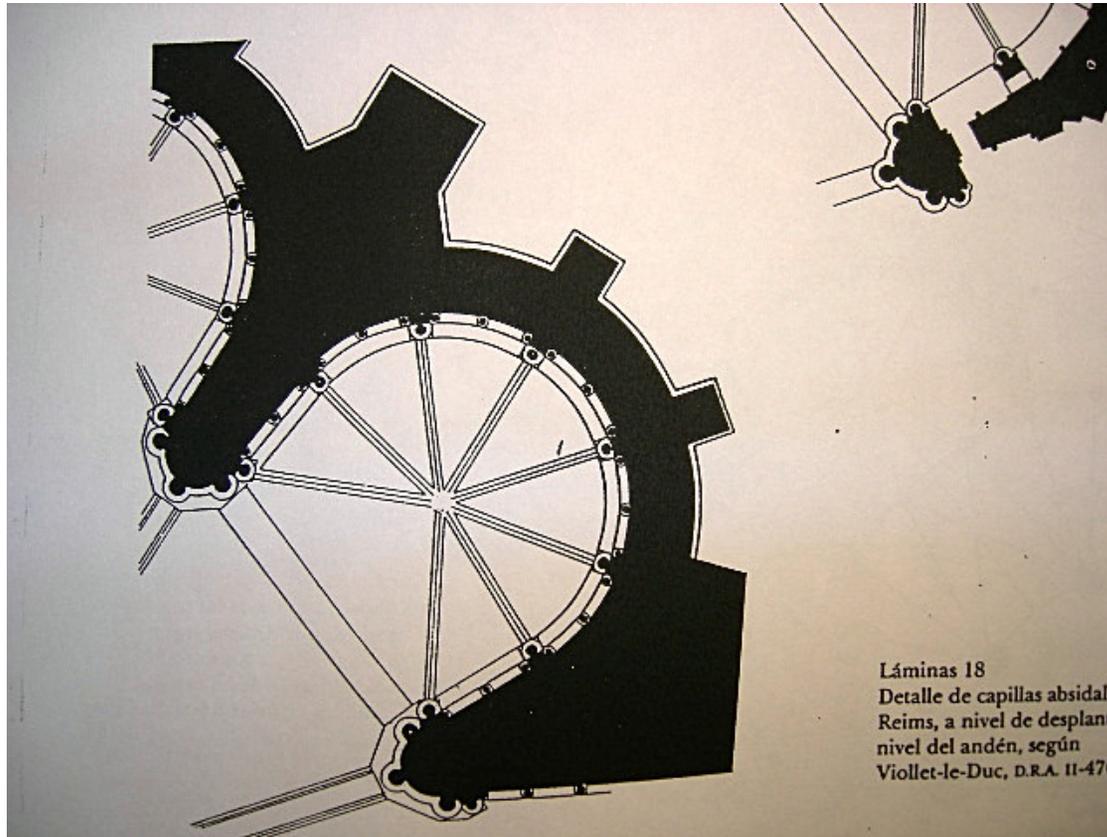
<sup>178</sup> Fuente: <http://www.ownet.rice.edu/~hart205//Cathedrals>, accesado en línea, noviembre de 2006.

<sup>179</sup> Chanfón Olmos, Carlos, Op. cit. P. 67

Estructuras de bóveda y cúpula	
Apoyo interno de Reims	
<b>Ancestro</b>	Iglesia Románica, Basilica Paleocristiana
<b>Pariente</b>	Monasterio
<b>Descendiente</b>	Rascacielos
<b>Función</b>	Culto del pueblo
<b>Rango de luz cubierta</b>	De mediano a Grande: 30 metros (dimensión principal en altura)
<b>Material</b>	pedra, mármol, ladrillo
<b>Movilidad</b>	Inmóvil
<b>Rango de esfuerzo de trabajo</b>	Mediano a bajo
<b>Obras preliminares requeridas</b>	Necesidad de un doble sistema de cubierta

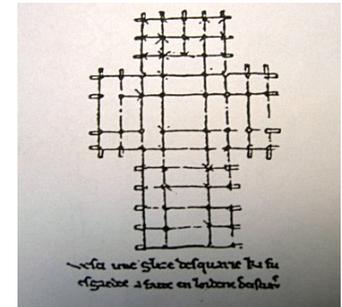
Sin embargo, sus constructores buscaron las formas más lógicas, desde el punto de vista de la conducción de esfuerzos, con materiales de baja resistencia (madera, piedra), cuya producción no gozaba de las ventajas actuales, ni de complicados programas de cálculo.

En particular, en el ábside, se nota este esfuerzo, al obtener formas lógicas que permiten al mismo tiempo el paso de la luz.



**Ilustración 55** Arriba y a la derecha, Capilla Absidal, Reims, nótese la planta de tipo circular, así como los contrafuertes radiales. <sup>180</sup>

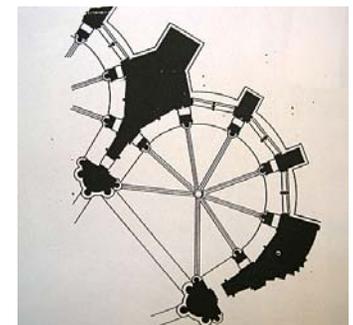
<sup>180</sup> Chanfón Olmos, Carlos, Op. cit. P. 72



Evolución en el gótico:

En la imagen arriba, tomada del manuscrito de Wilars de Honecourt, planta de una iglesia con ábside y deambulatorio "escuadrado", nótese la presencia de contrafuertes. De estas formas básicas fue evolucionando la planta de la catedral gótica.

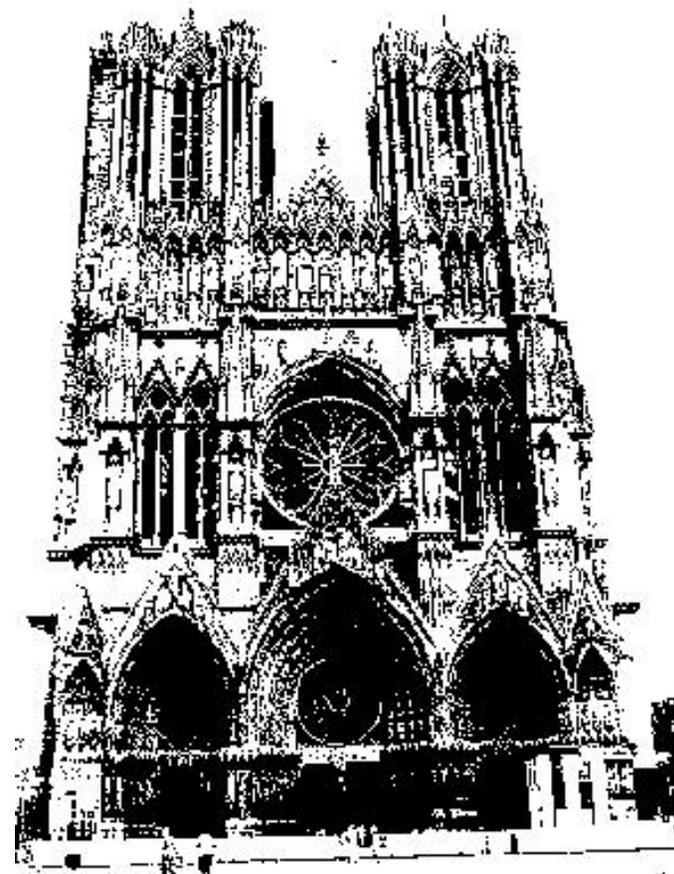
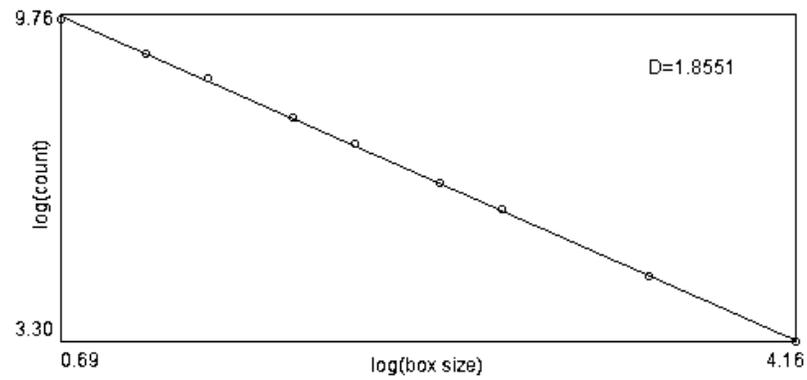
Abajo, planta alta de las capillas absidales de Reims, obsérvese el paso a planta poligonal.



### 7.4.1 Dimensión fractal de Reims

2	16187
3	8210
4	4938
6	2338
8	1365
12	641
16	372
32	101
64	27

D=1.8551



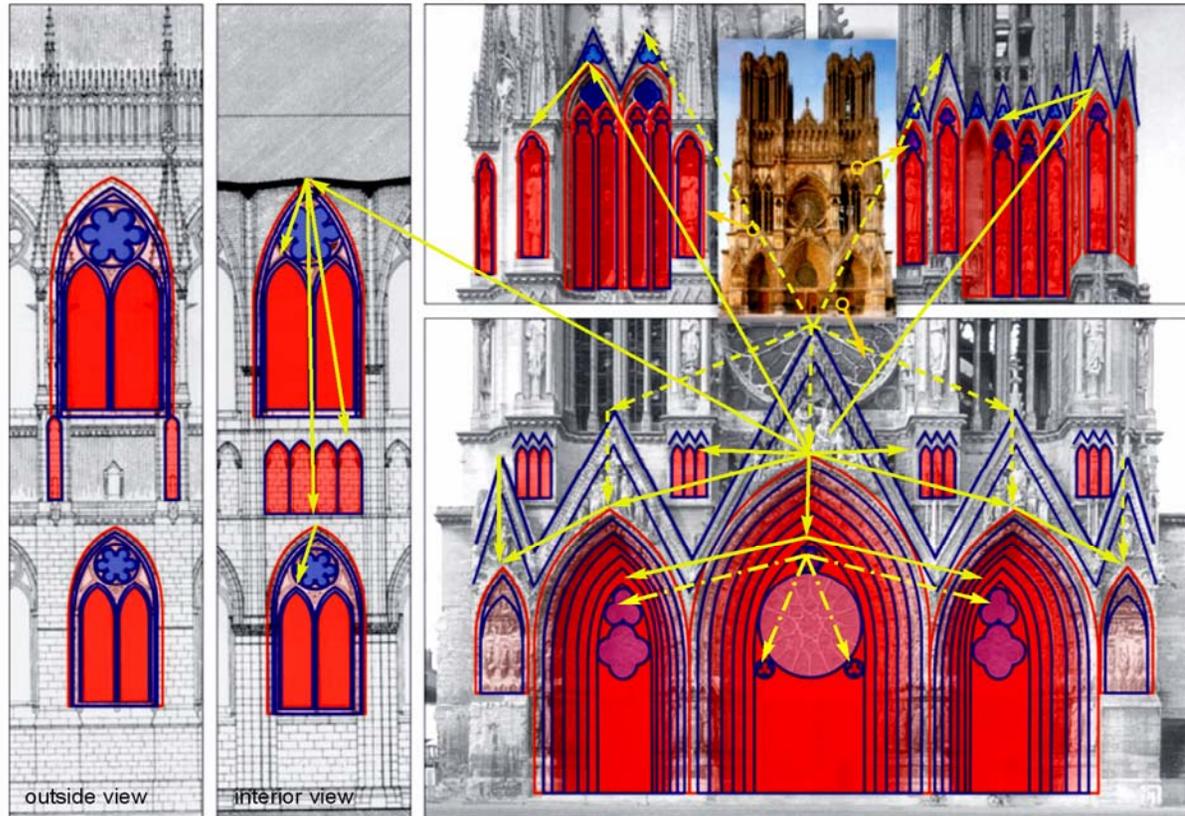
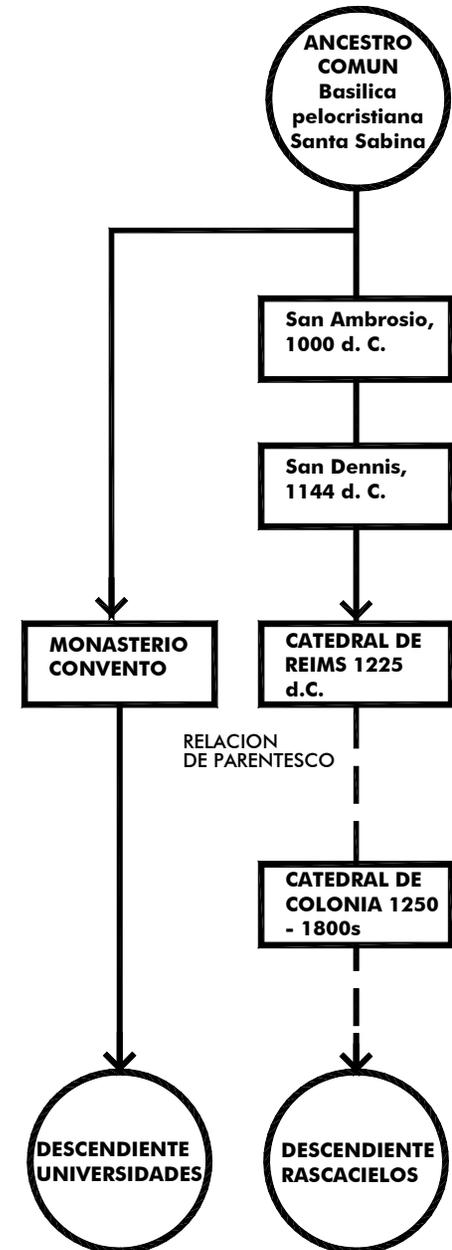
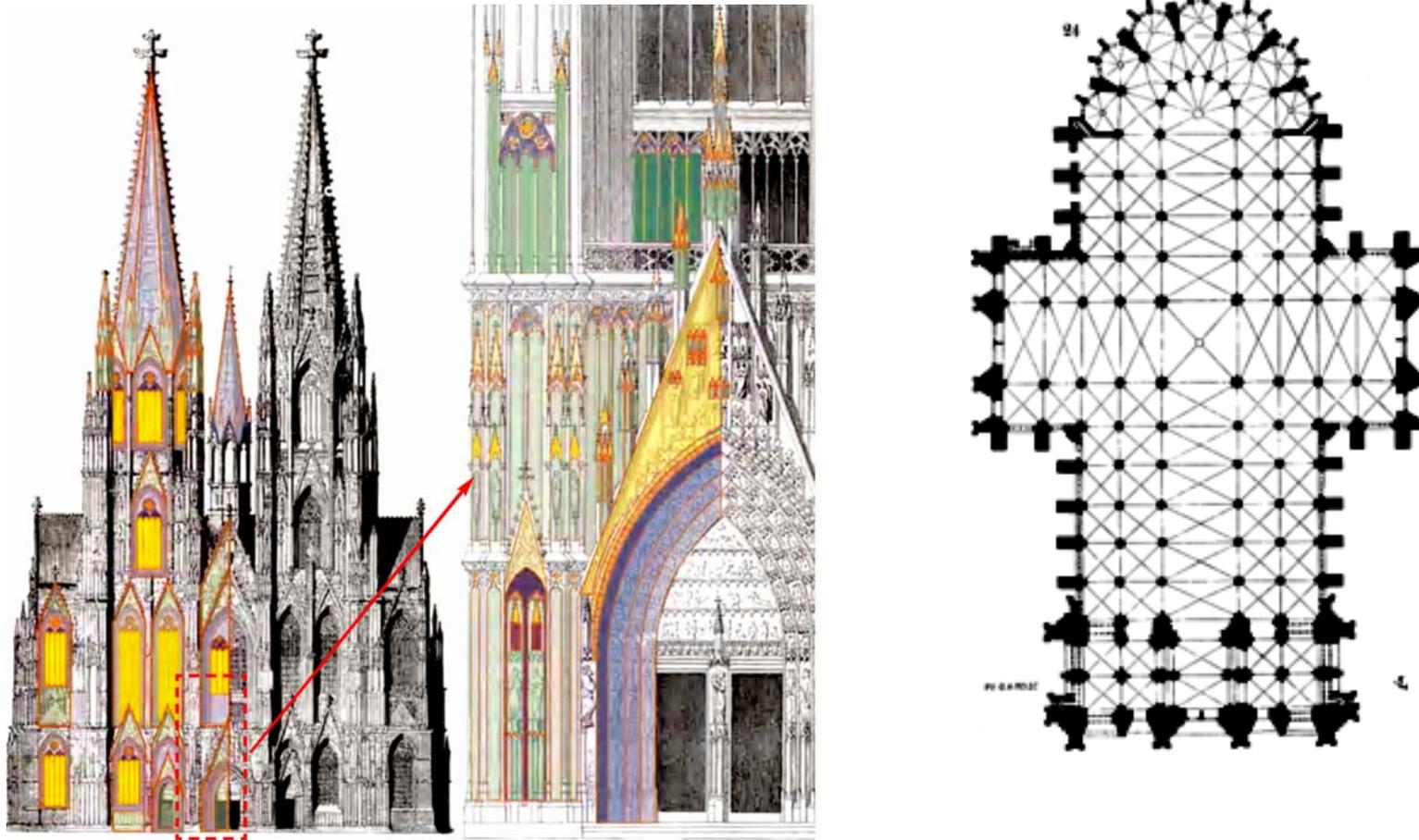


Ilustración 56 Reims, relación de las partes al todo (dimensión fractal).<sup>181</sup>

<sup>181</sup> Fuente: Lorenz, Wolfgang, Op. cit.





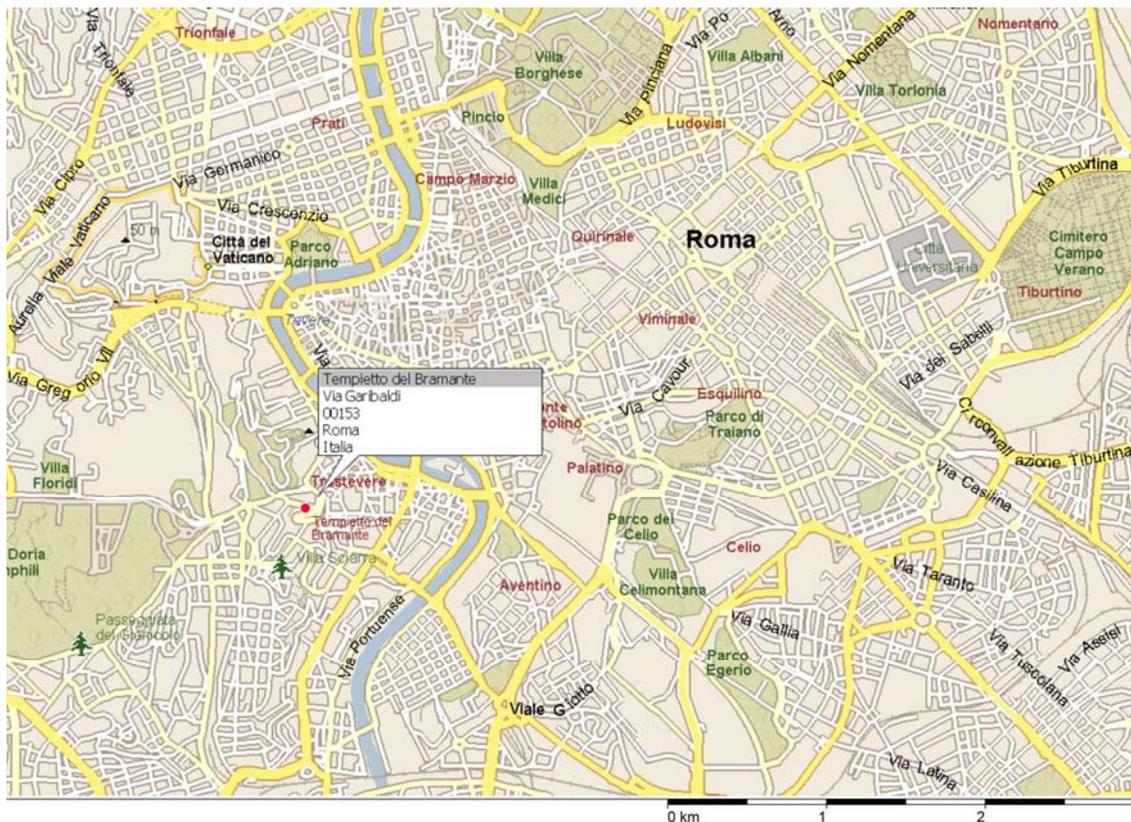
**Ilustración 57** Catedral de Colonia, relación de las partes al todo. <sup>182</sup>

Catedral de Colonia (iniciada en 1250, finalizada hasta el siglo XIX), nótese la dimensión fractal de los elementos, así como el refinamiento logrado en la conducción de esfuerzos, con forma lógica de columnas en esfuerzos axiales, contrafuertes para esfuerzos laterales.

<sup>182</sup> Fuente: Lorenz, Wolfgang, Op. cit.

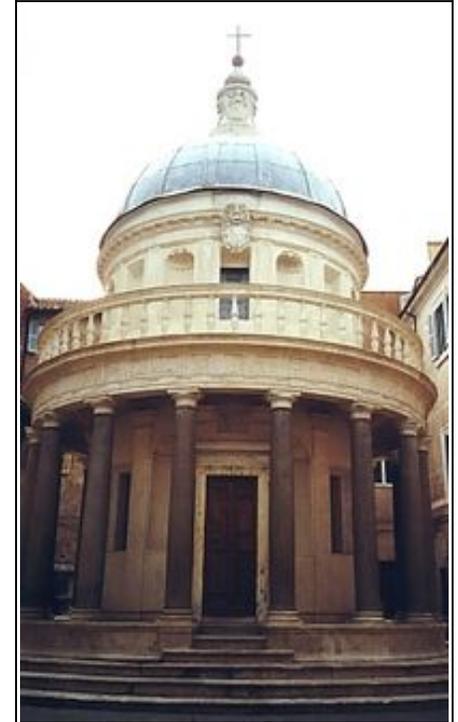
### 7.5 Il tempietto di San Pietro (Bramante, 1502)

Luego del gótico, y de una fase de transición, el tipo de “esqueleto” desarrollado con tal maestría por los maestros góticos, dio lugar al desarrollo de otras formas más plásticas, las cuales, sin embargo, retoman elementos como los contrafuertes y la concepción de conducción de fuerzas, mas no en su forma estilizada como en el gótico, estamos a las puertas del “renacimiento”, en el sentido de la concepción romana del espacio, y un nuevo orden estético.



Ubicación del Tempietto di San Pietro, Montorio, Roma, obra de Bramante, 1502

#### Estructuras de bóveda y cúpula



Tempietto di San Pietro

<b>Ancestro</b>	Pantheon, Templo de Atenea
<b>Pariente</b>	Monasterio
<b>Descendiente</b>	Capitolio, Capuchinas
<b>Función</b>	Monumento
<b>Rango de luz cubierta</b>	Pequeño a Mediano: 8 metros
<b>Material</b>	pedra, mármol,
<b>Movilidad</b>	Inmóvil
<b>Rango de esfuerzo de trabajo</b>	Mediano a bajo

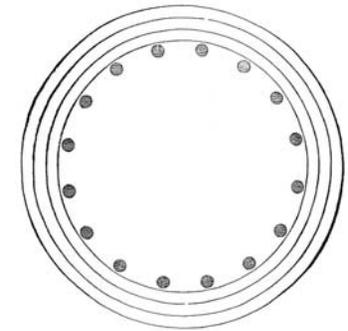
El paso del Gótico al Renacimiento se dio de forma gradual, aunque pueden, como en este caso, verse edificios singulares que concentran en sí la esencia del cambio. Al respecto, Norbeg Schulz comenta:

*“En general las formas diferenciadas y jerárquicas de la arquitectura medieval han sido remplazadas por una simple adición de elementos espaciales y plásticos relativamente independientes, unificadas por la simetría, formando una totalidad autónoma que obedece al principio de Alberti según el cual “nada puede agregarse o quitarse o modificarse sin dañar” un nuevo concepto de perfección... un edificio que marca la culminación de la arquitectura del Renacimiento, el Templo de Bramante en San Pedro en Montorio, en Roma.. posee aún las mismas cualidades... La diferencia principal consiste en una acentuación más enérgica del carácter plástico de los elementos...”*<sup>183</sup>

Sin embargo, más allá de la fuerza plástica del Tempietto, sus principios estructurales, basados en la forma y no en la resistencia de los materiales, pueden ser apreciados con un sencillo ejercicio.

Supongamos que tenemos un edificio de planta circular, un cliente nos ha pedido cubrirlo, para lo cual podemos disponer columnas en el perímetro (16, para ser exacto), adicionalmente nos pide que las columnas sean de piedra. (Figura A) ahora bien, sabemos, por lógica estructural, y por los supuestos de Candela (relativos a la imposibilidad de tener una distribución de esfuerzos totalmente simétrica y uniforme) que, siendo las columnas de piedra, no son capaces de absorber esfuerzos de momentos, sino únicamente esfuerzos axiales. Existe pues, el riesgo de una rotación de la planta, en el sentido mostrado en la figura B.

Invitamos al lector a ver la página siguiente, con la planta propuesta por *Bramante*, muestra de su genio, y de la integración esteática de la arquitectura. Recordando que la misma no es ajena a la tercera ley de Newton y a la teoría de la elasticidad.

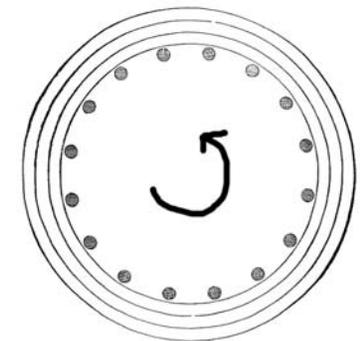


En la imagen arriba (A) planta de 16 columnas de piedra, abajo (B), riesgo de rotación de la planta.

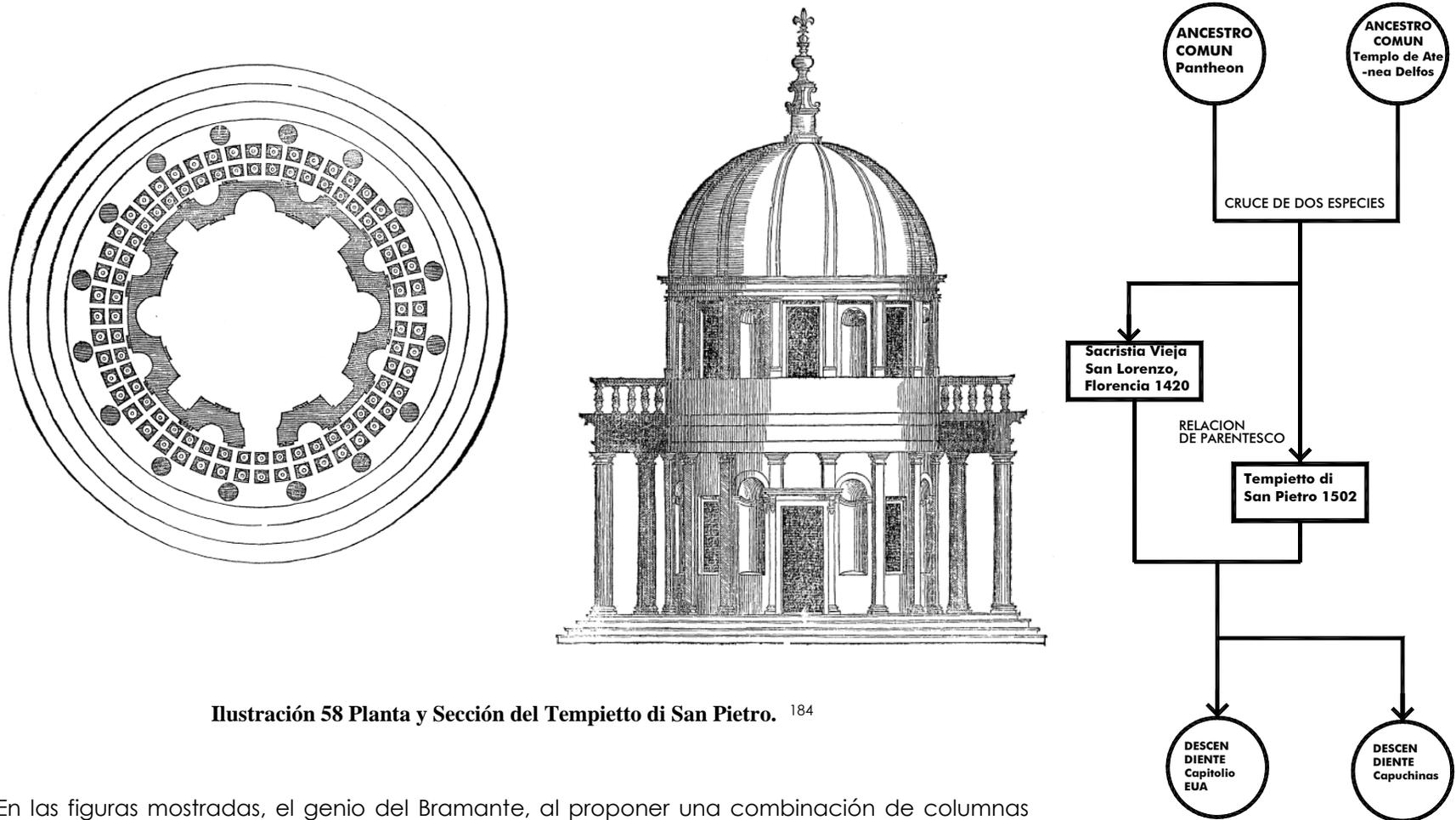
¿Qué elementos sugeriría colocar para estabilizar esta planta?

¿Cómo podríamos cubrir este espacio?

Respuesta en la página siguiente



<sup>183</sup> Schulz, Christian Norberg, *Arquitectura Occidental*, Op. cit. P. 115



**Ilustración 58 Planta y Sección del Tempietto di San Pietro.** <sup>184</sup>

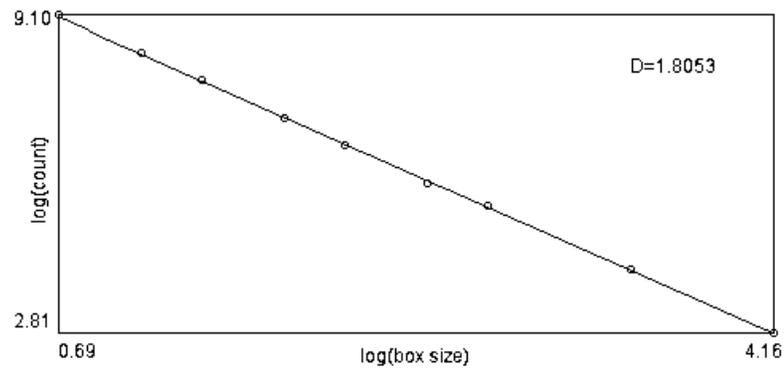
En las figuras mostradas, el genio del Bramante, al proponer una combinación de columnas (resistentes a carga axial), y muros (resistentes a esfuerzos cortantes, producto de la rotación). Adicionalmente, la alineación entre hornacinas y columnas, produce el efecto de pequeños contrafuertes que ayudan a estabilizar el macizo superior de la bóveda.

<sup>184</sup> Serlio, Sebastiano, Los cuatro libros de Arquitectura, lámina XXIII, 1552

### 7.5.1 Dimension fractal del Tempietto di San Pietro

2	8968
3	4254
4	2472
6	1188
8	685
12	330
16	207
32	59
64	17

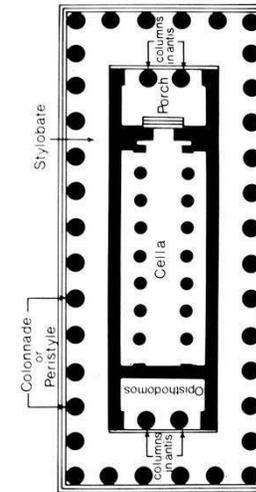
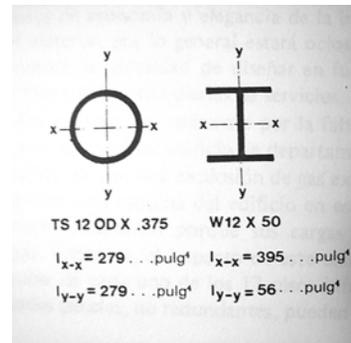
D=1.8053



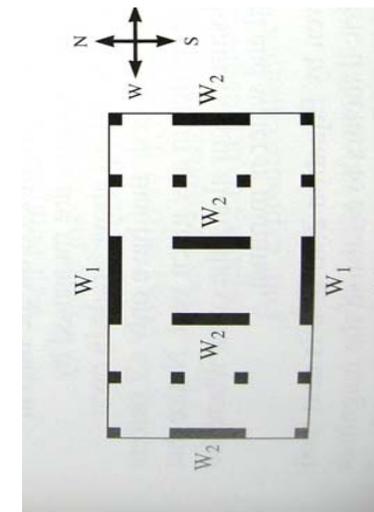
La configuración de muros resistentes a corte y columnas en esfuerzo axial es un tema que se repite incluso en nuestros días, siendo uno de los mecanismos a disposición en la configuración de edificios tanto en concreto reforzado como en acero.

Por supuesto, la configuración no lo es todo, sin embargo, las propiedades de la sección, incluyen la forma y dimensión de los elementos estructurales, amén del momento de inercia, entre otros, siendo, entonces, fundamental su estudio.

Abajo, propiedades de secciones comerciales, la viga I, es más resistente a esfuerzos de flexión, al concentrar un mayor momento de inercia producto de la mayor área en los patines, el tubo, en cambio, es más resistente a la torsión, al concentrar área en el perímetro.



En la imagen arriba, utilización de muros de cortante y columnas en el Partenón, abajo, esquema típico de distribución de muros de corte en un edificio moderno.





## 8.0 Introducción

Para la selección de casos sobre la arquitectura de Guatemala y su relación con otras áreas del mismo continente, es decir, haciendo el símil con la biogeografía de Darwin, se partió de una hipótesis de trabajo, para poder orientar el criterio de selección.

La hipótesis de trabajo "bio-arquitectónica" parte de la idea que la *cultura occidental*, como la conocemos, se difundió de este a oeste, es decir, llegando a América luego del descubrimiento y conquista por parte de las potencias europeas de la época.

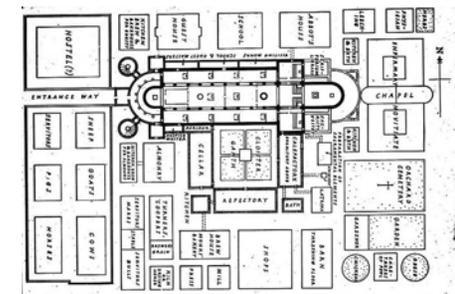
Este proceso de cambios culturales coincidió con el período del *Alto Renacimiento Europeo (período con el que se concluye el libro anterior)*, y los que le sucedieron, Barroco y Neoclásico, entre otros.

Sin embargo, la forma en que tales influencias llegaron a América, variaron, dependiendo de la esfera cultural de las potencias conquistadoras. No cabe acá señalar las características del "reparto" del nuevo mundo entre dichas potencias, baste señalar que la mayor parte quedó en manos de ingleses y españoles, amén de algunas posesiones francesas, holandesas y portuguesas.

Los principios arquetípicos de la esteática servirán para configurar el espacio geográfico, el cual siguiendo el pensamiento paralelo buscará comparar dos escenarios. Primero, el área de norte América la cual se supone aislada tanto por el océano Atlántico, como por la extensión de praderas al oeste (durante el siglo XVI y XVII esta región permaneció prácticamente inexplorada y deshabitada).

En segundo lugar, de forma análoga, la Nueva España también se mantuvo relativamente aislada del resto del mundo, entre dos océanos, recordando que en aquella época, era preferida la opción de navegar hasta cabo de hornos, frente a la de atravesar el continente.

Ilustración 60 Pergamino de Saint- Gall



## 8.1 Occidente

El mundo, puede, en términos generales, dividirse actualmente por las áreas de influencia de dos formas de vida, de pensamiento, de costumbres, que globalmente pueden definirse como oriente y occidente. Esta es una división somera, pero se fundamenta en la influencia que a lo largo del período del Renacimiento al siglo XX, han tenido las potencias europeas en el mundo, influencia esta que estuvo basada en la conquista y explotación de nuevos territorios, a costa de las culturas autóctonas.<sup>185</sup>

### 8.1.1 Nueva Inglaterra en tiempos de la colonia

De acuerdo a Marcus Whiffen<sup>186</sup>, el aislamiento de las colonias norteamericanas provocó, primero, que los nuevos colonos reprodujeran las técnicas y estilos que ya conocían, es decir, las imperantes en ese momento en Inglaterra, la cual, a la sazón, estaba influenciada aún por el gótico e iniciaba con 100 años de retraso respecto de su contraparte española, el período renacentista, debido a que en general se consideraba ésta una mala influencia, ligada al papado. (Inglaterra era protestante).

Whiffen se caracteriza por ser **sincrónico-diacrónico**, es decir, no acota solamente los hechos particulares. Fundamentalmente, subdivide el país (EUA) en *Norte* y *Sur*, terminando el período con la Guerra de Secesión Norteamericana.

*"En Nueva Inglaterra, las casas de consejo [...] fueron construidas a veces con troncos cortados horizontalmente, una técnica escocesa. La construcción de paredes con troncos redondos, engrapados en las esquinas y traslapados ligeramente, no era conocida en Inglaterra, Holanda y Francia, y no fue vista en América, hasta la venida de los Suecos [...]"*<sup>187</sup>

**Ilustración 61 Arriba, a la derecha, regiones de influencia Europea-oriental y soviética, abajo, región de influencia europeo Occidental, según Georg Westerman.**<sup>188</sup>



<sup>185</sup> Fuente: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/letra-g/gul/gul22.htm>, disponible en línea, julio de 2005

<sup>186</sup> Whiffen, Marcus, *American Architecture*, the MIT press, EUA, 1988

<sup>187</sup> Ibid, p. 24, Traducción libre

<sup>188</sup> Fuente: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/letra-g/gul/gul22.htm>, disponible en línea, julio de 2005

### 8.1.2 La Nueva España en tiempos de la colonia

Al respecto de las tierras más al sur, Whiffen encuentra un panorama distinto, de gran auge constructivo:

*“Al principio, en el Caribe, fue un trasplante inmodificado de Europa, traído por los diseñadores y constructores que vinieron directamente de la Península. En Méjico, sin embargo, **variantes** y **transformaciones** aparecieron casi tan pronto fueron introducidas. Esto se debió no tanto al empleo de mano de obra indígena, a pesar de que fue sin duda un factor importante, como al volumen considerable de edificación, particularmente de iglesias, y la creación de una **fusión de culturas** en la clase mestiza, que **“inevitablemente respondió a un rango de estímulo estético diferente al de los Españoles peninsulares, o los criollos...”**”<sup>189</sup>*

A diferencia del mundo anglosajón, en la Nueva España, la visión era bien distinta, ésta, al estar bajo la influencia de la corona española, de los “reyes católicos”, trasladó sin reservas los estilos, primero de tipo renacentista, reflejada en la traza urbana de la ciudad de la Antigua Guatemala, luego, en los sucesivos períodos, manierista, barroco, y posteriores. Adicionalmente, la visión religiosa de la iglesia condicionó la arquitectura, con fines de conversión a la fe, más aún, en la interpretación de los fenómenos naturales, en palabras de Verle Annis:

*“Creía la gente que por medio de los repetidos terremotos, Dios les castigaba por sus pecados, y el deseo de expiarlos y de propiciar la ira del Señor resultaron en un número siempre en aumento de fábricas (edificios) religiosas...”*<sup>190</sup>

Por supuesto, las leyes de indias relativas a los asentamientos urbanos, medidas y tipo de edificios también fueron determinantes, siendo descendientes de la técnica constructiva romana, traída por los españoles.

Las consideraciones precedentes nos muestran dos visiones diametralmente opuestas: por un lado, una arquitectura antigüeña azotada por repetidos desastres naturales, dependiente en todo momento de la autorización real y eclesiástica; consecuente con los gustos imperantes provenientes de España. En suma, una arquitectura religiosa, regulada no

---

<sup>189</sup> Whiffen, Marcus, Op. cit. P. 31, Traducción libre

<sup>190</sup> Annis Verle, Lincoln, La Arquitectura de la Antigua Guatemala 1543-1773, Litoprint, Guatemala, 2001, p. 9

por el canon de Vitrubio, sino por las órdenes religiosas (Los edificios públicos no fueron determinantes, mientras existen cerca de 60 edificios religiosos), por otro lado, una "arquitectura americana" basada en el empirismo y en el deseo de las líneas simples, alejadas de lo "romano" por identificarle con el papado.

La desproporción existente entre el esfuerzo constructivo privado y el realizado en los edificios religiosos en Antigua fue enorme. Adicionalmente, existe un desfase en la aparición de los períodos estilísticos en España e Inglaterra. En esta última, por ejemplo, el renacimiento entró muy tarde, casi 100 años después de España. Por esta razón, los tratados que llegaron a América del norte ya entrado el siglo XVIII, son de tipo **renacentista** (*A book of architecture*, de Gibbs). El siglo XVIII, en Antigua, corresponde a un auge constructivo netamente **Barroco** (Arte y uso de la arquitectura, de Fray Lorenzo de San Nicolás). Este desfase encontrará un balance poco después de la destrucción de la Antigua Guatemala, con el apareamiento del Neoclásico, estilo llamado "internacional", de ocurrencia común en occidente.

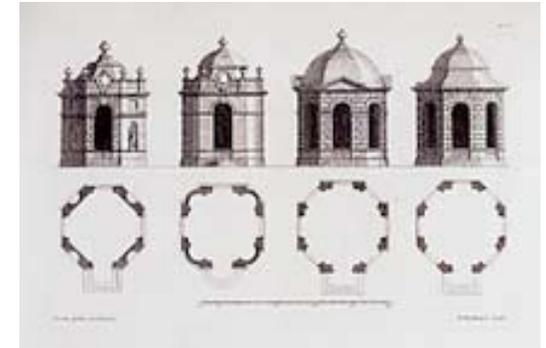
Sin embargo, los órdenes arquitectónicos, en apariencia, sucumbieron a otros intereses; Religiosos en Antigua, eran el marco **estético** que contenía la imaginería católica; de estatus en América del norte, ya que las viviendas e iglesias (anglicanas) ganaban prestigio al estar construidas de acuerdo a los nuevos libros que venían de la metrópoli (Londres). En este último caso, era una "arquitectura de concedores", preludio del movimiento ilustrado que desembocaría en el Neoclasicismo.

Annis, en su obra citada, presenta una visión "congelada" de la Antigua Guatemala, una visión de una ciudad dieciochesca, única en América, producto de su abandono a causa del terremoto de 1773.

A la derecha, página de *A book of architecture*, por James Gibbs, abajo, iglesia episcopal, puede observarse la torre campanario, rematada con una aguja (58 metros). Al frente, frontón, simulando un templo tetrástilo adosado al frente. Cubierta a dos aguas.

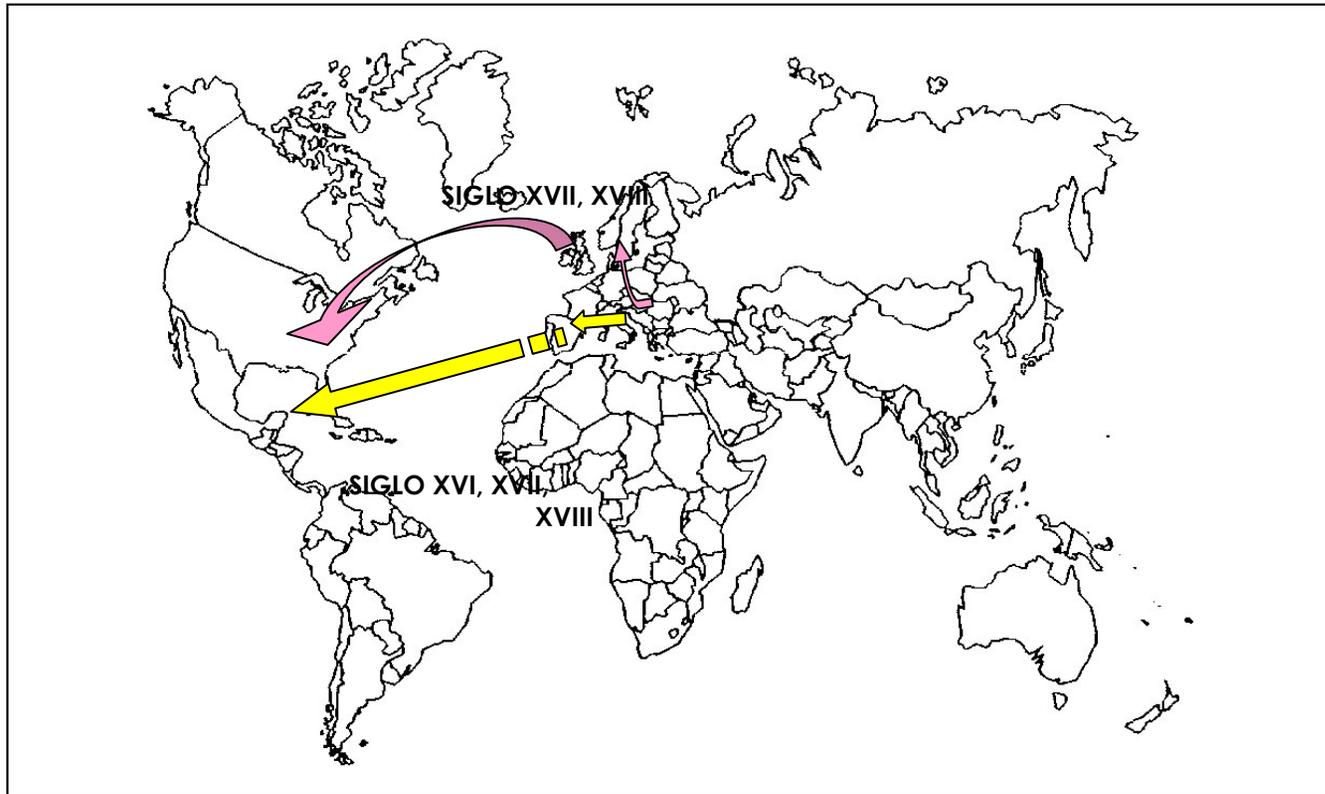
En la **estructura estética norteamericana** está presente aún, la proporción vertical de la torre, vista en el período **románico** y gótico (del período románico prevalecerá la idea del "axis mundi"). Adicionalmente, las grandes planicies no presentan movimientos sísmicos considerables, haciendo posible el desarrollo de este tipo de arquitectura.

**Ilustración 62** Arriba, a la derecha, página de *A book of Architecture*, de Gibbs, abajo, iglesia episcopal norteamericana.



El pórtico es una reminiscencia del megarón, la cual, en este caso provee del estatus necesario al conjunto. La aparente inocencia del detalle esconde un principio utilizado con frecuencia, en el sentido de hacer trabajar las columnas bajo esfuerzos axiales, dejando la responsabilidad de los desplazamientos laterales a los muros de la nave principal.

La torre presenta ya las características necesarias para evitar posibles rotaciones, concentrando elementos resistentes en el perímetro.



**Mapa 8 Llegada de la influencia europea a América, en alto, hacia Nueva Inglaterra, en bajo, hacia Nueva España, elaboración propia.**

En el caso de la Antigua Guatemala, al estar enclavada en un área sísmica, la respuesta de los constructores fue hacia una mayor resistencia, incrementando el grosor de los muros. Sin embargo, dado que los movimientos sísmicos no se comprendían en su totalidad, el proceso no siempre dio los resultados esperados.



 *The Religious Divisions of Europe, ca. 1555. Prior to 1520, all of Europe was Roman Catholic.*

**Mapa 9 Divisiones religiosas en Europa hacia 1555, antes de 1520, toda Europa era Católica Romana.** <sup>191</sup>

## 8.2 Reseña histórica Antigua Guatemala

En el año de 1541, luego de la destrucción del valle de Almolonga, Juan Bautista Antonelli procedió a efectuar el trazo de la nueva ciudad en el Valle de Panchoy. El primer cabildo se celebró el 10 de marzo de 1543. <sup>192</sup>

<sup>191</sup> Fuente: <http://wps.ablongman.com>, accesado en línea, enero de 2007.

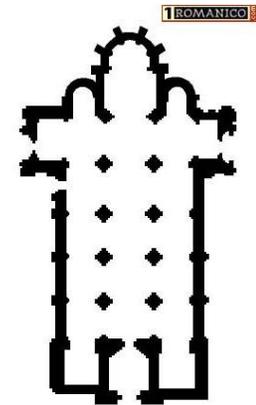
<sup>192</sup> Annis, Verle Lincoln, *La arquitectura de la Antigua Guatemala, 1543 – 1773*, Litoprint, Guatemala, 2001, p. 4.

Se distinguen varios períodos constructivos en la Antigua Guatemala:

Durante el siglo XVII, los edificios muestran gran sobriedad, la cual poco a poco da paso a mayor ornamentación, sobre todo en el período 1680-1717 (terremoto de San Miguel). De tal período son los templos de la Merced, San Francisco, la Compañía de Jesús, Santa Teresa, La Recolectión, con Joseph y Diego de Porres a la cabeza.

En el período siguiente, 1717 – 1751, siempre entre sismos, se desarrollan las pilastras almohadilladas o serlianas, siendo representantes de este período El Calvario, El Carmen, la Candelaria, y la Concepción.

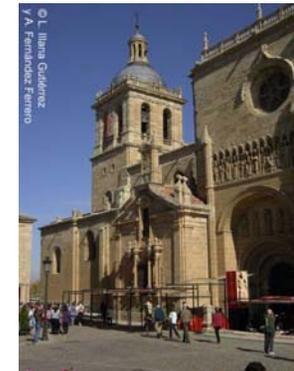
Finalmente, hacia 1773, año del abandono, se habían edificado El Palacio de los Capitanes Generales, La Universidad de San Carlos, el Seminario Tridentino, algunos de los cuales, presentan arcos mixtilíneos.



### 8.3 Antecedentes arquenéticos

Como hemos visto anteriormente, el embrión es el animal en su estado menos modificado, por tal razón, si buscamos el origen, por ejemplo, de la arquitectura antiguëña o norteamericana, debemos buscar más lejos. Tales orígenes se remontan a la historia de los pueblos más no la más reciente, comenzamos pues, un camino inverso, un recorrido involutivo (ó "deevolutivo") de la arquitectura. En este camino, comenzando en 1773, encontraremos primero, El Palacio de Los Capitanes, luego, El Calvario, San Francisco, La Merced, para llegar luego a Ciudad Vieja, La Habana, Madrid... Haremos acá un alto, debido a que España, a la sazón, logra su unificación en 1492, luego de expulsar a los moros.

En España, se reflejaron las principales tendencias de la arquitectura europea, Renacimiento, Manierismo, Barroco, con tintes árabes y visigodos. El barroco marcó una tendencia que englobaba aquellos estilos anteriores, marcado por el absolutismo desarrollado en Europa (Versalles, Belvedere). Sin embargo, en América ocurría algo distinto, diversos historiadores han identificado un "Barroco Americano", y hasta un "Barroco Sísmico", atendiendo a diferencias genéticas entre aquello que sucedía en Europa y lo construido en América.



**Ilustración 63 Planta y detalle de la catedral de Ciudad Rodrigo, Salamanca, 1165.**<sup>193</sup>

<sup>193</sup> Fuente: [www.romanicozamorano.com](http://www.romanicozamorano.com), accesado en línea, enero de 2007.

Las razones son variadas, entre las cuales se ha mencionado ya el auge constructivo y la velocidad de la fundación de ciudades en el Nuevo Mundo, sin embargo, entre las características encontramos datos curiosos, en primer lugar, los nuevos asentamientos, si bien reflejaban el deseo de instaurar el poder absoluto del soberano, reflejo de la monarquía, se encontraba de repente en un ambiente distinto, con población distinta, estímulo estético distinto (en muchos casos basado en la naturaleza) y, sobre todo, sin superar las etapas previas en el escenario europeo que llevaron al desarrollo del gótico, renacimiento, barroco y otros.

Este desarrollo provoca una involución, es decir, el regreso a formas previas, esta fase en Europa se conoció como el Románico, entendiéndose este término como el conjunto de formas y edificaciones característicos del panorama europeo en los siglos X – XIII.

Tal período corresponde a la edad Media, caracterizada por es desarrollo de estructuras sólidas que proveían tanto de soporte espiritual, como de seguridad, es decir, las condiciones en que se encontraron los primeros asentamientos en el Nuevo Mundo.

No se pretende negar las características de estilo presentes en el caso Antigüeño, sin embargo, la referencia que se hace al barroco, en la mayoría de textos, atiende solamente a aspectos decorativos, es decir, desde la perspectiva evolutiva, características en muchos casos superfluas (obviamente llenas de significados, lo cual sería interesante desde el punto de vista de la historia del arte, mas no desde el punto de vista esteático aquí planteado).

En cambio, si vemos hacia la estructura, comenzaremos a notar los antecedentes genéticos presentes en el Románico.

Ahora bien, el “estilo” de los edificios antigüeños ha sido clasificado como de tipo *barroco*, atendiendo a las características ornamentales, la época e influencia de la metrópoli, pensando en la circulación de tratados de construcción que aportaban elementos tales como la pilastra serliana, entre otros.

Sin embargo, el manejo del espacio no fue el mismo que el empleado en el viejo mundo, a pesar de que, la concepción prevaleciente en la historiografía contemporánea (Keleman, Annis, Luján) induce a pensar en la existencia como tipo de un “barroco guatemalteco”, o “barroco sísmico”, el planteamiento que se presenta en este estudio, a la luz de la teoría de la evolución es bastante diverso.

**Ilustración 64** Imágenes a la derecha, arriba, Iglesia de San Pedro Las Huertas, abajo, Ermita de la Santa Cruz, elaboración propia.



## 8.4 Elementos de Análisis

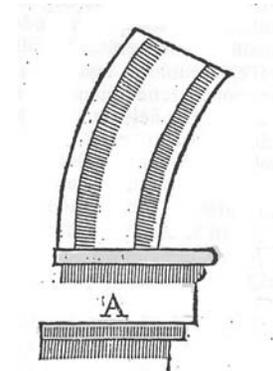
Los elementos de análisis son los siguientes:

1- Si bien es cierto, la colonia mantenía relaciones frecuentes con la metrópoli, los medios de comunicación hacían lento y difícil, el trámite de aprobación para el proyecto y construcción de una obra de regulares dimensiones. Sólo el rey podía autorizar la construcción, a través de la corte, lo que en ocasiones, como lo sería más tarde el nuevo trazo de la ciudad de Guatemala, luego del abandono de Antigua, provocaba retrasos, o incumplimiento de las ordenanzas emitidas por la corte, al llegar con retraso de varios meses y hasta años.

2- El aislamiento, entonces, provoca lo que se acotaba en libros anteriores, la especiación, lo cual puede apreciarse en el paisaje urbano actual de la Antigua Guatemala, expresado en sus fuentes, en las chimeneas, como algo muy propio del lugar.

3- El mismo aislamiento y sobre todo, la expresión y política de dominio del territorio, basado en la fundación de ciudades provocó, como acotaba Whiffen en páginas anteriores, un auge constructivo enorme (Nunca antes, en la historia, se fundarían tantas ciudades como hicieron los españoles en el nuevo mundo), en esa virtud, el escenario natural diverso, el contacto con grupos étnicos distintos, producen un resultado totalmente distinto al que se desarrollaba en Europa.

4- El resultado es la **involución**, es decir, el regreso a formas anteriores, embrionarias, más sólidas, seguras, tipo "far west", es decir, de frontera. Tal comportamiento se observa sobre todo en los inicios, como puede ser el primer período señalado anteriormente (1680-1717) en Antigua Guatemala, durante el cual la decoración fue escasa. Posteriormente, aumentan los elementos decorativos, pero, recordando el ejemplo de San Denis, una catedral gótica sobre una románica, produce la modulación estructural de la precedente sobre la subsiguiente, en otras palabras, el origen como refugio, solidez, prevalecerá sobre la decoración, ésta podría ser la explicación sobre porque la decoración en Antigua Guatemala, es mayormente en estuco, es decir, modelada sobre la fachada misma.



**Ilustración 65** Arriba, detalle de arranque de arco, según Fray Lorenzo de San Nicolas, Arte y uso de la Arquitectura, abajo, Templo de San Francisco, fachada.

5- Al hablar de una **involución**, contrario a lo que plantean los historiadores, el planteamiento acá es el de regresar a formas anteriores, lo cual existe en la naturaleza (existe el caso de animales marinos, con restos de patas para desplazarse en tierra). La forma anterior, en el caso de los conquistadores europeos, no es el barroco (con sus formas curvas en arquivadas y muros, en el caso europeo), ni el renacimiento, es el período conocido como la edad media, en la cual, la solidez y la seguridad eran características apreciadas. Por lo tanto, el resultado es que, si bien bajo la influencia de los tratadistas, los elementos decorativos respondían, en mayor o menor grado a los gustos contemporáneos de la metrópoli, de hecho, y de forma, los edificios corresponden, desde el punto de vista de la concepción estructural al período románico, es decir, solidez, sencillez, unido a otras prácticas constructivas empleadas en Antigua, como el predominio del macizo sobre el vano (reducción de las aberturas en los muros), la reducción de la altura de las construcciones. En palabras de Norberg-Schulz:

*“El estilo románico era, pues, capaz de concretar significativas diferencias de función y contenido. Además de tipos funcionales también encontramos caracteres regionales típicos. Los edificios germanos tienden a efectos poderosos y fantásticos, en tanto que los franceses se destacan por la organización lógica y la claridad estructural. \_El románico italiano da un valor particular a la fachada ordenada, pero rica y algo llamativa. **En Inglaterra encontramos un robusto carácter masculino que se distingue por los muros extraordinariamente gruesos y los enormes pilares cilíndricos.**”*

*La arquitectura románica combina el espacio espiritualizado con su contradicción aparente: **la maciza solidez**. El poderoso efecto que causan los edificios románicos se debe al retorno a un concepto **preantropomórfico, de masa y proporción**; la articulación románica nunca tiende a la creación de un muro de esqueleto válido por sí mismo. El esqueleto siempre es secundario en relación con la masa primaria. La imagen ambiental del hombre románico puede definirse como un sistema de “lugares protegidos”; protegidos interiormente por la experiencia de la existencia de Dios y exteriormente por la clausura simbólica y la **solidez**.”<sup>194</sup>*

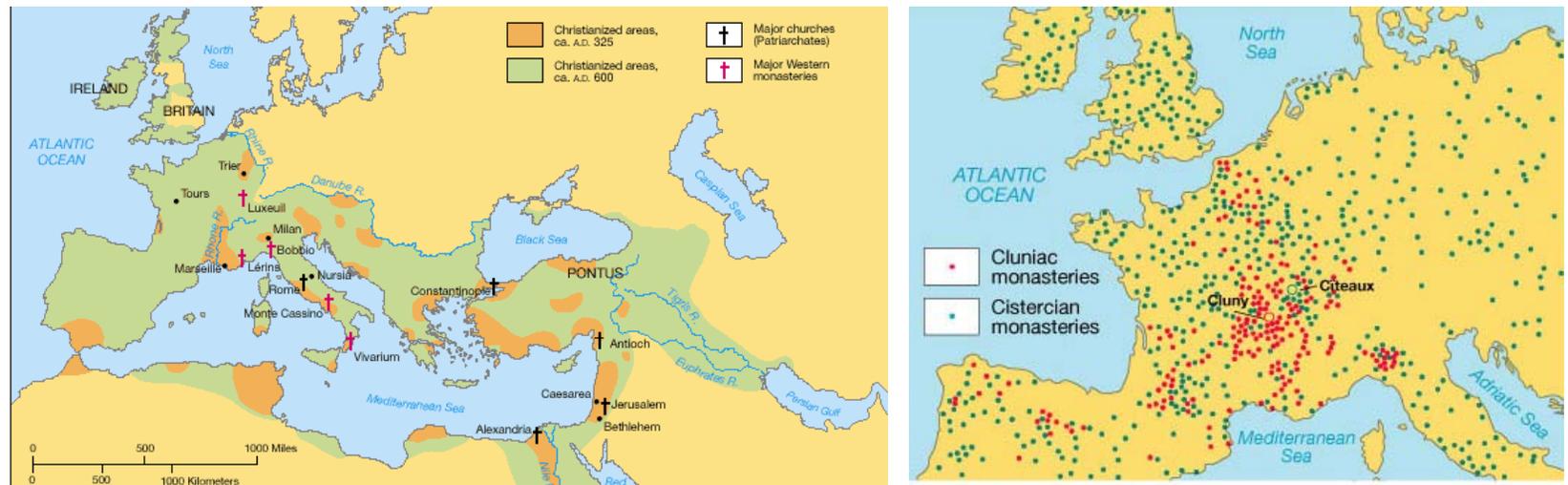
Es pues, una concepción diversa, en la cual la solidez es buscada sobre otros elementos, sin embargo, la sola solidez no bastaba, debía proveerse complejidad a la misma, lo que se logró, con la profusa decoración **superficial** aplicada a los templos.

Los antecedentes del convento y del templo antiguëños se encuentran en la Europa Medieval, tales ejemplos se remontan al conocido monasterio de Saint Gall, en Suiza. Este monasterio, aunque no fue construido en su totalidad, tiene la virtud de haber circulado en

<sup>194</sup> Norberg-Schulz, Christian , Arquitectura Occidental, Op. cit. P. 182

imágenes, ya que el plano original se mantiene hasta nuestros días. En la película "El nombre de la Rosa", basada en la novela homónima de Umberto Eco, existen similitudes importantes entre el monasterio presentado y el de Saint Gall, una muestra de la vida monástica del siglo XIII y XIV.

Otra referencia importante es el monasterio de Cluny, el cual es uno de los máximos ejemplos del románico.

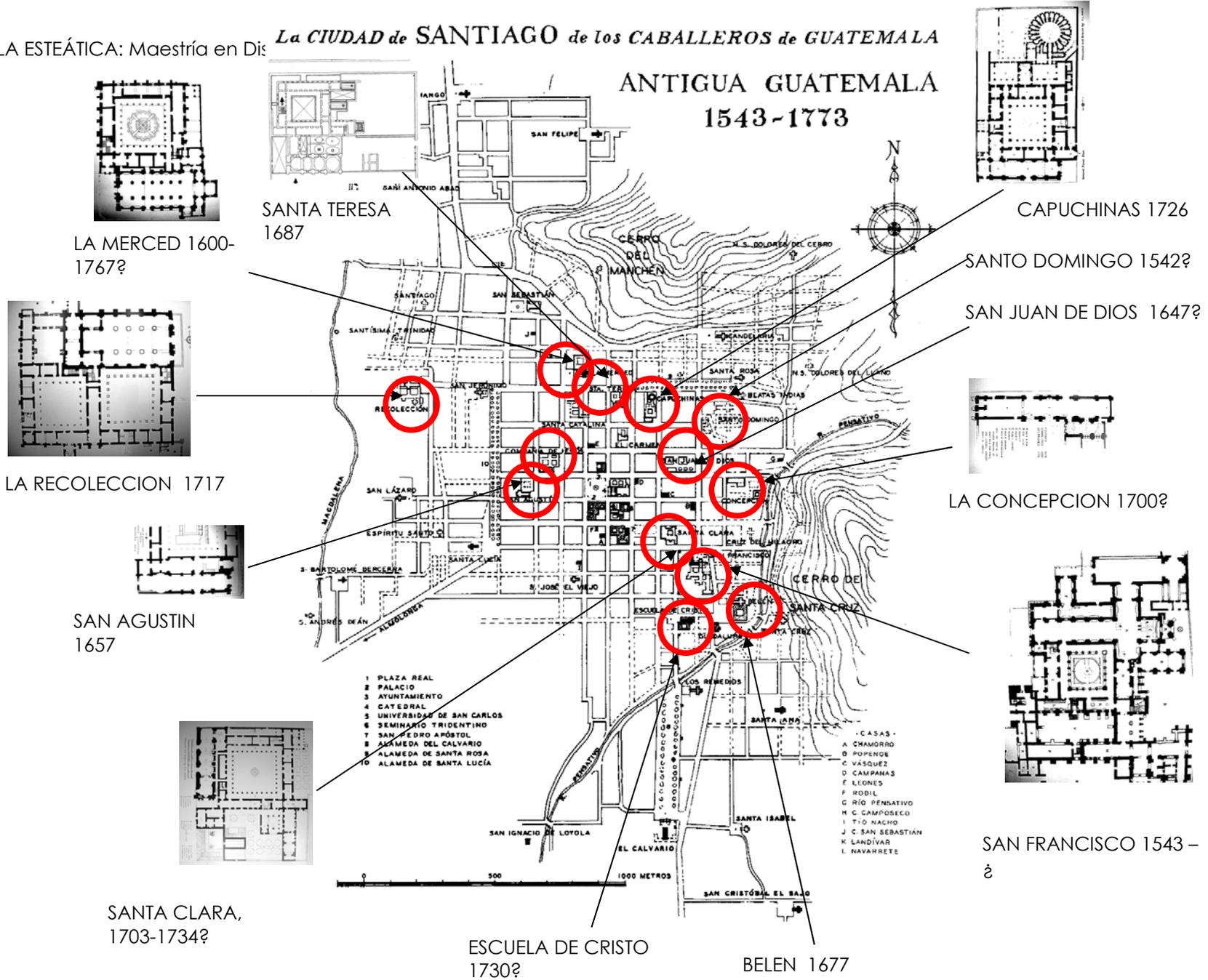


Mapa 10 A la izquierda, el área cristiana, hacia el año 600, a la derecha, distribución de monasterios de Cluny y Citerciences en el siglo XIII.<sup>195</sup>

<sup>195</sup> Fuente: <http://wps.ablongman.com>, accesado en línea, enero de 2007.

LA ESTEÁTICA: Maestría en Dis *La CIUDAD de SANTIAGO de los CABALLEROS de GUATEMALA*

ANTIGUA GUATEMALA  
1543-1773



Mapa 11 Distribucion arquenetica de la Antigua Guatemala, elaboración propia.

## 8.5 El Templo Y Monasterio De San Francisco

### 8.5.1 Reseña Historica

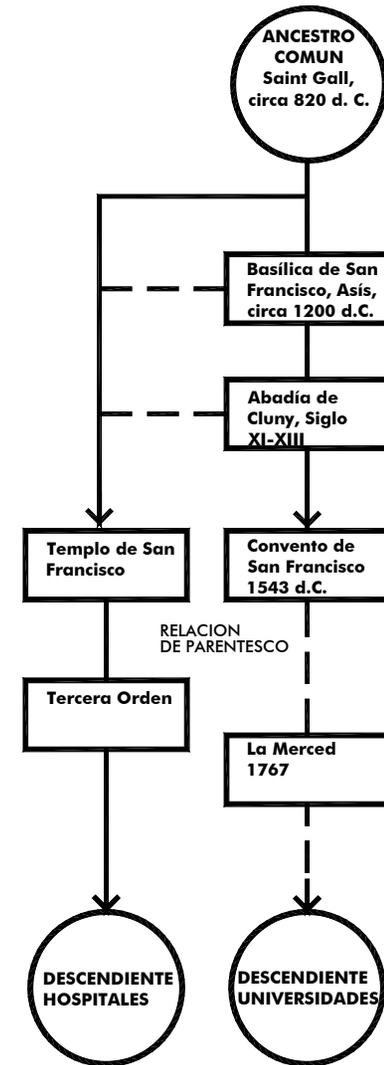
La orden franciscana se cuenta entre las primeras en asentarse, primero en el valle de Almolonga, y luego, con el traslado, al valle de Panchoy. Por esta razón, el proceso constructivo del templo de San Francisco abarcó desde los inicios del siglo XVI, hasta la fecha, con una pausa por la destrucción del terremoto de 1773.

En este período tan vasto de tiempo entre los puntos notables se encuentra el año de 1703, se sustituye la cubierta original de madera (que se supone, según Annis, era como la actual del templo de Tecpán) por bóvedas y cúpulas, añadiendo seis arcos grandes para sostener las mismas.<sup>196</sup>

*“Los terremotos de 1717 fueron los más severos que cualquiera de los del siglo anterior, y a pesar de haberse construido tan recientemente la mayor parte de la iglesia y del convento, los daños fueron extensísimos. La capilla de San Antonio de Padua, que se había construido en 1685, necesitaba reconstruirse completamente. .. en todo el convento se vinieron a tierra o se debilitaron muros... Es probable que fuera en los años siguientes a 1717 cuando la mayor parte de los contrafuertes tremendos se levantaron en varias partes de él. Desgraciadamente, estos contrafuertes no se construyeron de manera que fueran parte íntegra de los muros, sino que sólo fueron puestos contra ellos en la mayoría de los casos. Aunque el edificio resistió otro terremoto severo en 1751, contribuyeron los contrafuertes a la destrucción final en 1773, obrando como arietes. Se cayeron los muros bajo su choque, pero se quedaron en pie los contrafuertes..”*<sup>197</sup>

*“No es San Francisco solamente una ruina muy impresionante, sino también uno de los grandes ejemplares de planeamiento **monástico**. Aquí se podía estudiar el desarrollo genuino y sin falsificación de tal institución...”*

Ahora bien, la orden fundada hacia 1200 por Francisco de Asís, retoma elementos de la Europa medieval, como queda evidenciado en la semejanza entre la distribución del convento, y la del monasterio de Saint Gall. Estas similitudes no son casuales,



<sup>196</sup> Annis, Verle Lincoln, *La Arquitectura de la Antigua Guatemala*, Op. cit. P. 83

<sup>197</sup> *Ibíd.* P. 84

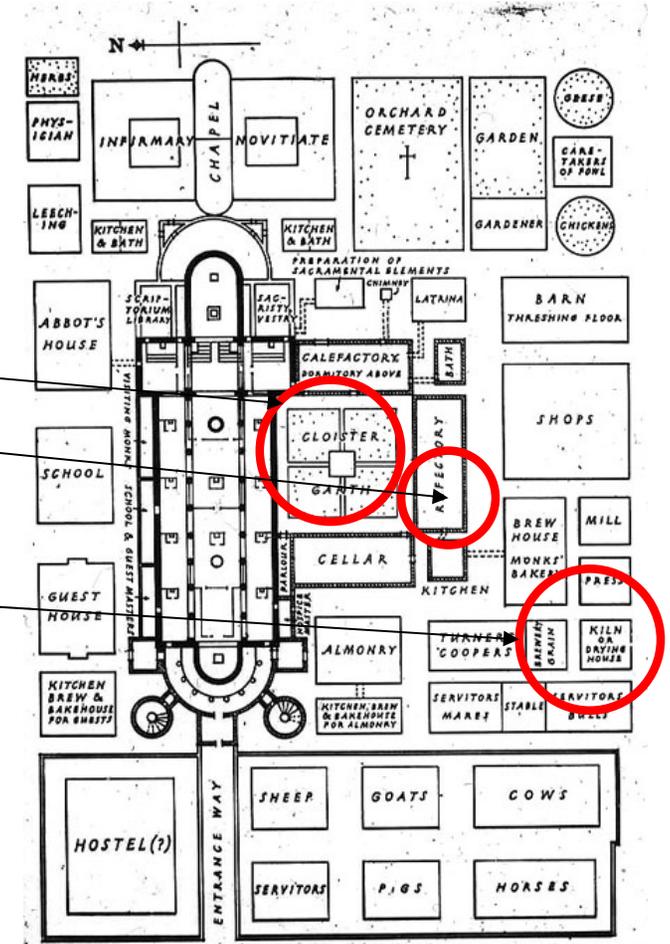
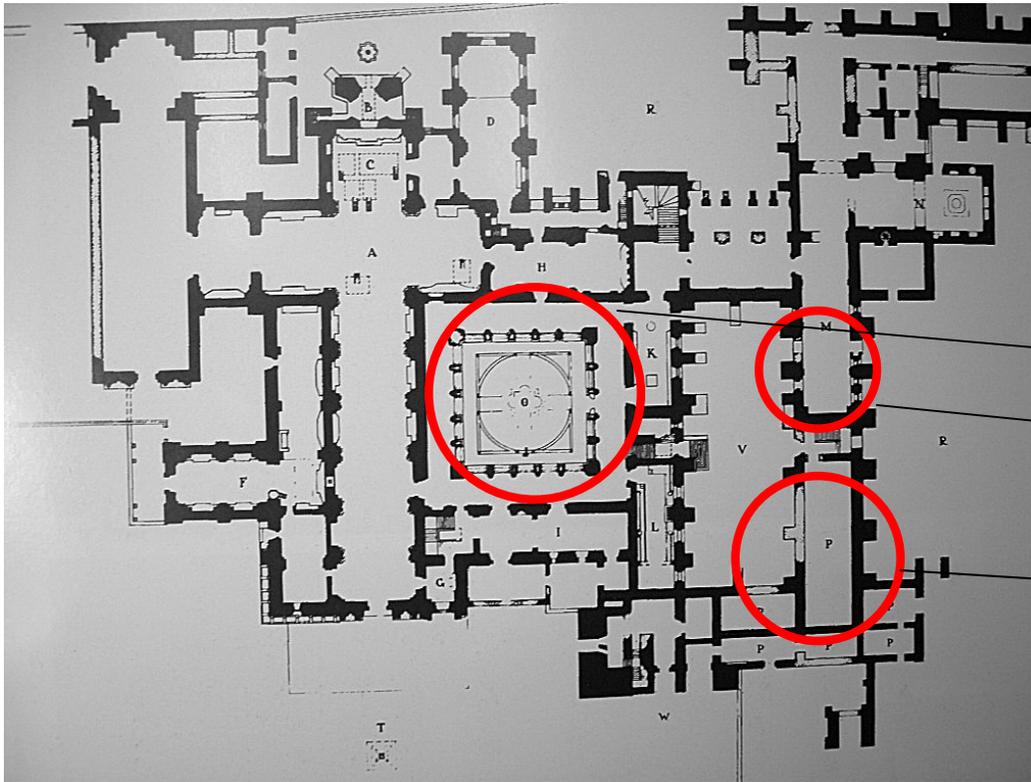


Ilustración 66 Comparación del monasterio de San Francisco y Saint Gall.

Comparación del monasterio de San Francisco y el plano original de Saint Gall, obsérvese la ubicación del claustro, refectorio y talleres con respecto a la nave central. (la dirección del norte es la misma para ambos esquemas)

Sino que, forman parte de la herencia arquetípica del convento, la que se hará más evidente, al compararlo con el monasterio de Cluny:

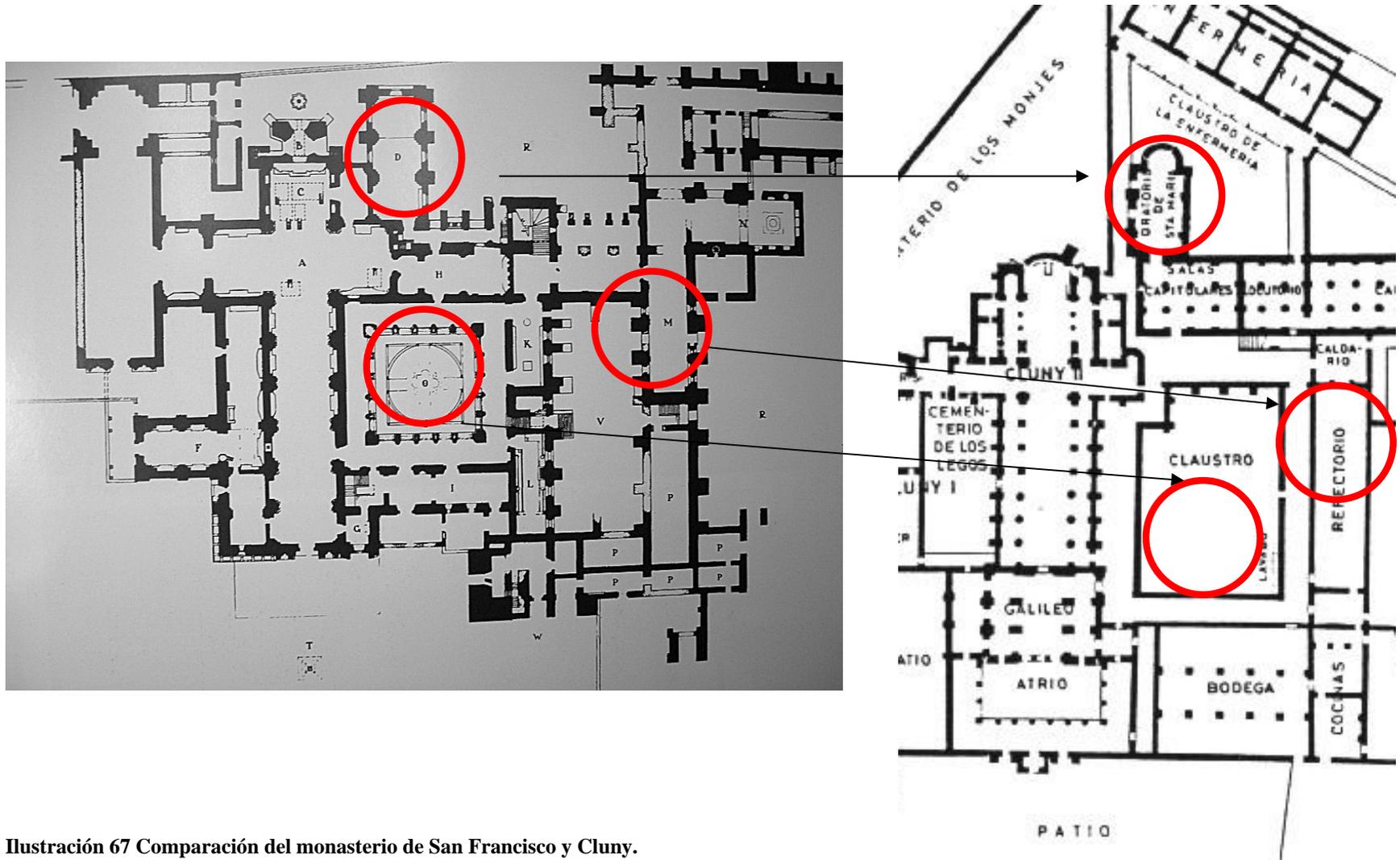
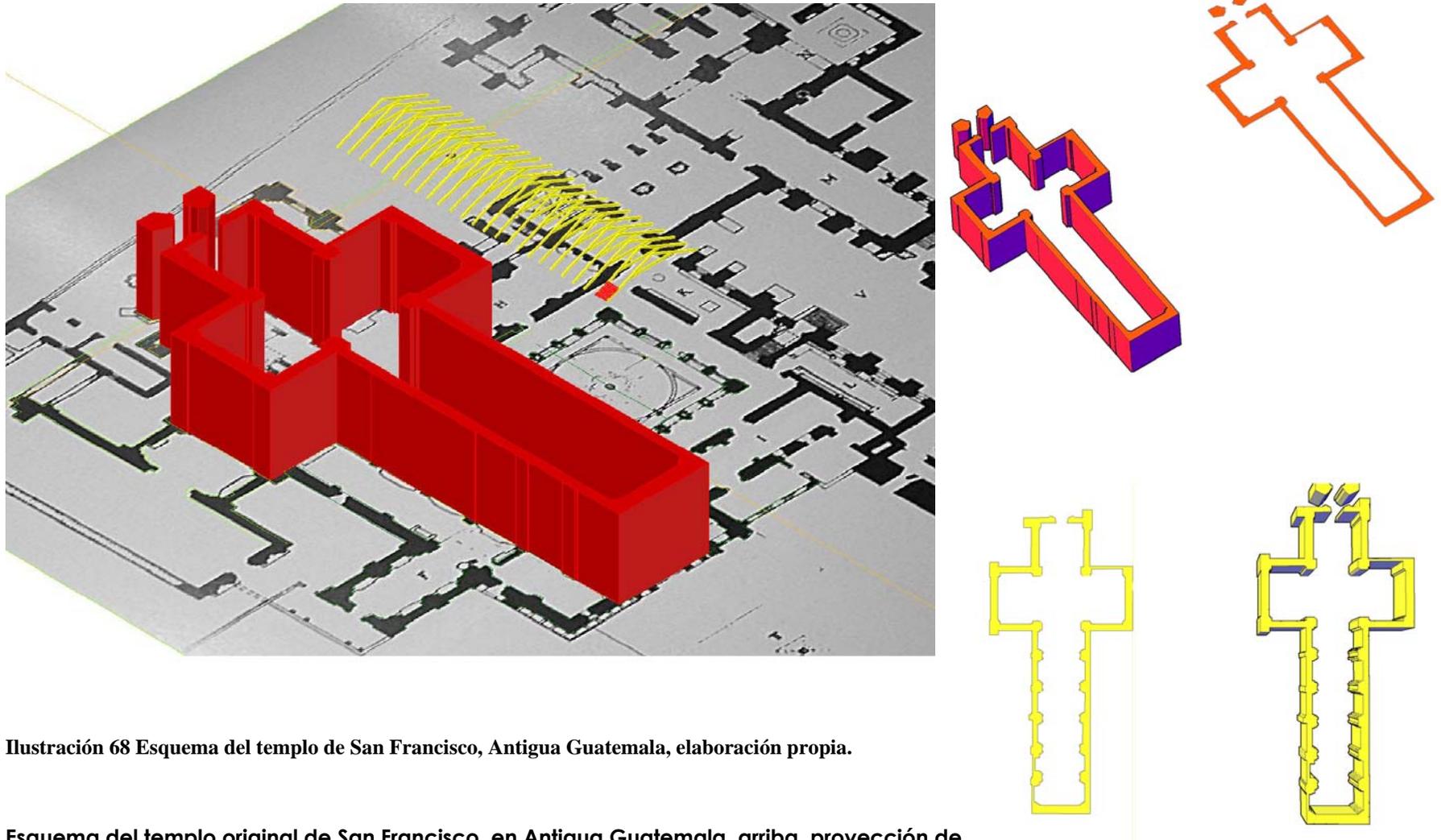


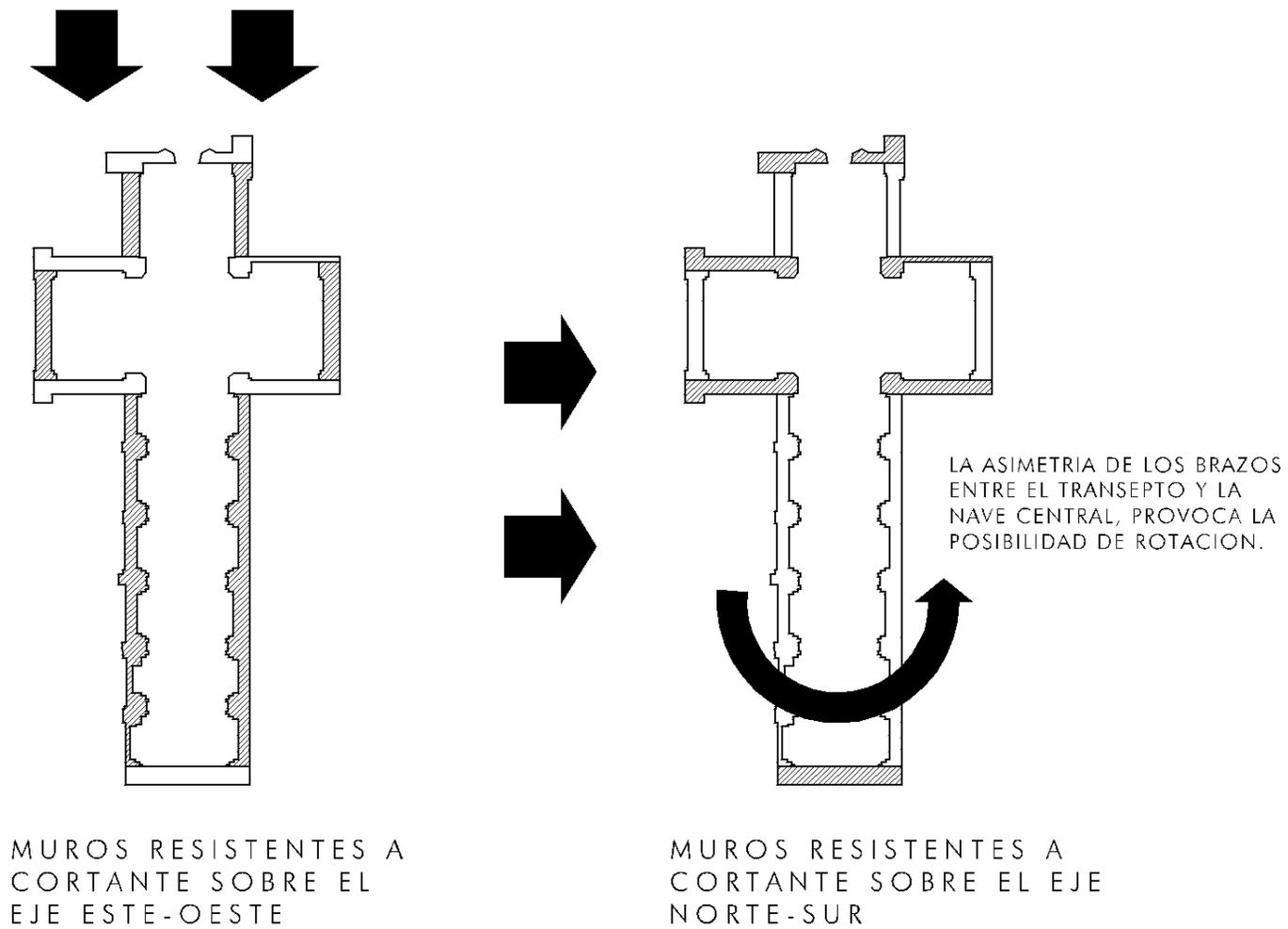
Ilustración 67 Comparación del monasterio de San Francisco y Cluny.

Comparación del monasterio de San Francisco y el plano original de Cluny, obsérvese la ubicación del claustro, sacristía/capilla y refectorio con respecto a la nave central.

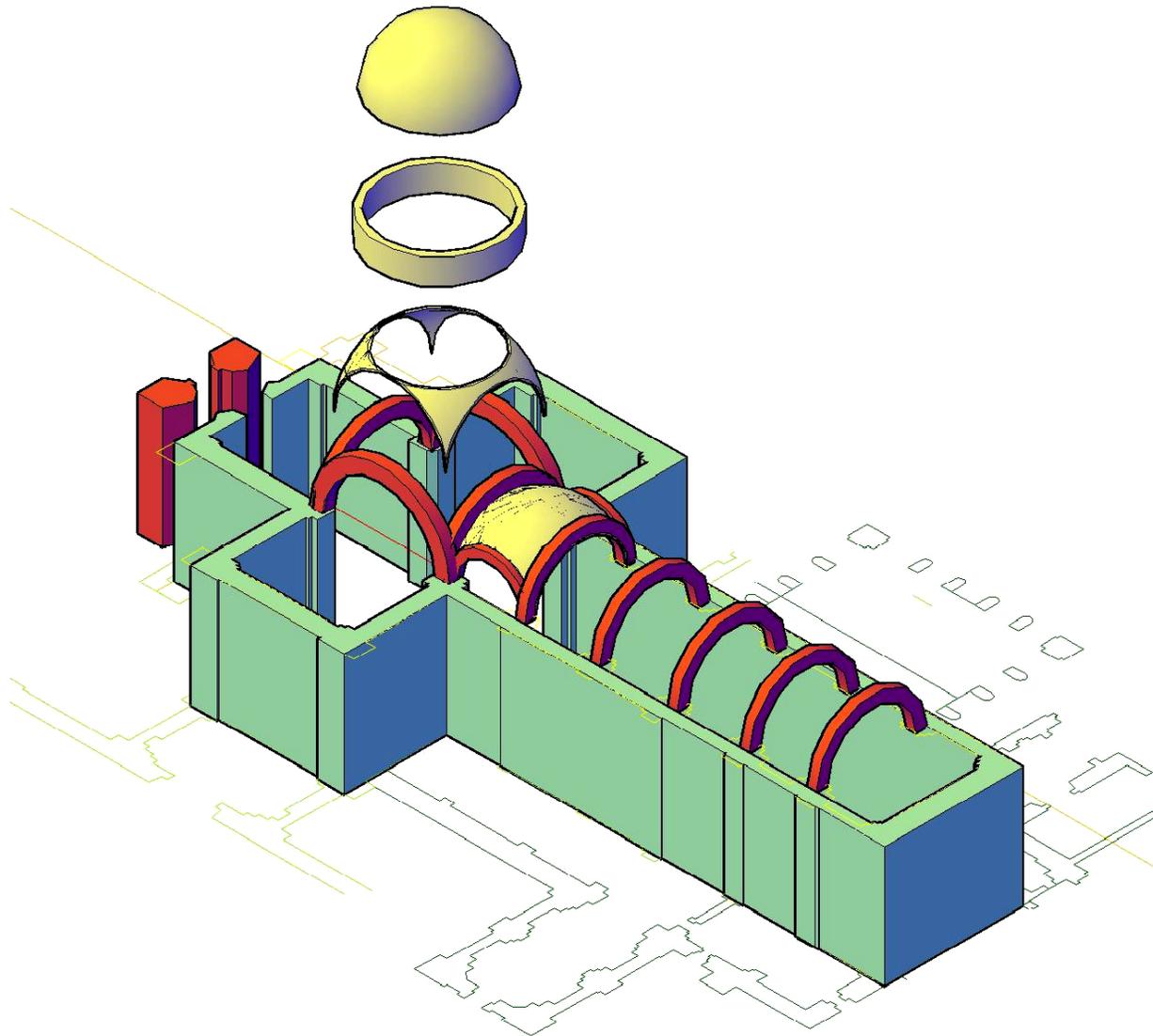


**Ilustración 68** Esquema del templo de San Francisco, Antigua Guatemala, elaboración propia.

Esquema del templo original de San Francisco, en Antigua Guatemala, arriba, proyección de la cubierta de madera, a la derecha, arriba, planta original de muros, abajo, a la derecha, planta modificada, en la cual se han incluido contrafuertes para sostener bóvedas.



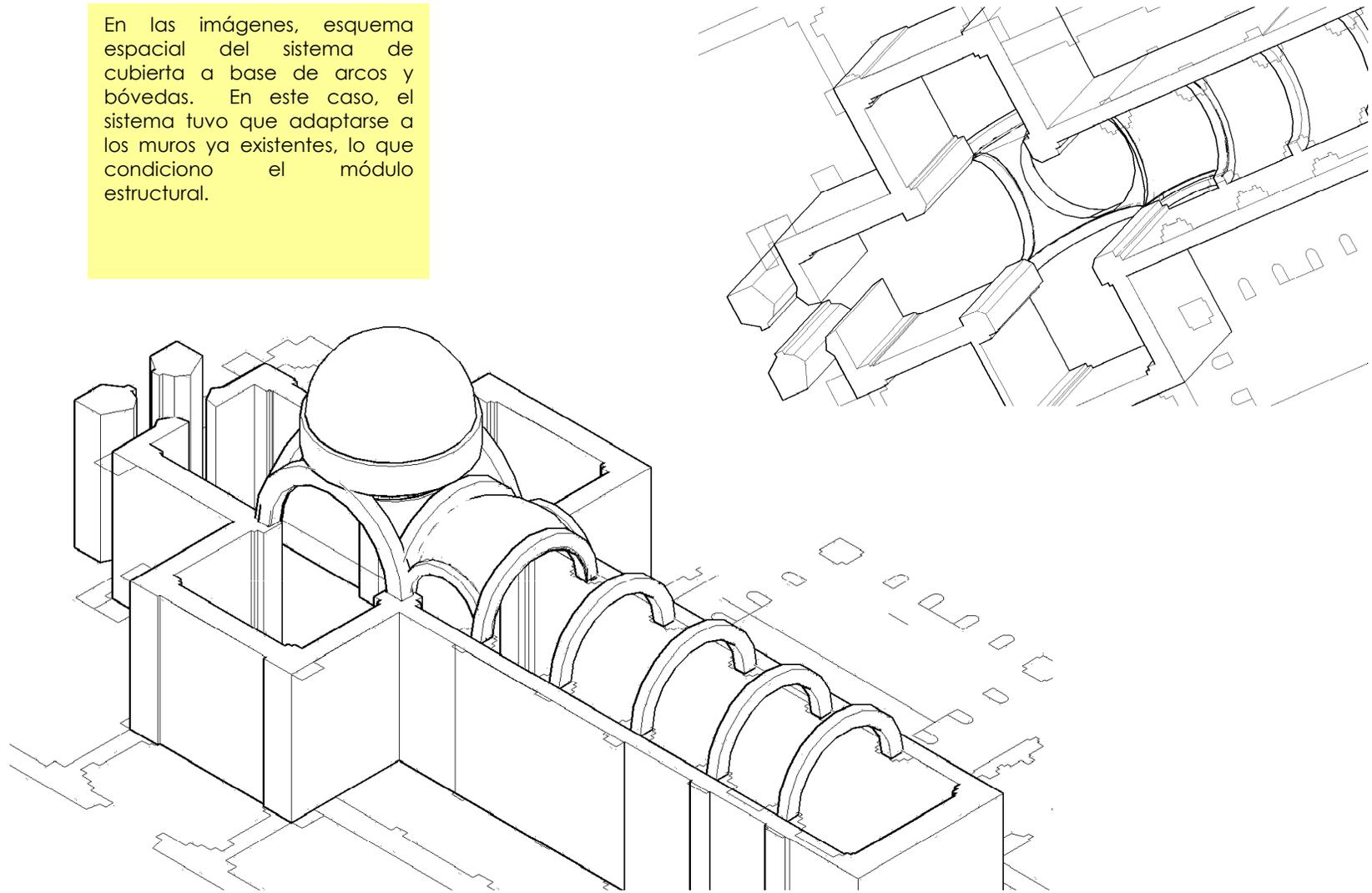
**Ilustración 69** Comportamiento estructural y elementos resistentes, templo de San Francisco, elaboración propia.



En la imagen a la izquierda, esquema de las modificaciones en el sistema estructural del templo de San Francisco, en Antigua Guatemala, al cambiar de cubierta de madera a un sistema de bóvedas y arcos.

**Ilustración 70** Modificación del esquema estructural templo de San Francisco, Antigua, elaboración propia.

En las imágenes, esquema espacial del sistema de cubierta a base de arcos y bóvedas. En este caso, el sistema tuvo que adaptarse a los muros ya existentes, lo que condiciono el módulo estructural.



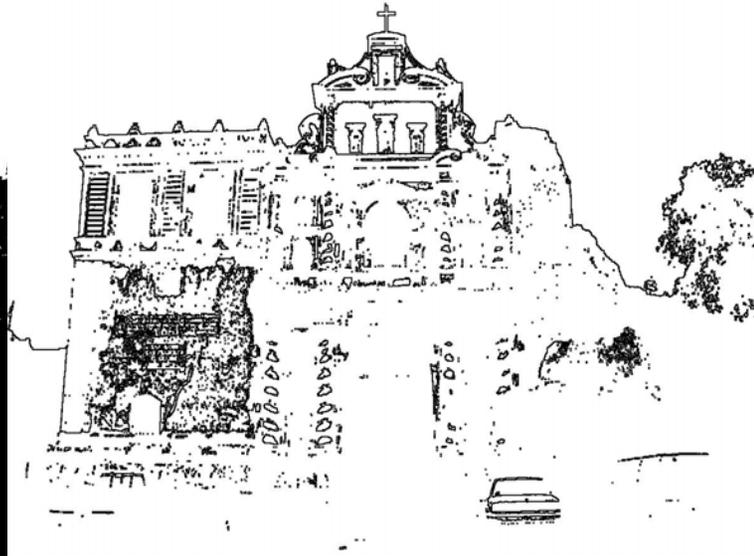
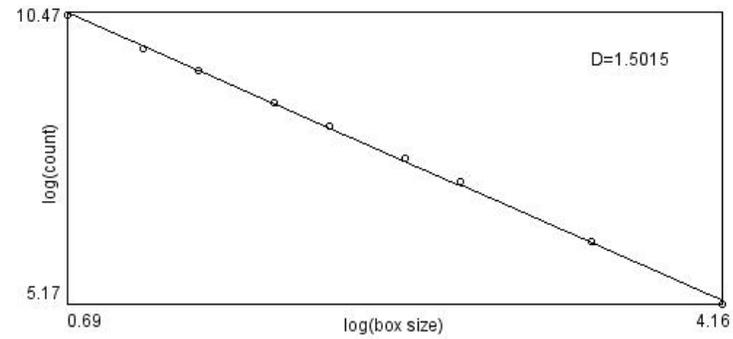
**Ilustración 71 Estructura estática y módulo estructural, templo de San Francisco, Antigua Guatemala, elaboración propia.**

### 8.5.2 Dimensión fractal templo de San Francisco

#### 8.5.2.1 Fachada Templo

2	33696
3	18549
4	12230
6	6902
8	4570
12	2533
16	1655
32	561
64	176

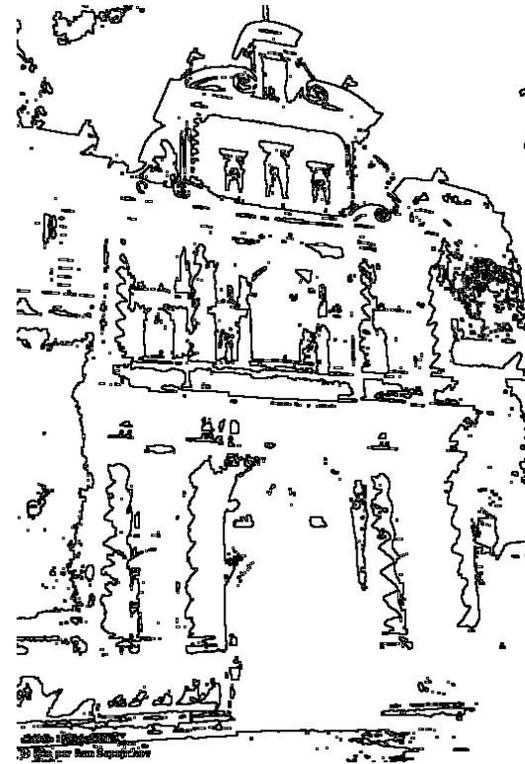
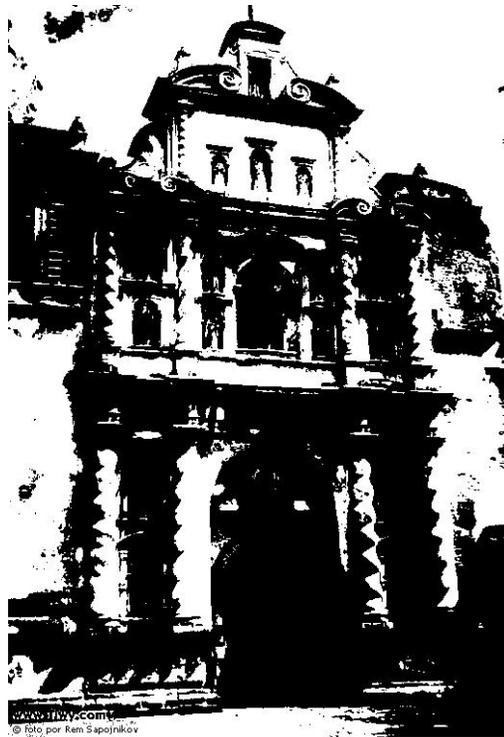
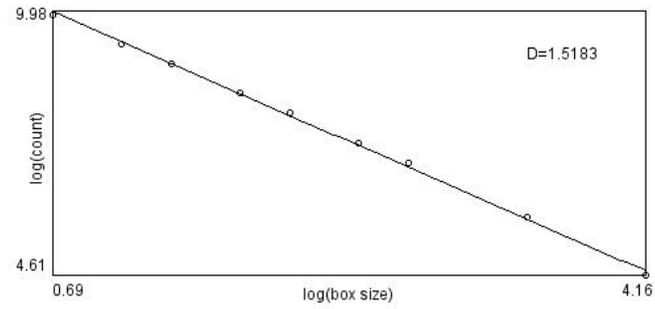
D=1.5015



**8.5.2.2 Fachada Templo, detalle**

2	20326
3	11104
4	7444
6	4154
8	2752
12	1504
16	981
32	327
64	100

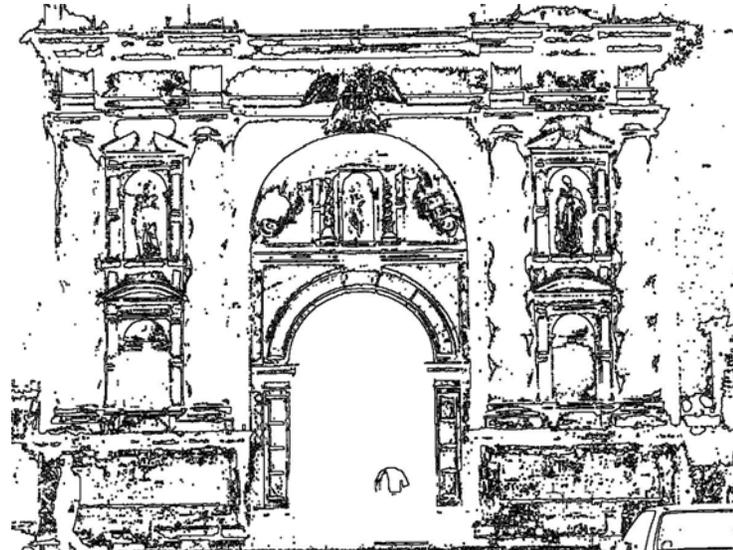
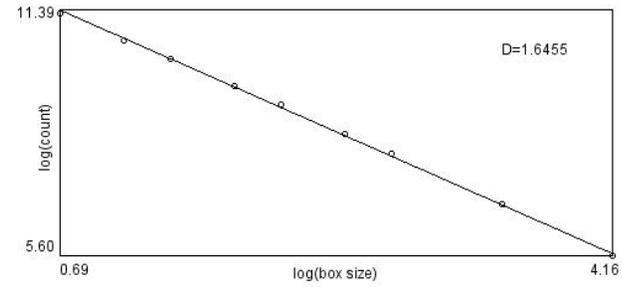
D=1.5183



### 8.5.2.3 Fachada Templo, primer cuerpo

2	82536
3	44097
4	28246
6	14983
8	9558
12	4859
16	3036
32	929
64	271

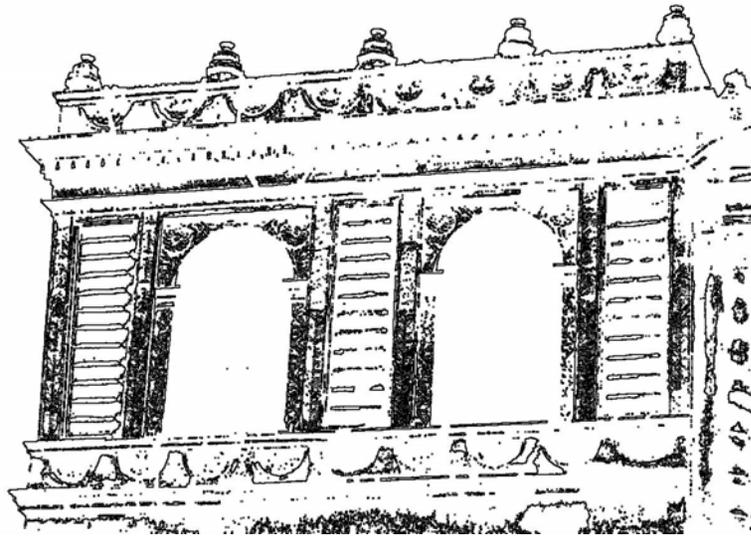
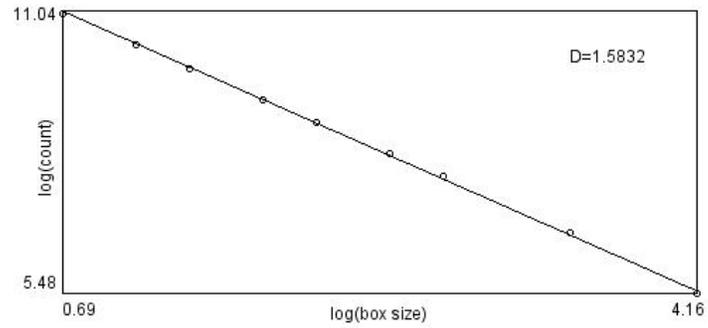
D=1.6455



### 8.5.2.4 Campanario

2	60593
3	32313
4	20546
6	11066
8	7100
12	3811
16	2473
32	798
64	239

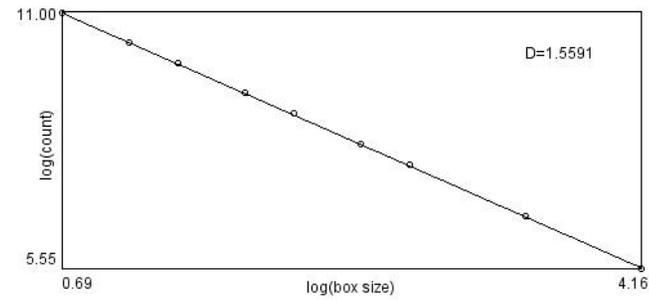
D=1.5832



### 8.5.2.5 San Buenaventura

2	58132
3	31187
4	20296
6	10857
8	7052
12	3683
16	2394
32	804
64	257

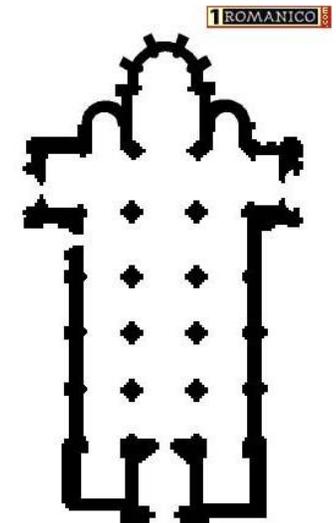
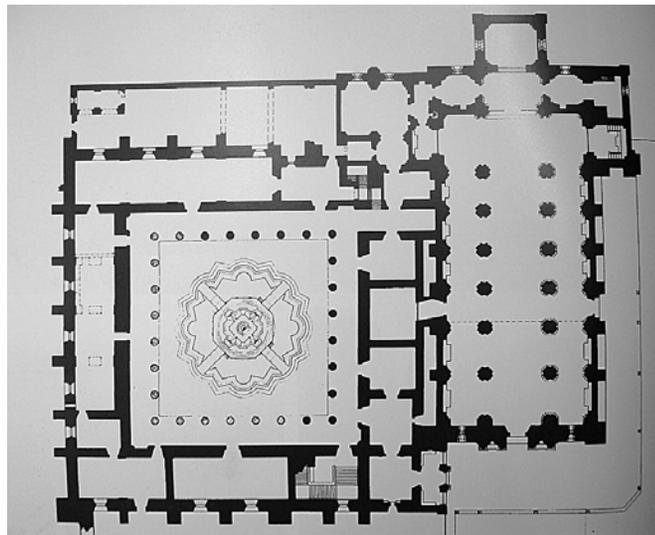
D=1.5591



## 8.6 Templo De La Merced

*“En la época de su construcción probablemente no fue un templo abovedado y tendría que haber sido mucho más angosto de haber tenido techo de madera... La Merced no compitió con Santo Domingo ni con San Francisco en tamaño en riqueza ni en desarrollo arquitectónico durante los dos primeros siglos de la historia de Santiago. Pero el gran templo que construyeron los mercedarios durante los últimos tres decenios antes de la destrucción de la ciudad, era un edificio imponente construido para resistir los terremotos y que sobrevivió a todos los demás”<sup>198</sup>*

Annis nos hace una reflexión, sobre la forma y proporciones del templo de La Merced, está mejor adaptado al medio y es un *sobreviviente*.



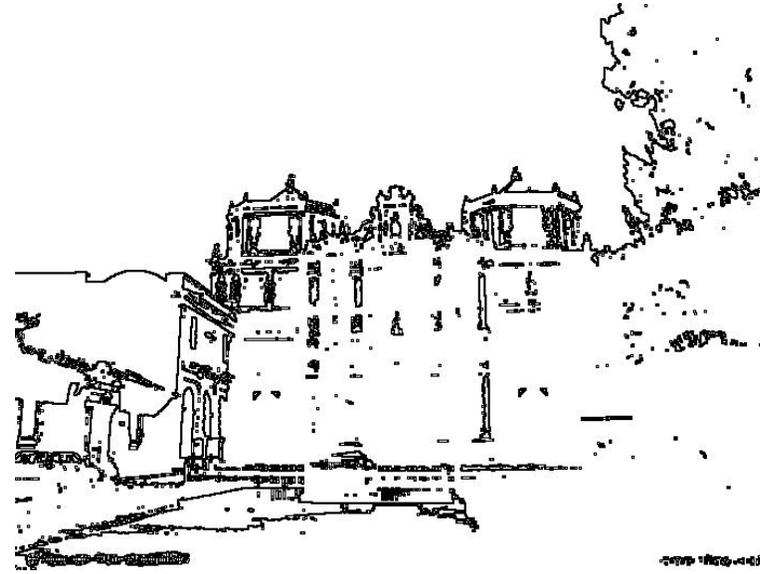
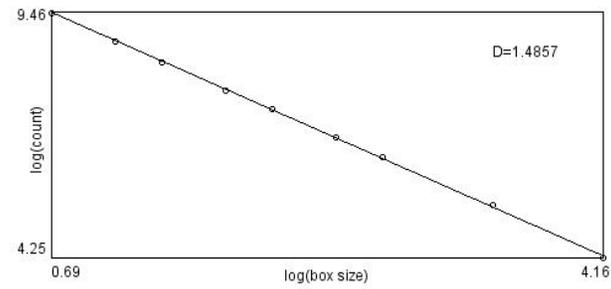
**Ilustración 72 Comparación Planta del templo de la Merced (1767) , con la planta de la catedral de Ciudad Rodrigo, Salamanca (1165), obsérvese la ubicación de apoyos, forma y proporción general de la planta.**

<sup>198</sup> Annis, Verle Lincoln, Op. cit. P. 89

**8.6.1 Dimension Fractal Templo De La Merced:**

2	12803
3	6935
4	4519
6	2434
8	1652
12	911
16	606
32	218
64	70

D=1.4857



## 8.7 El Templo Y Convento De Santa Teresa

RESEÑA HISTORICA SOBRE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL CONJUNTO DEL TEMPLO Y CONVENTO DE SANTA TERESA.

Los trámites de licencia de construcción (la autorización por parte del rey) duraron 71 años <sup>199</sup> debido a los engorrosos trámites burocráticos y requisitos de la iglesia.

Cuando finalmente es concedida, el 19 de septiembre de 1677, el convento comienza a funcionar en edificios de vivienda adaptados para las funciones del convento. Como es de suponer, la capacidad de dichas instalaciones fue colmada muy pronto, lo que llevó a la búsqueda de nuevas instalaciones.

Ante esta demanda surgió un mecenas, el Capitán don José Aguilar, que contacta al Arquitecto José de Porres para la construcción formal y ampliación del convento, colocándose la primer piedra el 17 de agosto de 1683 y terminada el 12 de abril de **1687**, en el programa de este edificio, ya se encuentra el templo y convento, con la firma del Arq. Porres.

El terremoto del 29 de septiembre de 1717 no ocasionó daños de consideración al templo, aunque sí al claustro<sup>200</sup>, sucesivos temblores fueron aumentando estos daños “[...] al convento hay que retecharlo y dotarlo de nuevos claustros construidos para que soportaran un segundo nivel. Se encontraba en tal estado que se hallaba expuesto a una ruina total por sus débiles paredes y cimientos” <sup>201</sup>

El convento de **1677** fue entonces demolido hasta sus cimientos, mas el templo fue conservado. El naciente convento estuvo a cargo de Diego de Porres, hijo de José de Porres, habiendo sido terminado el 11 de julio de **1743**. En el período comprendido entre esta fecha y los terremotos de Santa Marta fueron efectuados algunos trabajos de consolidación, de lo cual da cuenta el mismo Diego de Porres, “Reconocido el templecito y convento de monjas de Santa Teresa, hallo estar desde el cimborrio<sup>202</sup> hasta la portada abierto y rajado y el coro[...]"<sup>203</sup>

### Ilustración 73 Templo de Santa Teresa, elaboración propia

<sup>199</sup> Jorge Martín Ruiz Salazar, Restauración y puesta en valor del complejo arquitectónico del convento de santa Teresa de Jesús en la Antigua Guatemala, Tesis, Facultad de Arquitectura USAC, 1996, p. 61

<sup>200</sup> Ibid, p. 65

<sup>201</sup> En un documento de 1735, citado por Jorge Martín Ruiz Salazar, Op. cit. P. 65.

<sup>202</sup> Cimborrio: Cuerpo cilíndrico que sirve de base a la cúpula y en el que van practicados los vanos de iluminación.

<sup>203</sup> Ruiz Salazar, Op. cit. P. 66

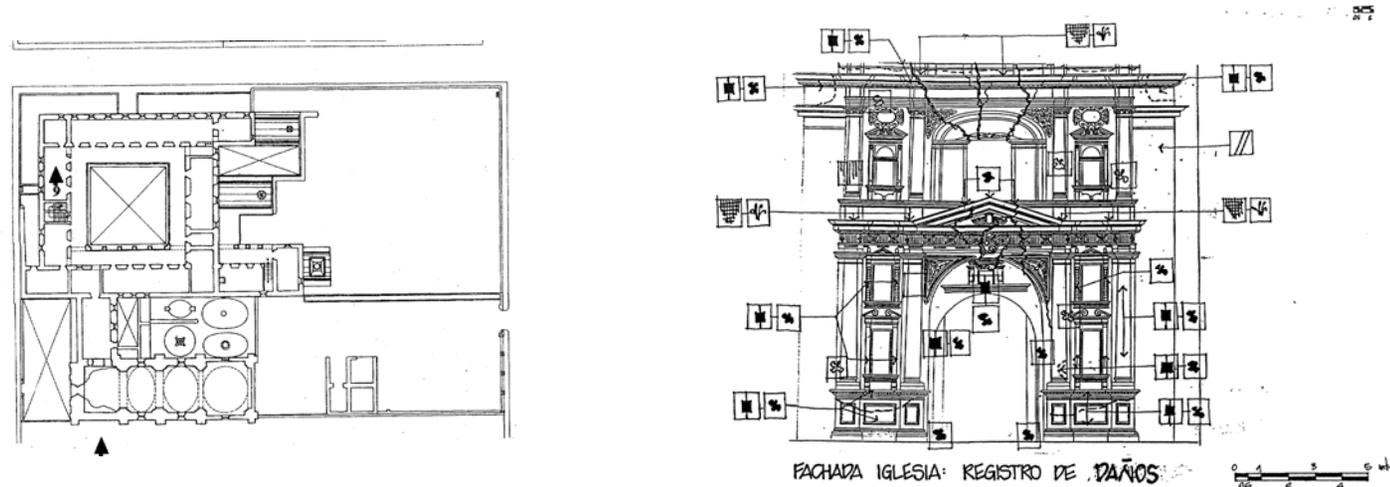


En el terremoto de 1773, fue el templo el que sufrió los mayores daños, con colapso total de la cubierta. El edificio fue construido, como era la costumbre en la época, con el sistema de calicanto, esto es, muros de piedra unidos con argamasa, con hiladas de ladrillo de barro cocido intercaladas con cierta frecuencia y utilizado en la construcción de arcos y bóvedas.

En el claustro del convento se utilizaron columnas masivas, **cilíndricas**, similares a las utilizadas en el claustro de Capuchinas, pero sin la reducción de sección o "éntasis"<sup>204</sup> utilizada en aquellas, y con arcos de tres centros en lugar de segmentos de círculo empleados en el anterior. La planta baja del claustro ha llegado a nuestros días en condición estable, habiendo soportado el terremoto de 1976.

El templo es de una sola nave, con bóveda en la Sacristía y el coro bajo, proporción en grosor de muros, exteriores = 1:3, interiores = 1:3<sup>205</sup>

El claustro muestra una planta cuadrada, simétrica, lo que le da una apropiada distribución de esfuerzos al momento de un sismo.

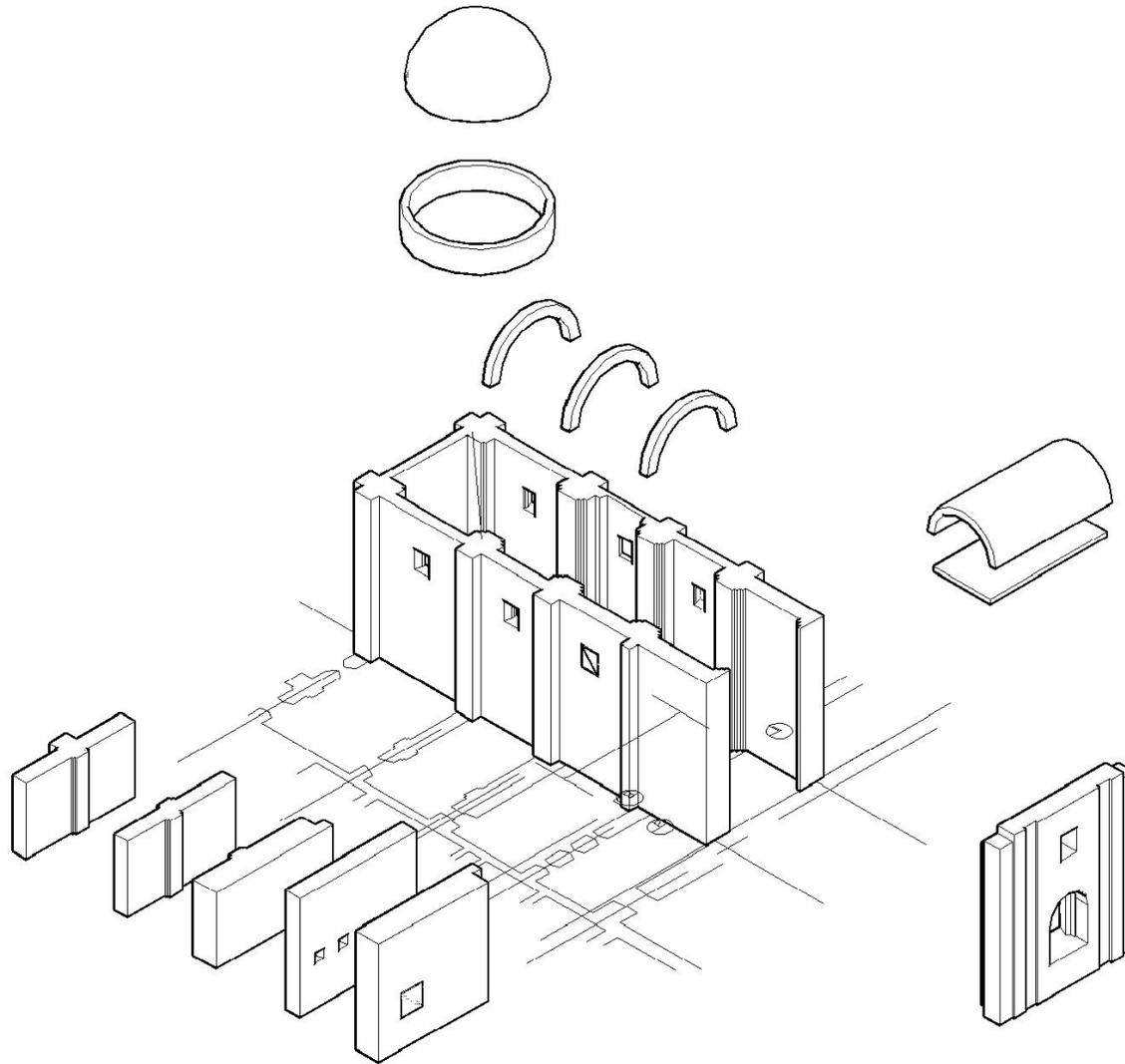


**Ilustración 74** Planta y elevación del templo de Santa Teresa.<sup>206</sup>

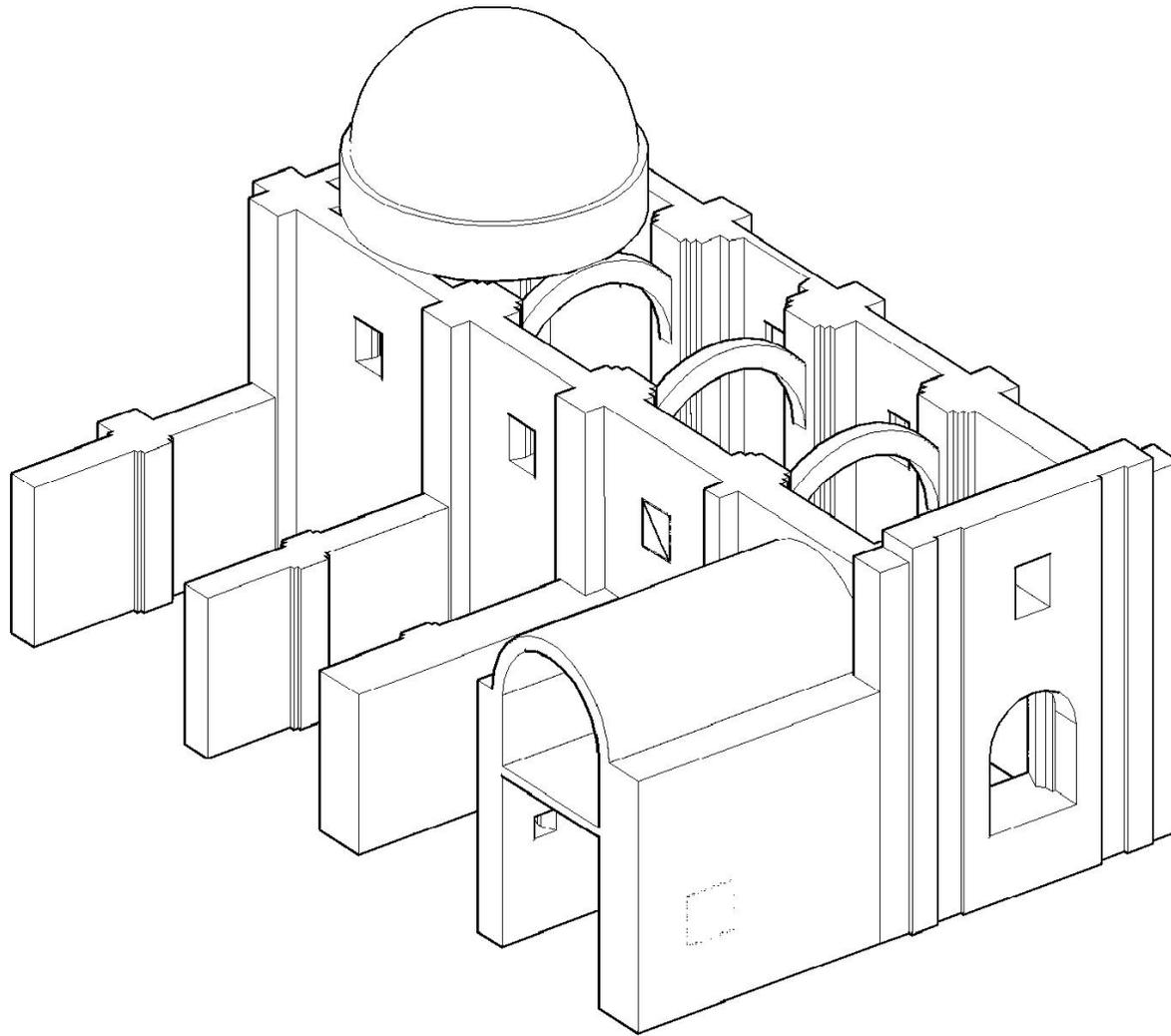
<sup>204</sup> Reducción de sección de columnas utilizada por los griegos para corregir la perspectiva de las mismas.

<sup>205</sup> Analy Mulet Torres de Coronado, Edgar Armando Díaz López, *El edificio circular del convento de Capuchinas, Antigua Guatemala*, tesis, Facultad de Arquitectura, USAC, 1994, p. 47

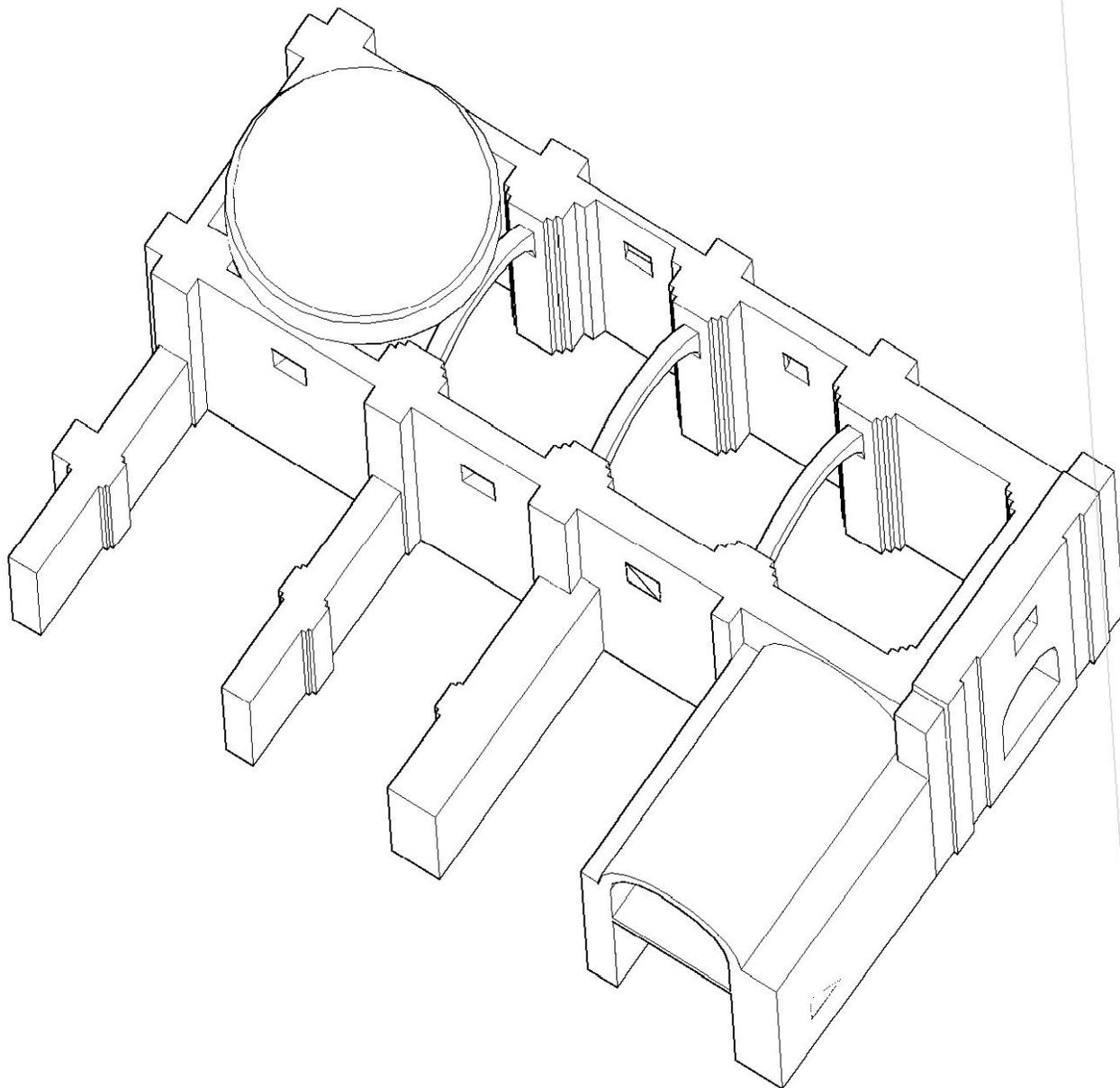
<sup>206</sup> *Ibidem*



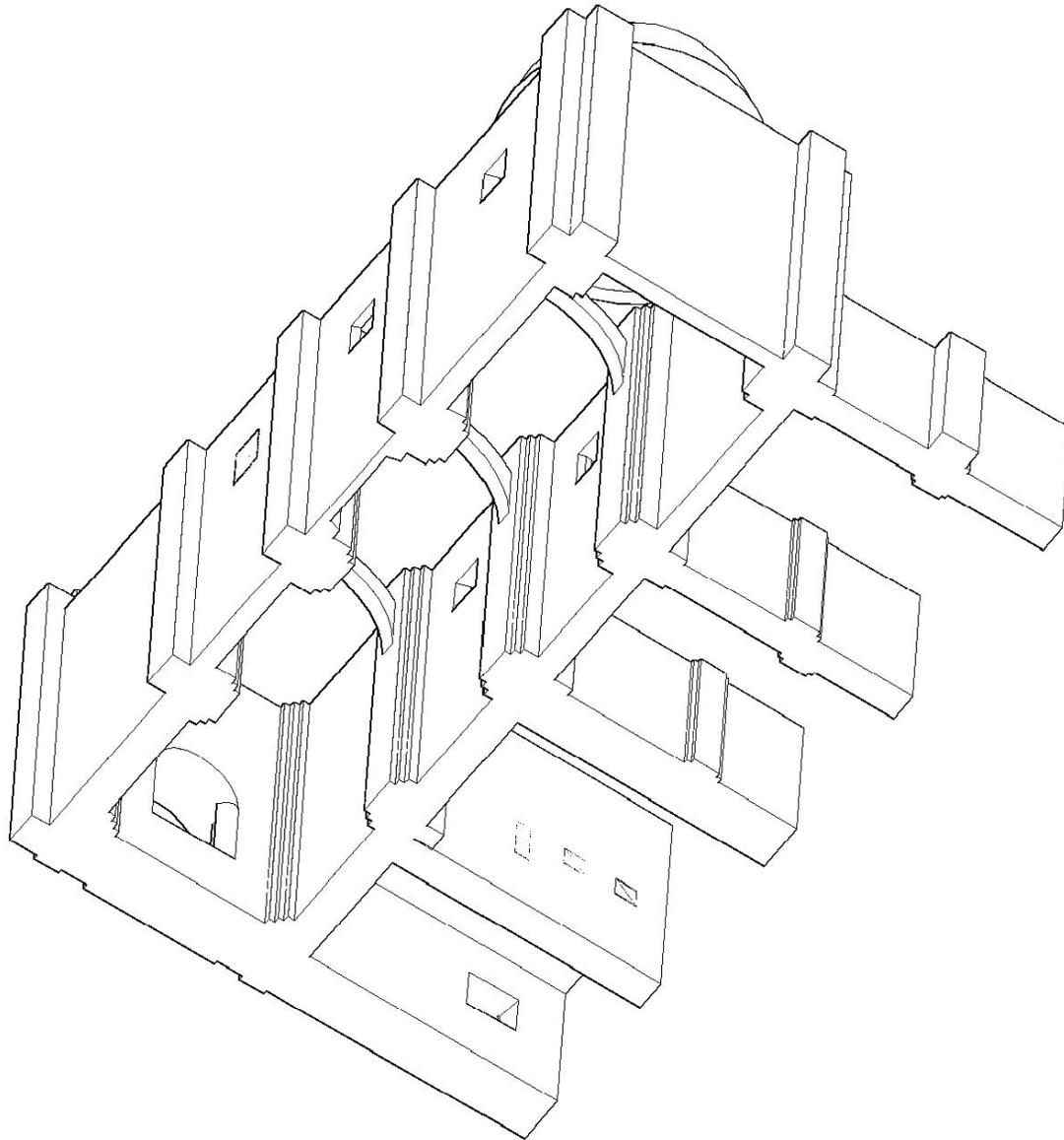
**Ilustración 75** Esquema estructural básico del templo de Santa Teresa, elaboración propia.



**Ilustración 76 Isométrico Templo de Santa Teresa, elaboración propia.**



**Ilustración 77 Vista superior, templo de Santa Teresa, elaboración propia.**



**Ilustración 78 Vista inferior, templo de Santa Teresa, elaboración propia.**

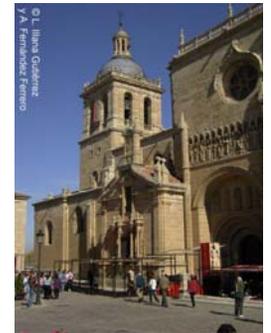
En las páginas precedentes, hemos hecho un esbozo de los antecedentes arquenéticos de los monasterios (o comunidades religiosas) en Antigua Guatemala. En regiones con características similares, se han dado respuestas similares, tal es el caso de regiones en el mundo con gran actividad sísmica como Filipinas, Sicilia, o Antigua Guatemala. Estas características se han tratado de conceptualizar bajo el término Barroco Sísmico, cuya expresión se aleja de la propia del barroco, al menos, como se expresó en Europa. Tienen como denominador común su existencia en áreas de fuerte actividad sísmica, predominio de la masa sobre el vano, fortaleza en su construcción, lo cual, bajo nuestra perspectiva, presenta características que lo acercan más al románico, en cuanto a sistema estructural se refiere;

*"The combination of the Native American and Moorish decorative influences with an extremely expressive interpretation of the Churrigueresque idiom may account for the full-bodied and varied character of the Baroque in the American and Asian colonies of Spain. Even more than its Spanish counterpart, American Baroque developed as a style of stucco decoration. Twin-towered facades of many American cathedrals of the seventeenth century had **medieval roots** and the full-fledged Baroque did not appear until 1664, when a Jesuit shrine on Plaza des Armas in **Cuzco** was built. Even then, the new style hardly affected the structure of churches."*<sup>207, 208</sup>

En otras palabras, nuevamente caemos en el plano esteático, en el sentido de que una estructura estática condiciona una estructura estética posterior. Más aún, en este caso, la estructura estática ha sufrido los embates de violentos sismos, condicionando las formas posibles, no aquellas del gótico, o del alto renacimiento, sino más bien, solo aquellas que hubieran sobrevivido a los sismos, es decir, las más aptas.

Podemos esbozar entonces una arquitectura guatemalteca, de la misma forma que Whiffen sugería una arquitectura "americana", mas no bajo lineamientos fijos, sino *variables en el tiempo*. En este tiempo, vemos una arquitectura fruto de la influencia occidental, en un ambiente sísmico. Ejemplos similares se observan tanto en el viejo mundo (Sicilia), como en Asia (Filipinas). Será pues, una arquitectura que busca la solidez, el refugio, sobre la transparencia y el espacio abierto, una arquitectura en conflicto, entre la difusión de la fe y el protestantismo, como motor aún vivo de nuestra sociedad, una arquitectura cuya solidez, empero, necesita como complemento, la complejidad.

**Ilustración 79 De arriba abajo, Iglesia de San Francisco (Lima, 1673), catedral ciudad Rodrigo (Salamanca, 1165), Duomo de Siracusa (Sicilia, 1765)**



<sup>207</sup> Wikipedia, enciclopedia on line, accesado en línea, diciembre 25, 2006

<sup>208</sup> "La combinación de influencias decorativas moriscas y nativas americanas, con la extrema expresión interpretativa del lenguaje Churrigueresco puede tenerse en cuenta para el cuerpo y carácter variado del Barroco en las colonias Americanas y Asiáticas de España. Mas que sus pares españolas, El barroco Americano desarrolló un estilo de decoración en estuco. Las fachadas de torres dobles de muchas catedrales americanas del siglo diecisiete tienen raíces **medievales** y la influencia plena del barroco no apareció hasta 1664, cuando se construye el sagrario Jesuita en la plaza de armas en Cuzco. Aun entonces, el nuevo estilo difícilmente afectó la estructura de las iglesias.



En las imágenes, arriba, San Pedro las Huertas, Antigua Guatemala.

A la derecha, de arriba abajo:  
Iglesia de Santo Tomás, Filipinas,  
Los Remedios, Antigua Guatemala,  
San Agustín, Filipinas (1694)  
La Merced, Antigua Guatemala  
(1767)



Santo Tomas Church, an example of "Earthquake Baroque"



San Agustine Church (Paoy), popularly known as "Paoy Church". Built in



**Ilustración 80 Especiación de iglesias "sísmicas".**

## 8.8 Conclusiones

La biogeografía de Darwin, plantea una difusión desde Europa hacia América, de los arques que luego proliferarían en las ciudades fundadas por los colonizadores tanto en el norte como en el resto de América.

En Europa se desarrollaba el Renacimiento, manierismo, barroco, entre otros, influencias estas que se reflejaron en el nuevo continente.

Sin embargo, dadas sus características, los nuevos territorios presentaron un perfil distinto al de la Europa Renacentista. Fue una época en la cual las órdenes religiosas, tal como había sucedido ya en la edad media, jugaron un papel predominante en el proceso de evangelización. Por esta razón, las características arquetípicas que presenta tal arquitectura son las de la edad media, estilo que ha sido bautizado por los historiadores como Románico.

Recordamos que en el Románico, la arquitectura se caracterizaba por la solidez, por la prevalencia de la idea de refugio, de fortaleza. No es de extrañar entonces, como hemos visto, que conventos como el de San Francisco, sean una copia fiel del patrón de diseño de los monasterios de los siglos XII y XIII como Saint Gall y Cluny.

Hacemos esta inferencia apoyándonos en la embriología, es decir, regresando a las características primarias, iniciales o embrionarias de la arquitectura, en nuestro caso, a la estructura estática, la cual, como vimos ya en el gótico, condiciona los esfuerzos subsiguientes. En el caso de aspectos estilísticos, los mismos han sido abordados con un enfoque diverso al tradicional, se les considera características innecesarias para la supervivencia del organismo, cuya presencia, sin embargo no afecta tampoco tal supervivencia. Para el análisis de estas características, se ha recurrido al análisis fractal, que ha mostrado que el nivel de complejidad de la fachada de San Francisco se mantiene en un rango de entre **1.50** y **1.65**, valores considerados altos, lo cual refleja el hecho de que aunque a nivel de la estructura estática los principios son apegados a la organización espacial derivada de la geometría euclidiana (cuyos arques básicos, cubo, esfera, pirámide se mantienen invariables) de matrices de líneas y puntos, el esquema de pensamiento guatemalteco, corresponde a una mayor complejidad en elevación, es decir, la *división en planos* esta presente, tal como pudo apreciarse en los ejercicios de lógica del libro 4. Más aún, la complejidad en la fachada de San Francisco es creciente, en un recorrido que muestra cada vez mas detalles.

El aislamiento relativo de las colonias, contribuyó a la involución de los estilos europeos imperantes en la época, cuya consecuencia fue una mayor adaptación a las condiciones de sismicidad propias de nuestra región, siendo las características climáticas de segundo orden.

Las observaciones anteriores, permiten esbozar dos nuevos planteamientos, en primer lugar, la identificación de ciertos patrones repetitivos, variaciones recurrentes que pueden derivar en leyes – las leyes de la esteática-. Adicionalmente, nos permiten ver un mapa arquetípico de la arquitectura guatemalteca, en la cual, la misma no es barroca, neoclásica, ni moderna, sino, más bien, románica, es decir, se mantienen las características buscadas en tal período, solidez, seguridad, refugio, fortaleza. Algunos autores han llamado a esta arquitectura el "barroco sísmico", sin demeritar ni negar este concepto, regresamos a lo planteado por Thomas Kuhn, en el sentido que la acepción del "*barroco sísmico*" constituye un paradigma para explicar la realidad, realidad esta que incluye una arquitectura que corresponde cronológicamente al barroco en Europa, formalmente en algunos elementos arquitectónicos, pero que difiere en otros.

Empero, como anotaba Kuhn, el modelo permanece hasta que aparece otro que explique mejor la realidad, o hasta que una serie de inconsistencias comienza a no ser justificada por el modelo, como lo planteado en este caso.



## LIBRO 9 SIGLO XIX - XXI:

---

**Estadio Flaminio (Roma)**

**Ejemplos contemporáneos**

Ilustración 81 Musee D'Orsay, elaboración propia.

## 9.1 Introducción

El estudio de casos de la antigüedad hasta el Renacimiento, y luego entre Europa y América, ha mostrado evidencia de un comportamiento de tipo evolutivo de la arquitectura similar al observado en los seres vivos. No es, sin embargo esta una analogía del tipo relativo al nacimiento, desarrollo y muerte de un ser vivo, la perspectiva empleada acá enfoca el desarrollo completo de especies y subespecies, es decir, de un conjunto de seres vivos, más que de entidades particulares y la transmisión de sus características. Este comportamiento puede ser definido, en base a algunas leyes y principios, que se esbozarán en el próximo libro. En este libro se analizarán por medio de la dimensión fractal, algunas obras realizadas del siglo XIX a la fecha, por otro lado, si en los seres vivos, la estructura ósea se caracteriza por su forma, la arquitectura, según lo planteado en este estudio, presenta similitudes, dado que en la definición de cualquier elemento estructural, una característica relevante es su sección.

## 9.2 Siglo XIX y XX

El siglo XIX marcó un cambio en la forma tradicional de construir y pensar la arquitectura, no sólo por la posibilidad de producción en serie, como fue acotado al inicio del presente estudio, sino por la capacidad hasta ese entonces inalcanzada, de unir dos elementos estructurales ancestrales: la viga y la columna, poste y dintel, o lo que algunos autores llaman trilitos.

Este hecho de apariencia insignificante, marcó el inicio de nuevos sistemas constructivos, abrió las puertas de la prefabricación, del moldeo de formas curvas, superficies regladas, pero sobre todo, como acotaba Candela en Hacia Una Nueva Filosofía De Las Estructuras, benefició a las estructuras del principio de continuidad, que hizo posible el desarrollo de nuevas formas con el nuevo material: el concreto reforzado.

Sin embargo, este desarrollo no fue particular de la arquitectura, nuevos materiales, técnicas y ciencias se desarrollaron en este siglo, como preludio a movimiento moderno del siglo XX, adicionalmente, nuevos problemas surgieron con la nueva eficiencia del material, dado que, en primer lugar, se desarrolló la tendencia a atribuir al material la responsabilidad del diseño estructural, es decir, confiar en materiales más resistentes, en lugar de un buen diseño, apegado a la lógica estructural.

La consecuencia fue un desarrollo paralelo en las artes y en la industria, con lo cual barcos, automóviles, artículos de consumo, tendían a parecer estar formados en base a un "guión", o a un "body-plan". Los efectos de esta similitud se analizarán en los ejemplos de este libro utilizando como herramienta la dimensión fractal.



Boeing 707 del 1955-57.



Cadillac del 1959.



Plancha del 1942.

**Ilustración 82 Diseño similar en diversos objetos producidos por el hombre.**<sup>209</sup>

Ahora bien, regresando a la continuidad en las ahora estructuras “monolíticas”, entre los primeros ensayos aparecen las estructuras de ferrocemento, es decir, las que integraban barras de acero colaborando en las áreas a tensión. Es posible trazar patrones evolutivos en la tecnología del concreto reforzado. Las primeras ideas fueron desarrollándose en los últimos decenios del siglo XIX y primeros del XX, involucrando a especialistas de diversas disciplinas. Sin embargo, el desarrollo fue lento, en 1927 por ejemplo, en un tratado de construcción encontramos lo siguiente:

*“En resumen, a pesar de las aplicaciones muy importantes que se han hecho, el hormigón armado es un procedimiento de construcción que no tiene todavía bases de cálculo absolutamente exactas y en el cual el cemento y el metal trabajan de una manera todavía incompletamente conocida”<sup>210</sup>*

No obstante, la introducción y desarrollo del concreto reforzado contribuyó a cambiar la forma de pensar y concebir la edificación y la arquitectura, fundamentalmente se pasó de la construcción tradicional, basada en **muros**, en los cuales había que plantear perforaciones, a un esqueleto, el cual había que cerrar:

*“En la arquitectura occidental, los edificios cívicos se han construido durante siglos de piedra y ladrillo. Por norma general, esos materiales han venido compartiendo las misiones portantes y de separación de ambientes en un mismo componente estructural. Sin embargo, durante los últimos 150 años, a partir del nacimiento de la construcción de **esqueleto** de hierro y de hormigón armado, el componente portante, medido en cantidad de material, ha decrecido claramente.*

<sup>209</sup> Crespo Cabillo, Isabel, Control gráfico de formas y superficies de transición, Tesis doctoral, UPC Universidad de Cataluña 2005, p. 43

<sup>210</sup> Barberot, E., Tratado Práctico de Edificación, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1927.

*Si uno de los principales problemas estructurales en la construcción de piedra y ladrillo era el de cómo hacer aberturas en las paredes, con la aparición del esqueleto de hierro o de hormigón armado, paso a suceder exactamente lo contrario, es decir, el problema se convirtió en el de cómo rellenar los huecos en una estructura reticular o de entramado. A menudo, las estructuras de revestimiento y de muros no eran primordialmente portantes”<sup>211</sup>*

Entre los principios de lógica estructural, se encuentra el hacer la estructura cada vez más ligera, con el fin de poder soportar mayor carga, adicionalmente, los esfuerzos de tipo axial son más eficientes, en cuanto a aprovechar mejor las características de resistencia de los materiales, frente a los esfuerzos de flexión, considerados menos eficientes que los primeros. En el cuadro siguiente, se observa las diferencias notables en las luces cubiertas con distintos sistemas estructurales, comenzando con las primeras estructuras, básicamente, a compresión simple, frente a estructuras más ligeras, cuyas mayores luces son producto de la posibilidad de soportar esfuerzos de tracción.

Durante el siglo XX, la discusión sobre las características de la nueva arquitectura, su rechazo a la estética de lo bello, originó diversas corrientes, dentro de las más destacadas, el modernismo, el cual, sin embargo, no promulgaba la ausencia de decoración. Entre los pioneros del uso de los nuevos materiales, con un criterio a la vez estructural y estético se encuentra, **Pier Luigi Nervi**, quien al igual que Bramante en su época, desarrolló con maestría varias obras en concreto armado, algunas antes de la segunda Guerra Mundial, lamentablemente, muchas de ellas fueron destruidas, por ejemplo, los hangares.

*“Pier Luigi Nervi, por ejemplo, habla de la colaboración entre tres agentes: arquitectos, ingenieros y constructores que aportan a la obra de arquitectura otras tantas componentes: la **estética**, la **estática** y la **técnica**. Nervi considera que una obra de arquitectura no lo es sino se construye o se define todo para que la construcción sea posible. Sin eso es sólo un dibujo. La definición de la forma de la obra arquitectónica debe, pues, incorporar, como un condicionante más, la precisión del cálculo tensional y la técnica constructiva y sus respectivas servitudes. Aunque, tal como opina Nervi, lo óptimo no es que haya una colaboración entre estética, construcción y estabilidad sino que sean tres caras de un mismo prisma, que intervengan a la par en el diseño de la obra”<sup>212</sup>*

---

<sup>211</sup> Leupen, Bernard, et al., Proyecto y Análisis: Evolución de los principios en arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999

<sup>212</sup> Crespo Cabillo, Isabel , op. Cit., p. 44

Eduardo Torroja comenta sobre el mismo tema:

*"Pero sin olvidar que el cálculo no es más que una herramienta para prever si las formas y dimensiones de una construcción, simplemente imaginada o ya realizada son aptas para soportar las cargas a que ha de ser sometida. [...] Pero todo proyectista que olvide sus principios, está expuesto a grandes fracasos. El nacimiento de un conjunto estructural, resultado de un proceso creador, fusión de técnica con arte, de ingenio con estudio, de imaginación con sensibilidad, escapa del puro dominio de la lógica para entrar en las secretas fronteras de la inspiración."*<sup>213</sup>

La contribución del concreto reforzado al lenguaje arquitectónico reside en la posibilidad de reducir las secciones, al involucrar al mismo tiempo columna y dintel, es decir, transmitiendo los esfuerzos, dado su monolitismo y continuidad.

---

<sup>213</sup> Crespo Cabillo, Op. cit., p. 45

### 9.3 Estadio Olímpico Flaminio, Corso Francia, Palazzeto Dello Sport. Roma 1957-59 Antonio Nervi y Pier Luigi Nervi.



Corp. e/o i suoi fornitori. Tutti i diritti riservati.

Mapa 12 Ubicación del estadio Flaminio

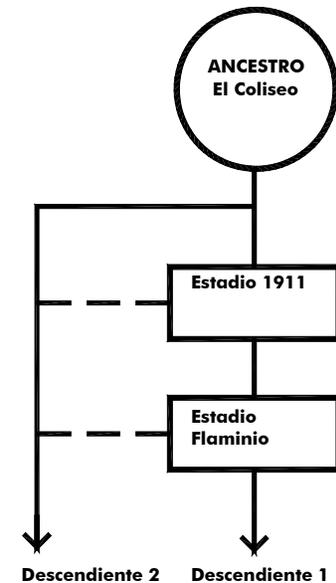
Estructuras monolíticas	
Corte Transversal Estadio Flaminio	
<b>Ancestro</b>	El coliseo
<b>Pariente</b>	El teatro
<b>Descendiente</b>	
<b>Función</b>	Deportiva
<b>Rango de luz cubierta</b>	Mediano (14.5 m) en los voladizos
<b>Material</b>	Concreto
<b>Movilidad</b>	Inmóvil
<b>Rango de esfuerzo de trabajo</b>	Alto. En los elementos a flexión, llevado al límite de resistencia de los mismos.
<b>Obras preliminares requeridas</b>	Andamios, grúas



**Ilustración 83 Estadio Flaminio** <sup>214</sup>

Construido para los juegos olímpicos de Roma (1960, ver ubicación en página anterior), con una capacidad de 55,000 espectadores, es el producto de un concurso, ganado por Pier Luigi Nervi y Antonio Nervi. Entre los requisitos de diseño se debió partir de otro estadio anterior, proyectado en 1911, adicionalmente, se debía dejar espacio bajo gradas para otras actividades.

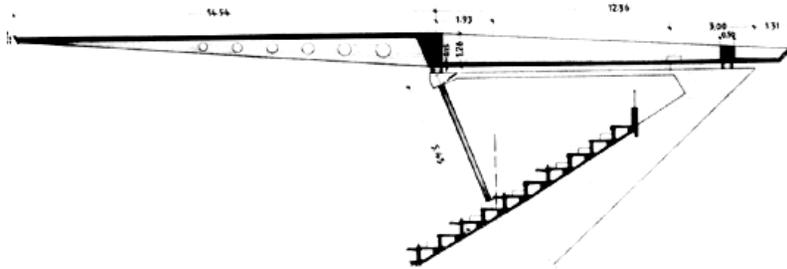
*"Toda la construcción se hizo de hormigón armado y se utilizó el vertido in situ para las costillas que recibirían todo el entramado de graderíos rigurosamente estudiados para ser construidos con piezas prefabricadas.... La parte en voladizo...es una lámina de hormigón armado plegada. De manera que el extremo del voladizo sigue una línea recta horizontal y en los empotramientos, en cambio, sigue un zigzag. Esta forma hace que la superficie ofrezca mayor resistencia al momento flector allí donde se necesita [...]"*<sup>215</sup>



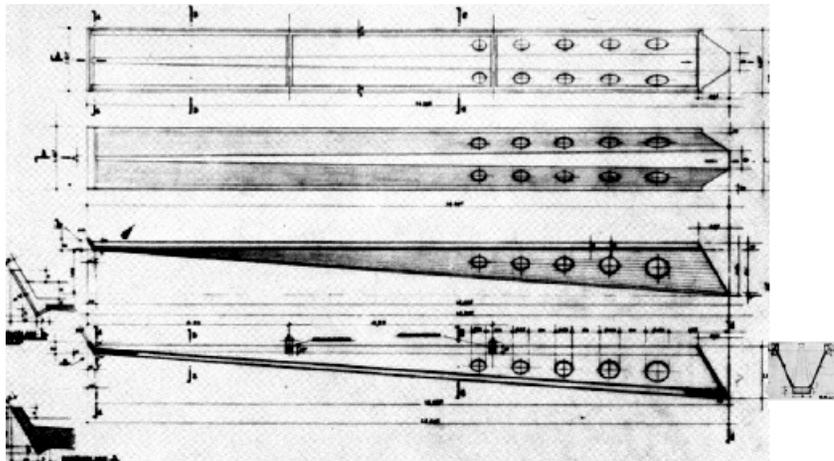
<sup>214</sup> Crespo Cabillo, Op. cit., p. 45

<sup>215</sup> *Ibídem*

Sin embargo, el genio indiscutible de Nervi se manifiesta en la solución de la cubierta del graderío, la cual, emplea la máxima eficiencia en el uso del material, proveyendo al mismo tiempo, mayor profundidad de organización visual, es decir, dimensión fractal.



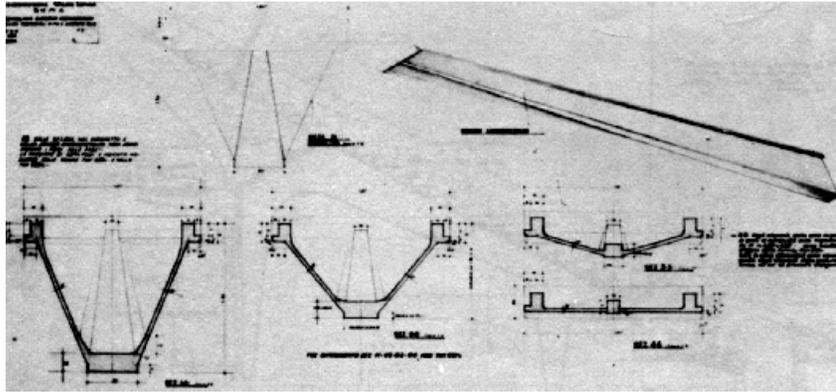
**Ilustración 84 Voladizo del estadio Flaminio, Roma, a la derecha, proceso de montaje.** <sup>216</sup>



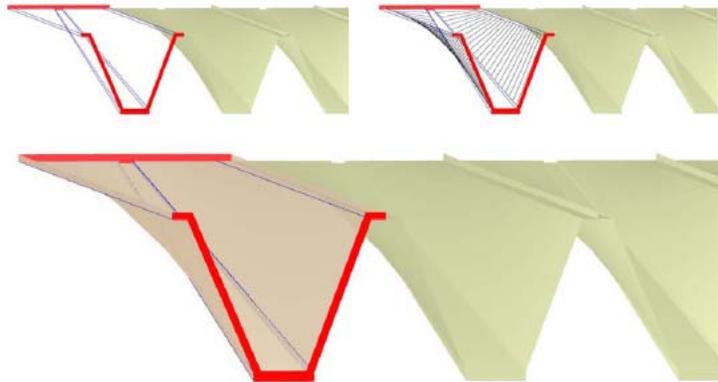
**Ilustración 85 Plantas y alzado del voladizo del estadio Flaminio, Roma.** <sup>217</sup>

<sup>216</sup> Crespo Cabillo, Op. cit., p. 158

<sup>217</sup> Ibidem



**Ilustración 86 Variación de sección en voladizo estadio Flaminio, a la derecha, vista general.** <sup>218</sup>



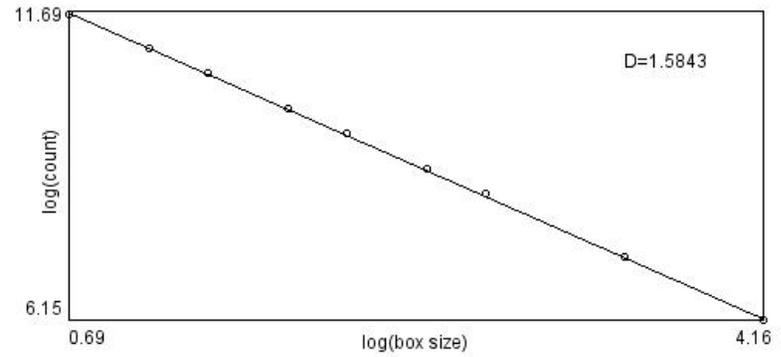
**Ilustración 87 Esquema compositivo de la cubierta del estadio Flaminio, Roma.** <sup>219</sup>

<sup>218</sup> Crespo Cabillo, Op. cit., p. 159

<sup>219</sup> Ibid, p. 160

**Estadio Flaminio, dimension fractal**

2	115164
3	61491
4	39782
6	21193
8	13608
12	7239
16	4580
32	1467
64	470



D=1.5843



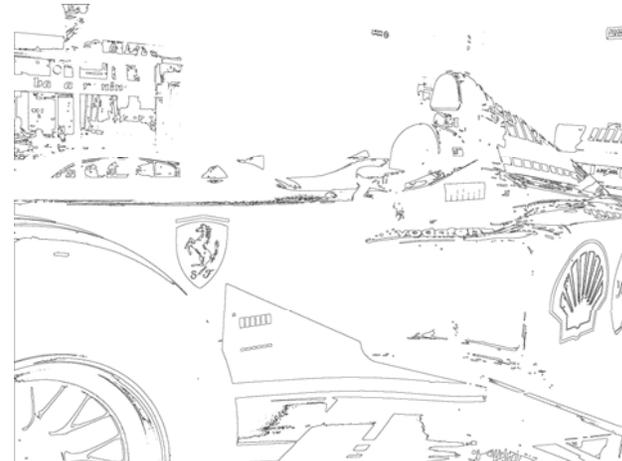
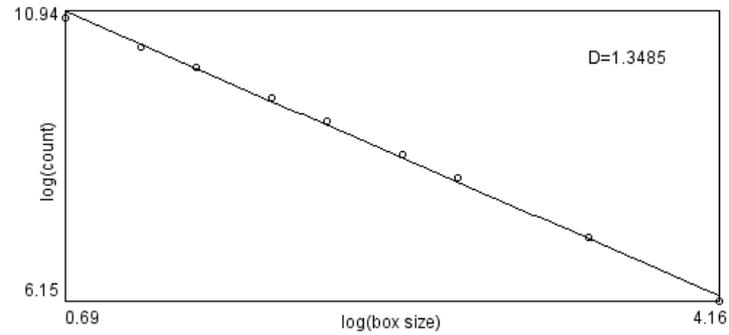
## 9.4 Dimensión Fractal, Ejemplos Contemporáneos

### 9.4.1 La Ferrari

Ferrari es una casa automotriz conocida por la finura de su diseño, pero ¿Cuál es la dimensión fractal del mismo?

2	50394
3	31749
4	22525
6	13537
8	9304
12	5406
16	3611
32	1353
64	471

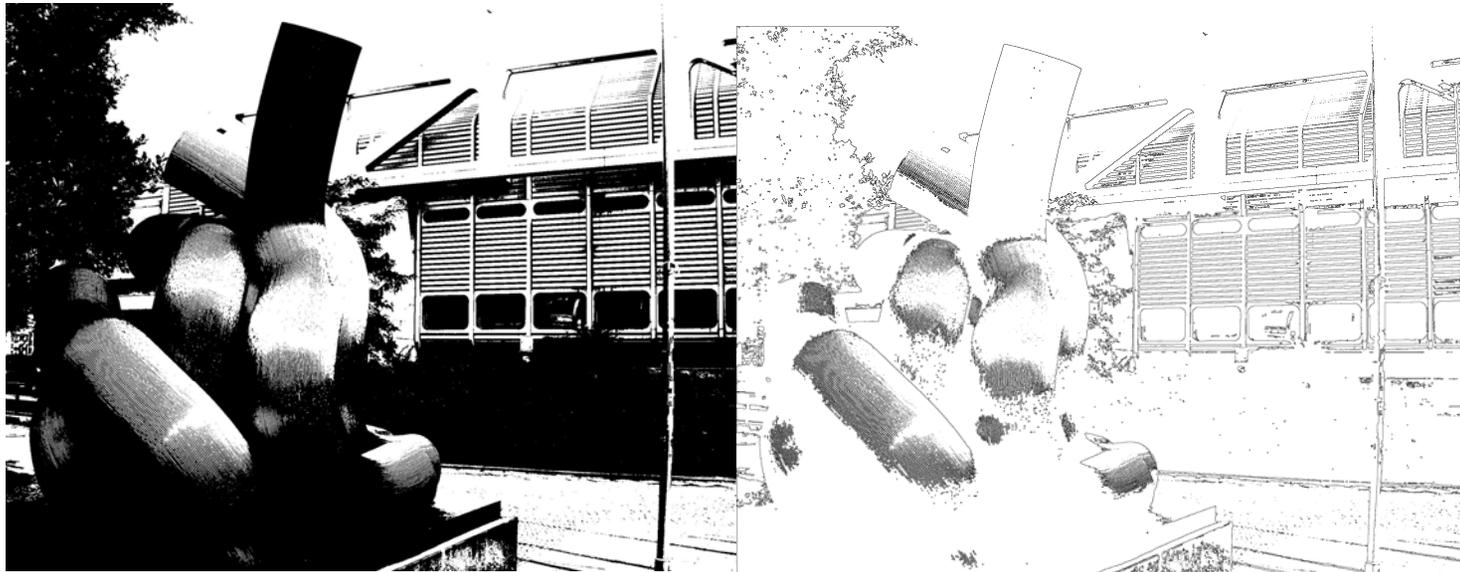
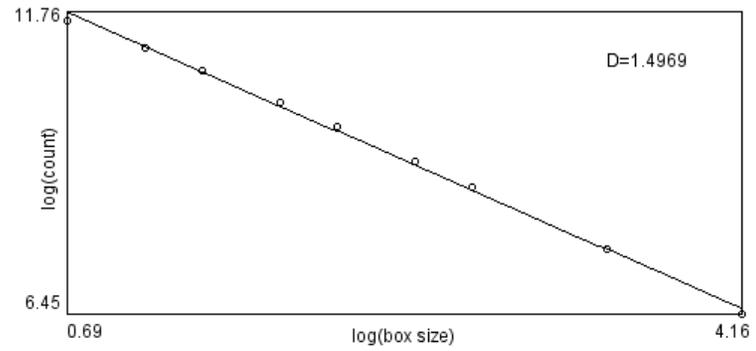
**D=1.3485**



**9.4.2 Centro De Convenciones En Berlín**

2	110406
3	67731
4	46179
6	26260
8	17349
12	9438
16	6019
32	1987
64	632

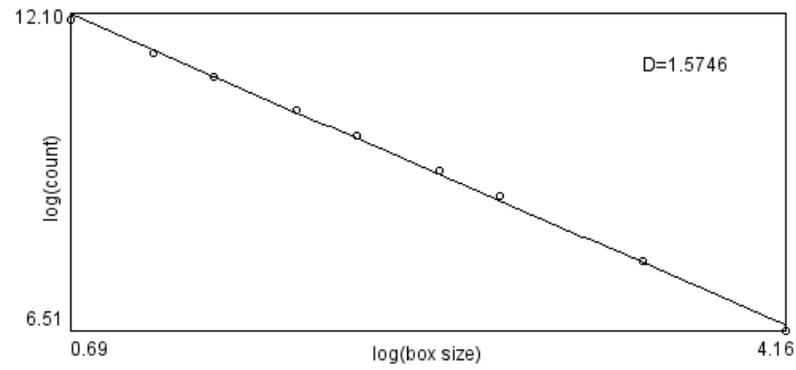
D=1.4969



**9.4.2 Musee D'Orsay (París)**

2	166045
3	91423
4	60044
6	33242
8	21470
12	11580
16	7376
32	2364
64	674

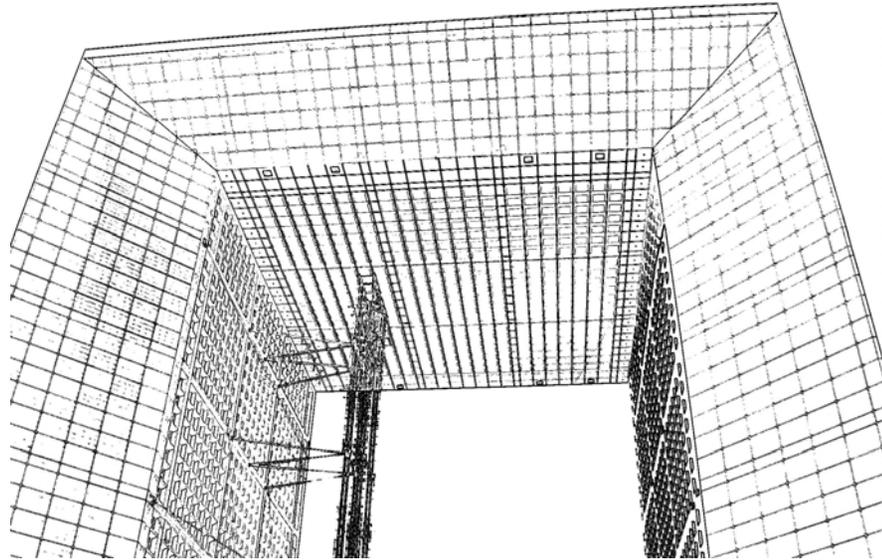
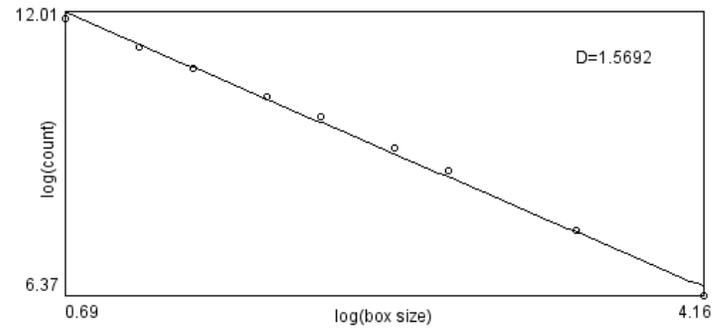
D=1.5746



**9.4.3 La Defense (París)**

2	143775
3	81576
4	54596
6	31013
8	20489
12	11168
16	7111
32	2176
64	586

D=1.5692

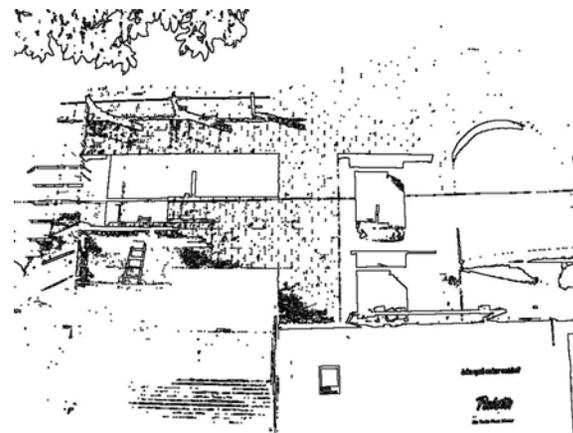
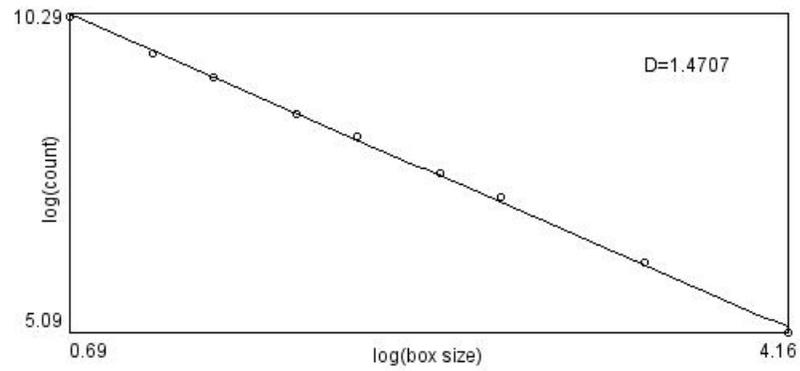


**9.4.4 Edificio Comercial En La Zona 9**

(En construcción, 2007)

2	28101
3	15635
4	10519
6	5805
8	4004
12	2227
16	1503
32	510
64	162

D=1.4707

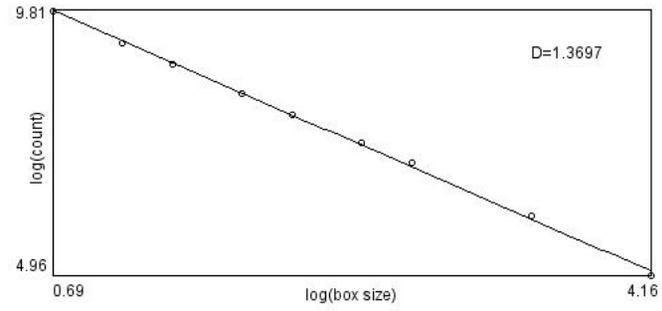


**9.4.5 Antiguo Edificio Del Banco Empresarial**

(Actual edificio sede del Ministerio de Trabajo)

2	18100
3	10134
4	6903
6	3978
8	2751
12	1623
16	1143
32	433
64	143

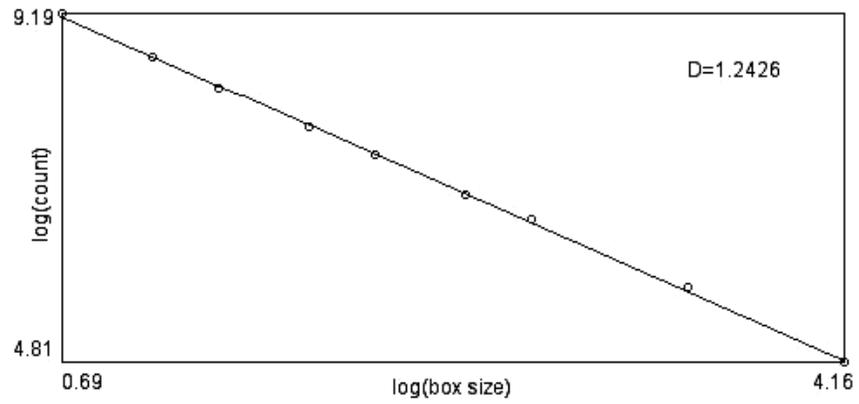
D=1.3697



Detalle

2	9751
3	5671
4	3883
6	2385
8	1691
12	1023
16	740
32	316
64	123

D=1.2426

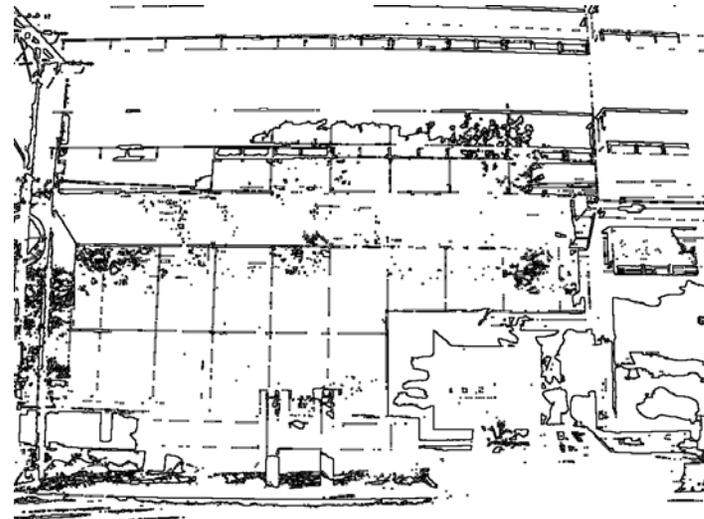
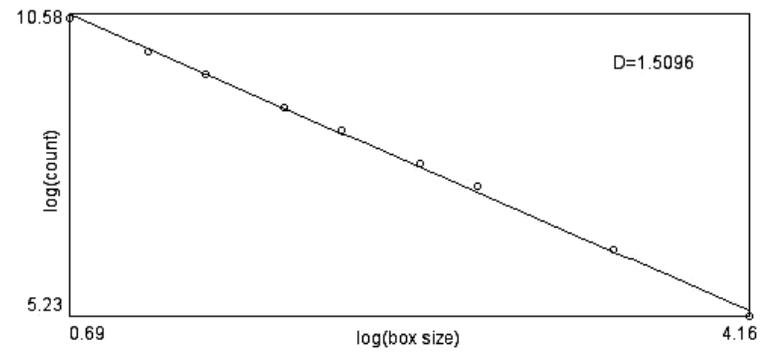


**9.4.6 Sede Central Sat**

(Antiguo edificio del Banco del Ejército, zona 9)

2	37059
3	20518
4	13462
6	7496
8	5067
12	2784
16	1863
32	610
64	186

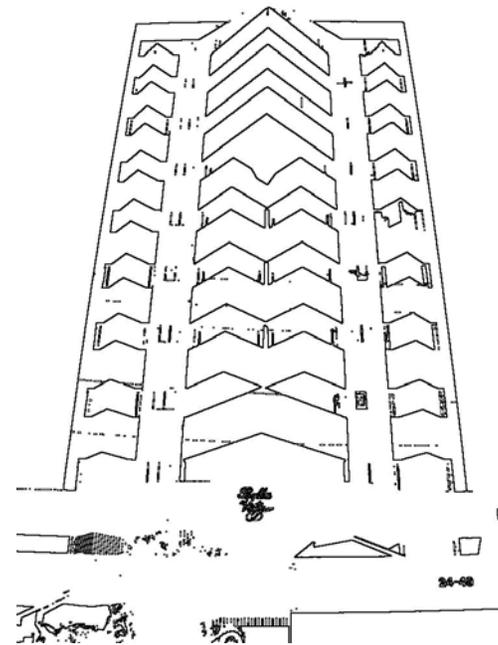
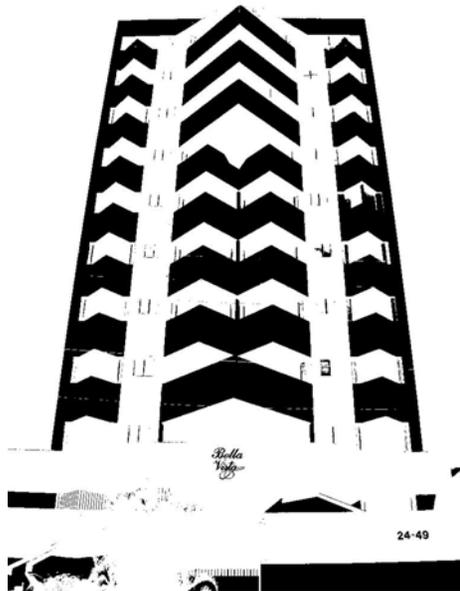
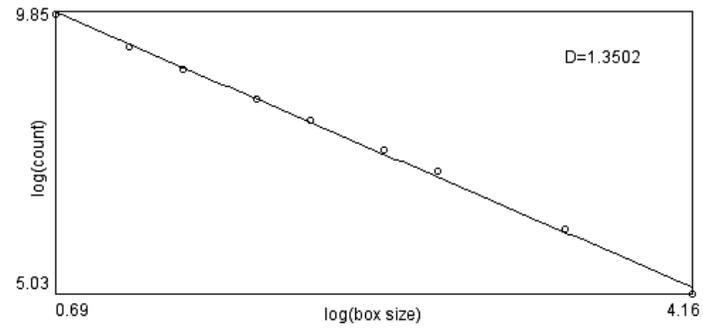
D=1.5096



**9.4.7 Condominio Bella Vista, Zona 13, ciudad de Guatemala**

2	18155
3	10559
4	7167
6	4268
8	2981
12	1817
16	1257
32	471
64	153

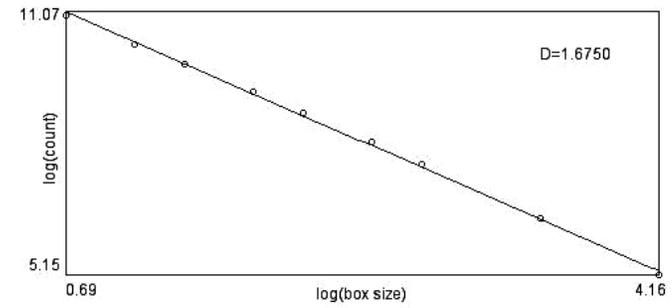
D=1.3502



### 9.4.8 Catedral Metropolitana de Guatemala

2	59011
3	31157
4	19979
6	10617
8	6733
12	3471
16	2102
32	624
64	172

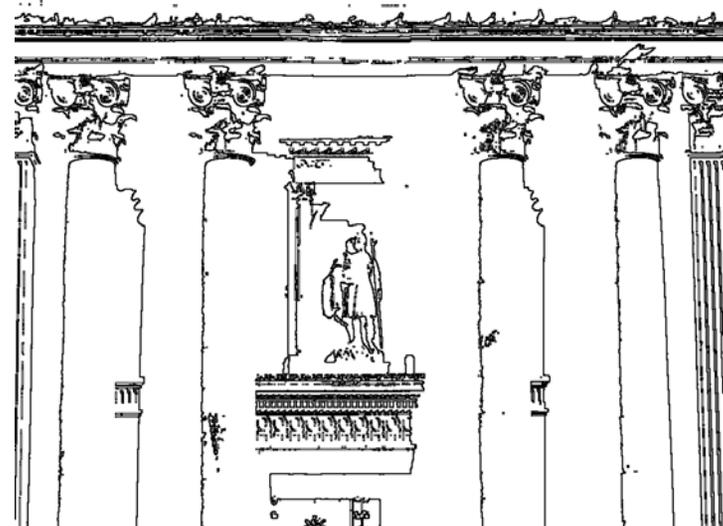
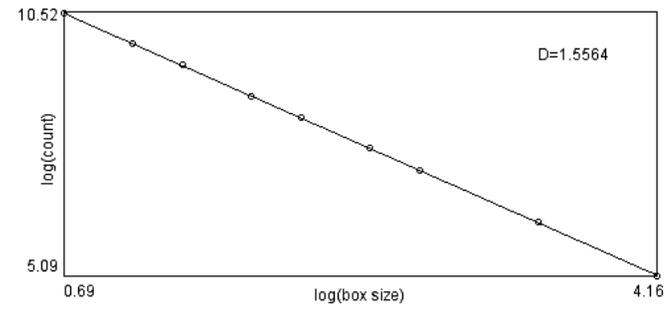
D=1.6750



Detalle

2	36588
3	19590
4	12627
6	6703
8	4309
12	2308
16	1459
32	509
64	163

D=1.5564



### 9.5 Resultados Del Análisis Fractal

La dimensión fractal de las obras estudiadas es la siguiente:

Ferrari	1.3485	
Centro de Convenciones Berlín	1.4969	
Musee d'Orsay	1.5746	
La Defense	1.5692	
Construccion en zona 9	1.4707	
Banco Empresarial	1.3697, det.	1.2426
Bella Vista	1.3502	
SAT	1.5096	
Catedral	<b>1.6750</b> det,	1.5564

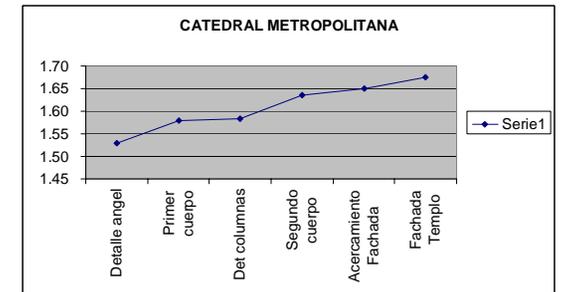
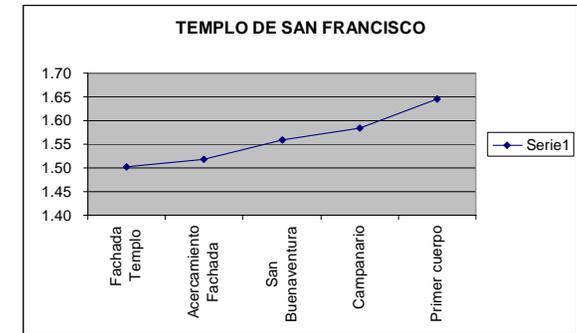
Estos resultados muestran que:

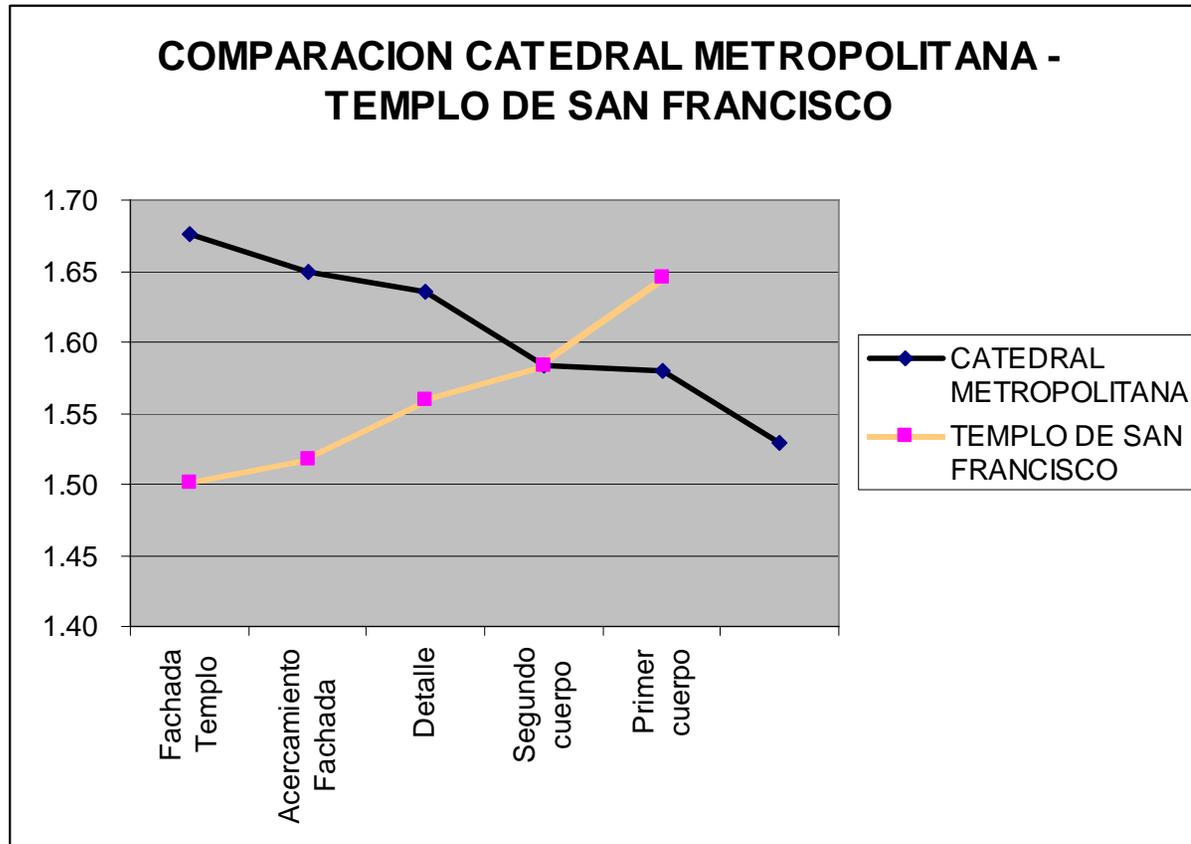
En el caso de la Catedral Metropolitana, su dimensión fractal es la mayor de todas, manteniendo al acercarnos valores similares, es decir, mayor profundidad de organización.

Los edificios "modernos", mantienen valores relativamente bajos, 1.36 para el Banco Empresarial, 1.35 para el Edificio Bella Vista, observándose una mayor reducción en los detalles (1.24), en otras palabras, una profundidad de organización menor.

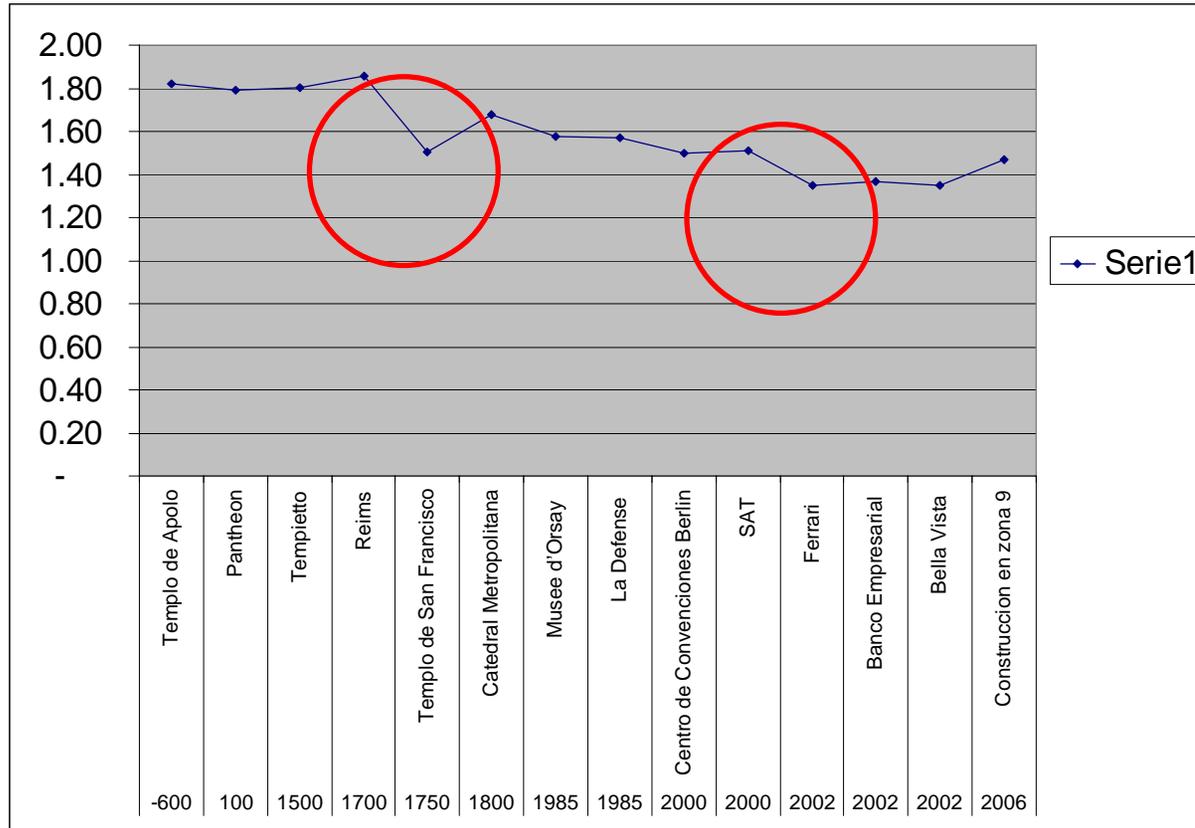
Los valores de estos edificios se asemejan a los del Ferrari, lo cual establece una relación de parentesco visual al arrojar valores similares tanto en arquitectura como en automovilismo, es decir, como productos contemporáneos con similar profundidad de organización.

Paradójicamente, el edificio acristalado de SAT, presenta valores relativamente altos, similares a obras Europeas (1.50) presentando la reflexión siguiente: El edificio no presenta complejidad, pero refleja la naturaleza y arquitectura circundante "copiando" o imitando su complejidad.





El análisis comparativo de la dimensión fractal del templo de San Francisco en Antigua Guatemala y el de la catedral Metropolitana de esta ciudad capital, difiere en el sentido de la profundidad de organización. Creciente, para el Templo de San Francisco, Decreciente para la catedral Metropolitana.



El análisis comparativo de la dimensión fractal de la antigüedad a nuestros días, muestra variaciones periódicas, con puntos mínimos y máximos.

## 9.6 Generalización Inductiva

La variación de la dimensión fractal provee el input necesario para la elaboración del modelo de análisis, en el cual se representan vectores tomando en cuenta la fecha (X), la región geográfica (Y), y el valor de la dimensión fractal (Z).

En el gráfico a canto se han representado los valores así determinados de algunos de los casos estudiados, determinándose el centroide (el cruce de la unión de los puntos extremos de los valores encontrados, alrededor del cual gravita el gráfico).

El gráfico es un modelo dinámico, de tipo esteático, el cual permite inferir sobre el comportamiento probable de los valores fractales obtenidos por medio de interpolación de los valores extremos.

De esta forma, es posible observar cómo, en el caso europeo (2-4), los valores inicialmente son altos comenzando con el templo de Apolo en Paestum, iniciando una pendiente pronunciada al llegar al siglo XX.

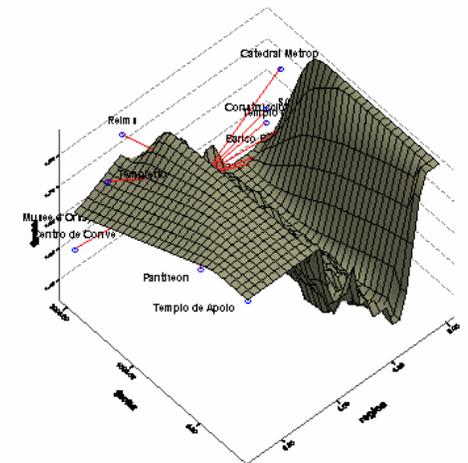
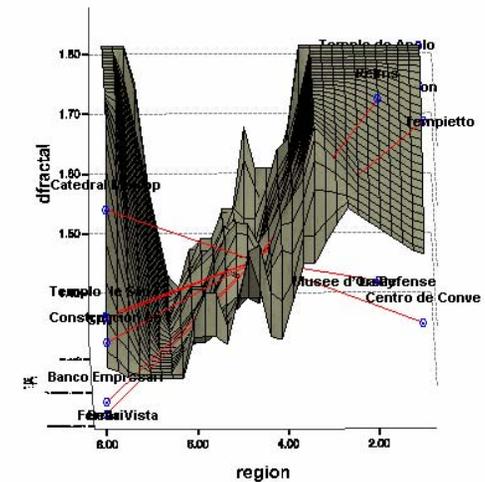
De este a oeste, es decir, de Europa hacia América, se observan saltos en el gráfico, muestra de la variación de la dimensión fractal, como también, del cambio de estructura estética, no referido a los estilos, sino a dicha dimensión fractal.

Es posible utilizar el gráfico como una extensión del espacio de probabilidades mencionado en el libro 3, en el cual, por ejemplo, es posible inferir la existencia de otros ejemplos con mayor dimensión fractal, motivo de futura investigación.

Esta búsqueda extendida se conoce como la generalización inductiva, es decir, siguiendo los principios lógicos expresados en el libro 4.

La generalización inductiva busca transformar hechos o fenómenos particulares en descripciones generales:

*"The generalisation process is the process that transforms descriptions or less generalised schemas into more general descriptions using generalisation rules"*<sup>220</sup>.



<sup>220</sup> Cha, Myung Yeol, y John S. Gero, *Style Learning: Inductive Generalisation of Architectural Shape Patterns*, Department of Architecture Paichai University, Taijon Seogu Domadong 439-6, South Korea, Key Centre of Design Computing, Department of Architectural and Design Science, University of Sydney NSW 2006 Australia, p. 11

Para dicha generalización inductiva, retomamos los conceptos de la teoría de la genética de Mendel, que forman parte de la herencia y mecanismos evolutivos de la teoría de la evolución de Darwin.

En este sentido, debemos hacer la distinción entre las manifestaciones físicas (por lo tanto sujetas a la tercera ley de Newton, es decir, principio de acción y reacción) y el código arquenético, es decir, el núcleo de instrucciones por las cuales dicha manifestación se presenta en un determinado ámbito.

La representación física de la información arquenética (el genotipo), constituye la base fenomenológica (el fenotipo). Más importante aún, la información arquenética contenida en el genotipo permite cambiar la estructura del organismo desde sus inicios, más que una mutación de la estructura misma, en palabras de John S. Gero, profesor de la Universidad de Sydney:

*"The simplest genotypic representation is as binary strings for possible values of variables (Goldberg, 1989). More interestingly generative design rules can be represented in a similar manner, although the representation is not limited to binary strings. State transformation grammars have proven to be a useful gene (Gero et al., 1994) **The important issue here is that the genotypic representation allows for the mutation of the knowledge that produces structure rather than mutating the structure itself directly**"<sup>221, 222</sup>*

El estudio de casos llevado hasta ahora ha aportado características interesantes, resumidas en la tabla de la página siguiente, en las cuales, puede ya hablarse de un fenotipo y genotipo.

FENOTIPO: Realización visible del genotipo en un determinado ambiente

GENOTIPO: Conjunto de los genes existentes en cada uno de los núcleos celulares de los individuos pertenecientes a una determinada especie vegetal o animal.

TELEOLOGICO: Doctrina de las causas finales

<sup>221</sup> Gero, John S., Creativity, Emergence And Evolution In Design1, Key Centre of Design Computing Department of Architectural and Design Science University of Sydney, NSW 2006 Australia

<sup>222</sup> "La más simple representación genotípica es como cadenas binarias, para valores posibles de variables (Glodber, 1989). Más interesantes reglas de diseño generativo pueden ser representadas en una forma similar, a pesar de que la representación no está limitada a cadenas binarias. Las gramáticas de transformación de estado han probado ser un gene útil (Gero y otros, 1994) Lo importante es que la representación genotípica permite la mutación de conocimiento que produce estructura más que mutar la estructura misma directamente[...]"

	FENOTIPO	GENOTIPO		CADENA (string)
		ARQUENE INDEPENDIENTE	ARQUENE DEPENDIENTE	
PAESTUM				1,1,1,1,1,1,1,3,3,3,3,3, 2,2,2,2,2,2,,4,4,4,4,4
PANTHEON				$\Pi\{(1<5^\circ,a),(1<5^\circ,a)\}$ , $\Pi\{(1<10^\circ,a),(1<10^\circ,a)\}$ .
REIMS				1,1,1,1,1,1,1,1,3,3,3,3,3, 2,2,2,2,2,2,2,2,,2,4,4,4,4,4
TEMPIETT				$\Pi\{(1<10^\circ,a),(1<10^\circ,a)\}$ $\Pi\{(1<5^\circ,a),(1<5^\circ,a)\}$
LA MERCED				1,1,1,1,1,1,1,13,3,3,3,3, 2,2,2,2,2,2,2,4,4,4,4,4
ESTADIO FLAMINI				1,1,1,1,1,1,1,1.....

Tabla 3 Evolución del genotipo (características arquenéticas) en los casos estudiados. Elaboración propia.

La sección

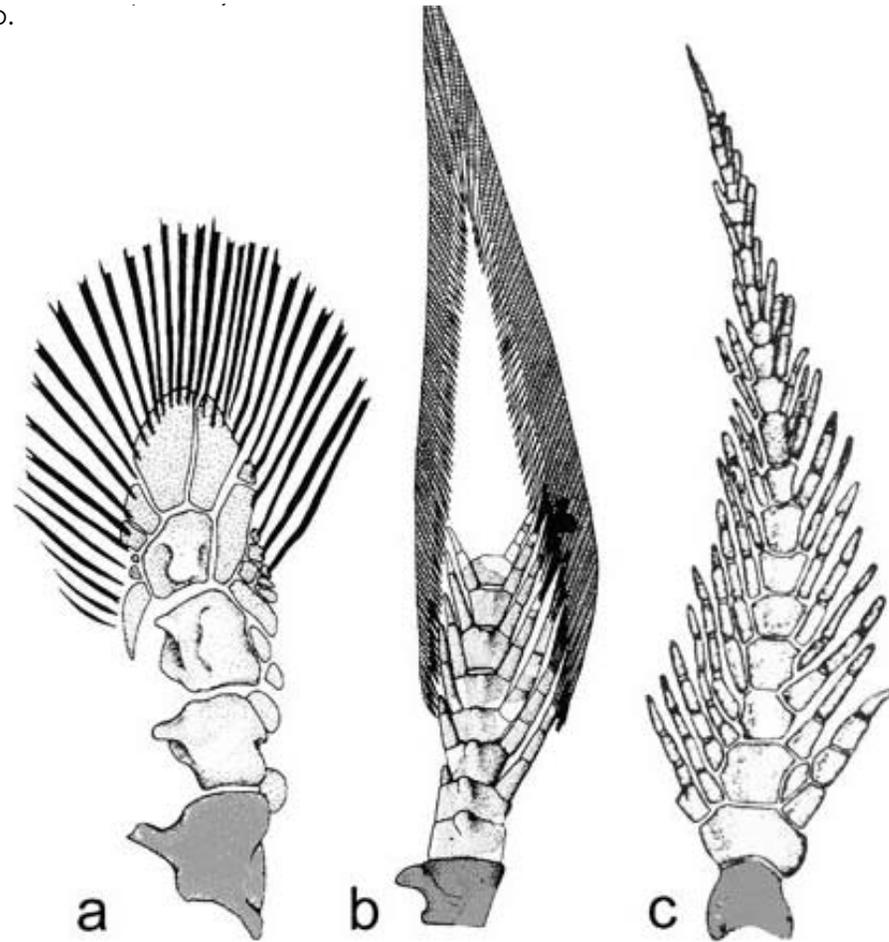
Hasta ahora, hemos recorrido la historia de la arquitectura, haciendo énfasis en la profundidad de la organización, en la dimensión fractal, en la relación de parentesco, en la tabla a canto, se relaciona el desarrollo evolutivo de la arquitectura expresado en el fenotipo, es decir, su representación material, con el genotipo, es decir, los arquenes básicos, que contienen la información, en este caso, estructural, cuya característica notable es la sección, atendiendo a su principio de respuesta a las cargas, es decir, la tercer a ley de Newton.

En la última columna se expresa la cadena de instrucciones o código genético de la estructura, no en formato binario, por espacio, sino en valores, por ejemplo, 1, representa línea o carácter a derecha, 3, hacia abajo, 2, a izquierda, 4, hacia arriba.

## **9.7 Conclusiones**

La evolución del fenotipo y del genotipo de la arquitectura es un proceso constante, el cual tiene lugar aún hoy día. El camino seguido hasta ahora, ha tomado en cuenta ejemplos notables, hitos, en la historia de la arquitectura, como referencia para, siguiendo la lógica de la generalización inductiva, desarrollar principios y reglas de carácter general.

Tales principios y reglas serán analizados en el próximo libro.



## LIBRO 10 Conclusiones

---

**Precedencia**

**Punto Crítico Abstracción complejidad**

**Aislamiento**

**Características superfluas – gene recesivo**

Ilustración 88 Aletas dorsales de distintos animales, a) Celacanto (Forey, 1998), b) Porolepiforme (Ahlberg, 1989) , c) Pez pulmón (Jarvik, 1980)

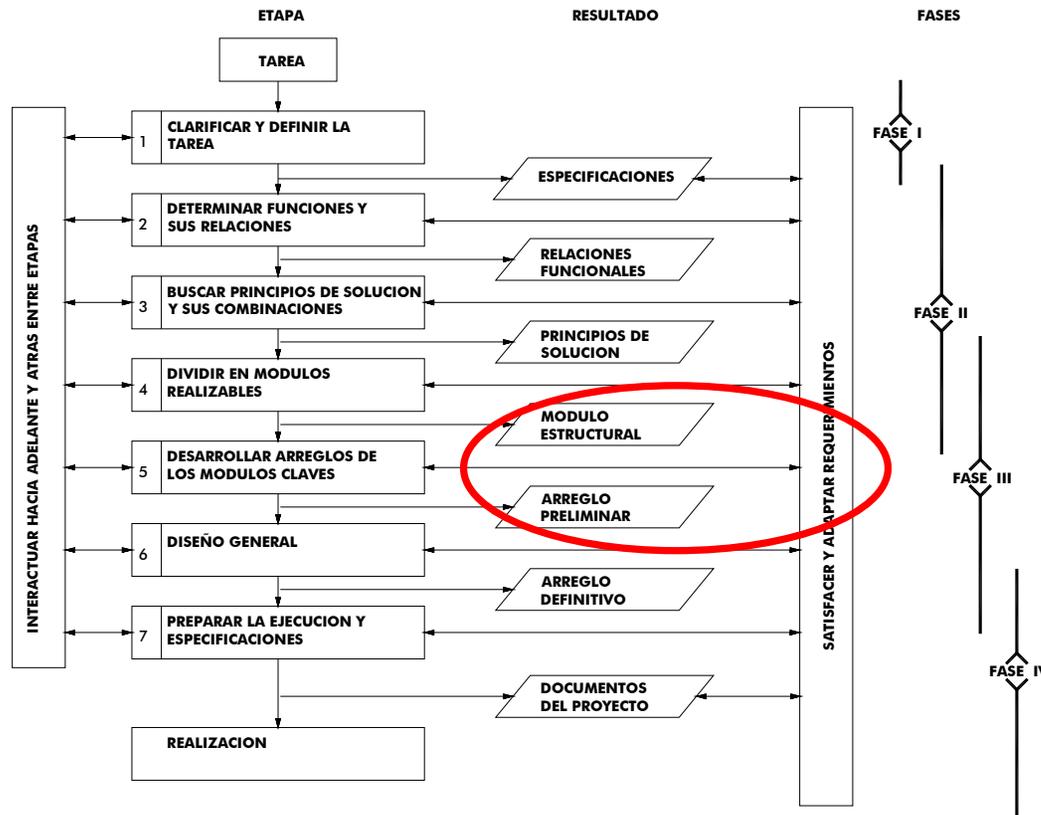
## **10.1 Introducción: Los Principios Y Leyes De La Esteática**

El comportamiento de la arquitectura, siguiendo la analogía de los seres vivos, ha presentado un camino de constante evolución, hacia formas más eficientes, en las cuales sobreviven los más aptos, un cambio en la profundidad de organización de forma gradual en algunos casos, con cambios abruptos en épocas de transición como el caso observado en el templo de San Francisco, en Antigua.

Los resultados anteriores, así como el legado histórico de la arquitectura (la arqueología), nos sirven de base para esbozar algunos principios, los cuales si son invariables, pueden convertirse en leyes.

### 10.2 La Esteática Y Los Métodos De Diseño

La importancia de la definición del módulo estructural estriba en la capacidad de modificar, en etapas tempranas el resultado final, introduciendo el concepto de "diseño dinámico", en el cual, el objetivo no es únicamente analizar la función, sino atacar al mismo tiempo el edificio con cargas que induzcan deformaciones y falla.



A la derecha, el modelo VDI 2221, la inclusion del módulo estructural en un punto cercano a la mitad del proceso de diseño provee de la adecuada flexibilidad, necesaria en las fases iniciales del proceso de diseño.

Si materiales y estructura se definen en las primeras fases del diseño, condicionan fuertemente la forma resultante, tal como ocurría en las estructuras del neolítico, en las que la estructura determinaba la forma.

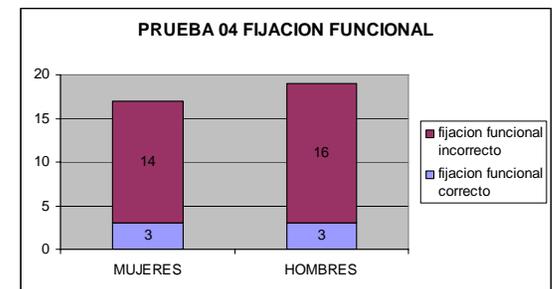
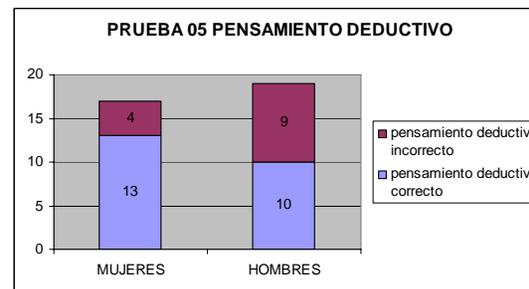
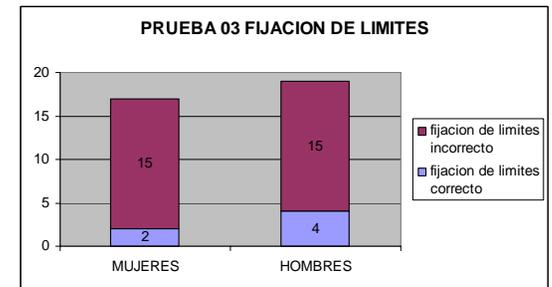
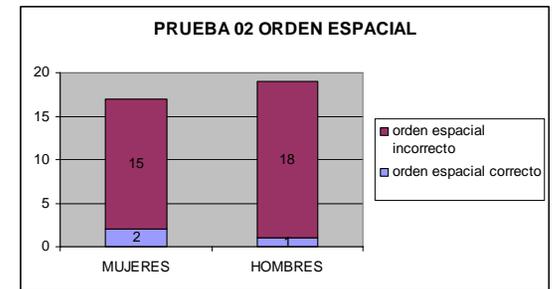
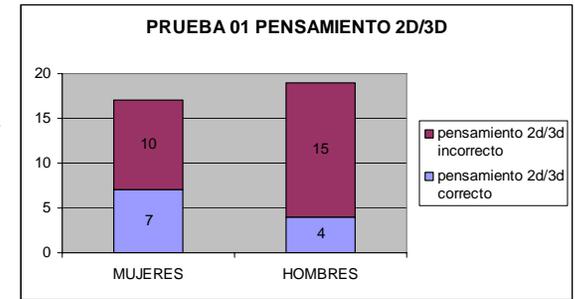
Si el módulo estructural se selecciona al final del proceso de diseño, puede provocar gastos innecesarios, al tener que adecuarse a las formas que para ese momento ya están establecidas, siendo en la mayoría de los casos poco práctico.

Tabla 4 Evolución del genotipo (características arquenéticas) en los casos estudiados. Elaboración propia.

### 10.3 El Pensamiento Arquitectónico - Tipos

Los experimentos llevados a cabo para establecer la lógica de pensamiento del estudiante de la Facultad de Arquitectura, han mostrado que:

- No piensa en tres dimensiones
- No sale de sus límites
- No sabe o no acepta otras formas de ordenar el espacio como no sea matrices de líneas y puntos paralelos.
- No acepta o no conoce otras formas de utilizar los objetos más que la establecida
- Su pensamiento es de tipo deductivo, apenas.
- En general, en cuestiones de género, las mujeres tienen un mejor desempeño que los varones.



## 10.4 El Modelo De La Esteática

La Esteática considera, de acuerdo a los principios anteriores, un modelo que plantea la arquitectura inmersa en un continuum histórico que refleja, en la relación entre la estructura estática y la estructura estética, no sólo sus características sino las de sus ancestros, a través de la información arquenética (el genotipo), y de la manifestación física (el fenotipo). Esta es una visión de tipo reductivo, como fuera planteado al inicio del presente estudio.

El modelo así construido considera en primer lugar, períodos de tiempo relativamente grandes, en segundo lugar, toma en cuenta la distribución arquenética en un contexto determinado, observando los lugares de proliferación o medra, como fuera ejemplificado tanto en el caso del gótico como en el caso de la Antigua Guatemala.

El modelo examina, como condición *sine qua non*, únicamente las características esenciales del fenómeno arquitectónico, por esta razón, en los casos analizados con anterioridad, las estructuras han sido consideradas no tomando en cuenta la tipología tradicional, sino únicamente como determinadas o indeterminadas, atendiendo al tipo de respuesta y la falla de las estructuras, en un sistema dinámico que considera la deformación basada en la teoría de la elasticidad.

La estructura estética no tomará en cuenta los “estilos” arquitectónicos, sino el grado y profundidad de complejidad basado en la dimensión fractal, considerando la geometría euclidiana como un caso particular de esta última.

En consecuencia, la lectura resultante de la arquitectura guatemalteca contemporánea no puede realizarse sin tomar en cuenta los requisitos arquenéticos que le han dado forma, tales requisitos implican la existencia de un patrón de difusión, ejemplificado en el mapa arquenético que explica la difusión de los arques, de forma análoga a la biogeografía en el caso de las ciencias naturales.

Implica asimismo una escala temporal que ordena las fases de la evolución o involución de la arquitectura, y la determinación de las fases embrionarias iniciales, cuyas características luego podrán ser trazadas yendo de nuevo hacia delante en la escala temporal, en los individuos adultos que las conservan en forma modificada y, como resultado del cruce con otras especies, mezcladas, recombinadas y transmutadas.

En el caso guatemalteco, **las características embrionarias** se remontan, no a los estilos imperantes en el momento de la conquista, Renacimiento, Barroco y subsiguientes, sino a períodos anteriores a estos, es decir, lo que los historiadores han llamado (ya que los habitantes de la Europa medieval no se llamaron de esa manera) **Románico**, el cual, como fue acotado

ya, presenta características presentes hoy en la arquitectura guatemalteca, tanto de autor como popular en cuanto a la solidez, la prevalencia del muro, del arco en las ventanas, entre otros

Acá vale la pena reflexionar que este último elemento es innecesario desde el punto de vista de la estructura estática, sin embargo, forma parte de **características arquenéticas recesivas** (gene recesivo, ver nota al lado <sup>223</sup>), dentro la estructura estética guatemalteca, la cual integra asimismo, elementos menores tales como troneras, atalayas, balaustradas y bastiones, los cuales han sido más determinantes en la generación de la forma que los movimientos sísmicos, en parte debido a la poca comprensión de los mismos hasta época reciente.

No quiere decir que no haya tenido el contexto sísmico un efecto importante en la forma, todo lo contrario, ya que como vimos en el caso de la Antigua Guatemala, la sobrevivencia del más apto queda plasmada en el Templo de la Merced y en otros edificios, auténticos sobrevivientes, los cuales integran elementos de la lógica estructural tanto en planta como en sección.

Esta relación entre la forma lógica de los elementos cambia según el contexto, como queda evidenciado en las diferencias entre la estructura esteática de la Nueva España y de Nueva Inglaterra, lo cual se refleja sobre todo en la forma lógica de los elementos frente a los movimientos sísmicos, cuya expresión esencial se traduce en las propiedades de la sección, es decir, forma, dimensiones, momento de inercia, los cuales son el vínculo entre la estética y la estática, en un sistema de ecuaciones simultáneas.

La simultaneidad es pues otra característica importante del modelo esteático, por lo cual, a la identificación de los antecedentes arquenéticos en el Románico europeo, corresponden, paralelamente, similares desarrollos en Nueva Inglaterra, en Sicilia, en Nueva Granada y en el sur de África.

### 10.5 El arquene recesivo en la arquitectura guatemalteca:

En la lectura de la arquitectura guatemalteca hecha hasta el momento, se han identificado patrones del período conocido como el Románico, tal es el caso de los ejemplos de San Francisco en Antigua, Cluny y Saint Gall en Europa.

<sup>223</sup> <http://www.healthsystem.virginia.edu/toplevel/home/>

Gene	Recesivo:
<p>""Recesivo" significa que para que se presente un determinado rasgo es necesario dos copias del gen, uno heredado de la madre y el otro, del padre. Se dice que una persona que tiene sólo un gen recesivo es "portadora" del rasgo o enfermedad; sin embargo, el hecho de "portar" una copia del gen no le ocasiona ningún problema de salud. La mayoría de las personas desconoce que porta un gen recesivo para una enfermedad hasta que tienen un hijo con dicha enfermedad. Una vez que los padres han tenido un hijo con un rasgo o enfermedad recesiva, las probabilidades de que tengan otro hijo con este mismo trastorno son de una en cuatro (o de un 25 por ciento). Esto significa que hay un 75 por ciento de probabilidades de que otro hijo no contraiga este rasgo o enfermedad."</p>	

Ahora bien, el arquene recesivo está presente en nuestra arquitectura, tanto de autor como popular, como se muestra en algunos ejemplos con comentarios al final:









En las imágenes anteriores, podemos encontrar características arquitectónicas recesivas tales como: la presencia de arcos de diversos tipos en vanos de ventanas, la presencia de planta noble, presencia de troneras, atalayas, entre otras.



**Ilustración 89 Planta noble**



**Ilustración 90 Arcos "pintados"**



**Ilustración 91 Arco dentro de ventanería en Bahía**



**Ilustración 92 Arco dentro de vano rectilíneo**

Es notoria la persistencia de la *estructura de la forma* en los casos anteriores, siendo la incidencia (el nivel o presencia dentro de un territorio de determinada patología) muy fuerte en el caso guatemalteco. Los ejemplos anteriores muestran que tales características son parte del vocabulario que emplean los arquitectos, sea consciente o inconscientemente. En el caso

de la arquitectura popular, nos muestra, a la manera de Darwin, el embrión en su estado menos modificado.

Por lo tanto, podemos resumir el modelo esteático como sigue:

- Considerar la estructura estética y la estructura estática de forma paralela.
- Considera sólo los elementos esenciales del fenómeno arquitectónico tales como;
  - o Determinada-indeterminada frente a la tipología estructural extensa
  - o Profundidad de organización y nivel de complejidad frente a estilos arquitectónicos basados en la concepción clásica de la belleza del canon.
  - o Geometría fractal y casos particulares frente a geometría euclidiana
- Períodos evolutivos extensos, caracterizados por saltos en períodos relativamente cortos.
- Distribución arquenética frente a obras únicas.
- Estado inicial (embrionario) y desarrollo de estados estables (topológicos), en un proceso dinámico, frente a visiones fijas de la arquitectura.
- Sobre vivencia del más apto - a pesar de – características superfluas.
- Variaciones y especiación frente a modelos fijos.
- Simultaneidad frente a división.

## **10.6 Principios y leyes de la esteática**

Al hablar de leyes, se hace referencia a principios invariables, dentro de una concepción teórica como la presentada en este estudio.

Sin embargo, a pesar de ser una construcción teórica mantiene una relación de causalidad con teorías precedentes, en las cuales se apoya, por lo cual sí es válido presentar las leyes que rigen tales teorías como parte del fundamento de la esteática.

### **10.6.1 Leyes**

Tercera ley de Newton

Newton planteó, por ejemplo, el principio de la gravitación universal que, como fuera esbozado en párrafos anteriores, implica la capacidad de aislar cuerpos libres, para poder involucrar la estática como expresión de su tercera ley: **a cada acción corresponde una reacción igual y contraria (principio de la estática), por lo tanto la primera ley de la esteática es la tercera ley de Newton, dado que la arquitectura responde, al igual que todos los cuerpos físicos a tal ley.**

### 10.6.2 Principios

Darwin planteó la teoría de la evolución de las especies, en este caso, a diferencia de las leyes naturales, su planteamiento inició como principios, solo luego de la experiencia práctica de los años sucesivos, se comenzó a hablar de leyes.

Estas leyes y principios, aplicados a la arquitectura, han dado resultados al menos interesantes, desde el punto de vista de la explicación del fenómeno arquitectónico.

Por lo tanto, en este caso puede hablarse de principios, los cuales son:

#### 10.6.2.1 Principio de precedencia

Pueden establecerse dos tendencias, una, la génesis de una estructura estática a partir de una estructura estética, la llamada estructura de la forma. En este caso, el conjunto de reglas estéticas condiciona los elementos estructurales.

Sin embargo, luego de un tiempo, debido a la permanencia de las estructuras estáticas, que de hecho son elaboradas en su mayoría para durar, condicionan a su vez, las estructuras estéticas. Tal es el caso de, por ejemplo, las catedrales góticas, construidas sobre sus precursores románicos.

La consecuencia directa de ello es el arquite del módulo estructural, entendido éste como un tipo de variación intencional sobre un tema ya existente – el románico antes que el gótico – que condiciona la selección de las luces posibles, del orden y jerarquía de los elementos, sus dimensiones, y la relación de las partes al todo. Estas variaciones, si bien tienen ancestros desde el templo griego, no cumplen los mismos requisitos, siendo, en el caso griego, una finalidad escultórica la que condiciona las crujías (intercolumnios).

### 10.6.2.2 Principio de Punto Crítico de Abstracción-Complejidad

Al revisar la historia, vemos que se suceden períodos de gran abstracción, como el caso Egipcio, y períodos de mayor complejidad, en fases posteriores, como el Moderno, la arquitectura buscaba la abstracción de las formas, sin embargo, la consecuencia fueron elementos faltos de interés. Empero, el exceso de complejidad tampoco es bueno. Hay que llegar al punto medio, entre complejidad y abstracción, de tal forma que sea entendible, sin llegar al palimpsesto.

### 10.6.2.3 Principio de aislamiento-difusión

El aislamiento provoca el desarrollo de formas particulares y bien definidas de arquitectura, mientras las guerras, los medios de comunicación, provocan la difusión y especiación (**más eficiente para cosas particulares**), partiendo de un ancestro común, como observaba Darwin en el caso de los pinzones en las islas Galápagos), lo cual traducido a la arquitectura es el resultado de la arquitectura "asísmica" en zonas sísmicas, o el desarrollo del gótico en áreas que no lo son.

### 10.6.2.4 Principio de características superfluas o del gene recesivo

En la naturaleza se encuentran a menudo características superfluas, las cuales, sin embargo, no impiden el desarrollo de grupos y familias que se diferencian precisamente por dichas características superfluas (como es el caso de la involución). Lo mismo sucede en la arquitectura, la cual subsiste – a pesar de – características superfluas tales como estilo o decoración. Ahora bien, el hecho de que no sean necesarias para la sobrevivencia de la especie no significa que no sean útiles en su entorno particular, pero con frecuencia tales características influyen más bien en otros procesos, en los cuales, forman cadenas aisladas a la manera de los genes recesivos.

### 10.6.2.5 Principio de la precedencia del módulo estructural

El módulo estructural afectará el diseño final, dependiendo de la duración de la obra, y de la etapa en la que se decida o se introduzca el mismo. De esta forma, regresando a los métodos de diseño y al modelo VDI 2221, al variar el momento en el cual se inserta o decide el módulo estructural, cambiará el diseño, estableciéndose una relación de causalidad. (En los casos estudiados de San Francisco, en Antigua, en la catedral de Notre Dame de Amiens, entre otros).

### **10.6.2.6 Principio de la estructura estética**

La estructura estética incide en el desarrollo de la obra arquitectónica dependiendo de la duración de la misma. En el caso, por ejemplo, de las catedrales, su gran duración y permanencia, ha provocado que atravesasen varias estructuras estéticas sucesivamente, las cuales, sin embargo, mantienen una relación entre las partes (dimensión fractal), viéndose la intervención de diversos diseñadores como variaciones en un tema.

### **10.6.2.7 Principio del hábitat**

Los estilos de arquitectura (criaturas) afines (parecidas) normalmente se encuentran en el mismo continente

## **10.7 Esteática, Aplicaciones Prácticas**

El modelo aquí planteado, con las características definidas, es un modelo análogo a la evolución de los seres vivos, los cuales presentan características de acuerdo al medio en el que se desarrollan. Adicionalmente, es un pensamiento de tipo poblacional, es decir, considera la transmisión de los arques, las características que hacen proliferar un determinado tipo, en nuestro caso, arquitectura.

Estas características, alimentadas con la dimensión fractal, es decir, con el criterio no de la proporción, del canon, sino de la profundidad de organización, le hacen susceptible de medida estadística, como fuera planteado en el libro precedente.

El modelo así planteado cumple los objetivos bosquejados al inicio del presente estudio, en el sentido de proveer una lectura diferente de la arquitectura, por medio de un modelo de tipo cognitivo, es decir, que explique la realidad, en base a las características encontradas.

Empero, es posible trazar la siguiente fase como fuera planteado en el libro relativo a modelos, es decir, el modelo de tipo computacional, con la observación que se trata solo de un ejemplo de aplicación práctica, ya que el desarrollo pleno de tal modelo escapa a los fines y limitaciones del presente trabajo.

### 10.7.1 Modelo Computacional Esteático

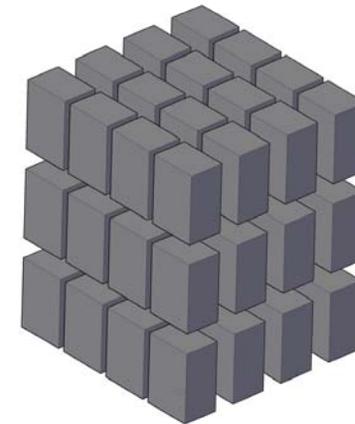
Para la construcción del modelo se han empleado varios programas, entre ellos, el programa Autocad, el programa Fractal Explorer y el programa Flash, y sus herramientas, pensando nuevamente en una población de individuos en constante cambio.

#### 10.7.1.1 AUTOCAD

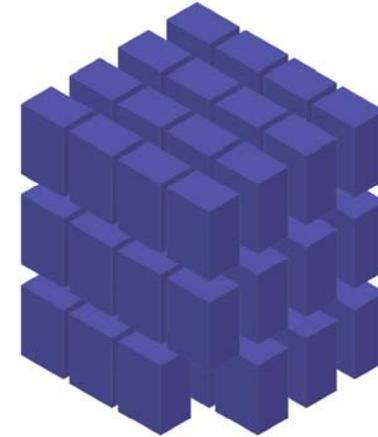
Ejemplo de generación de líneas de comando para un modelo computacional, empleando el programa Autocad:

La siguiente serie de comandos, produce una matriz de hexaedros:

```
Sub Ch8_CreateRectangularArray()
  Dim boxObj As Acad3DSolid
  Dim length As Double
  Dim width As Double
  Dim height As Double
  Dim center(0 To 2) As Double
  ' Define the box
  center(0) = 5: center(1) = 5: center(2) = 0
  length = 5
  width = 7
  height = 10
  ' Create the box object in model space
  Set boxObj = ThisDrawing.ModelSpace. _
    AddBox(center, length, width, height)
  ' Define the rectangular array
  Dim numberOfRows As Long
  Dim numberOfColumns As Long
  Dim numberOfLevels As Long
  Dim distanceBwtnRows As Double
  Dim distanceBwtnColumns As Double
  Dim distanceBwtnLevels As Double
  numberOfRows = 4
  numberOfColumns = 4
  numberOfLevels = 3
  distanceBwtnRows = 8
  distanceBwtnColumns = 8
  distanceBwtnLevels = 13
  ' Create the array of objects
  Dim retObj As Variant
  retObj = boxObj.ArrayRectangular _
    (numberOfRows, numberOfColumns, _
    numberOfLevels, distanceBwtnRows, _
    distanceBwtnColumns, distanceBwtnLevels)
  ZoomAll
End Sub
```



Mass: 16800.0000  
 Volume: 16800.0000  
 Bounding box: X: 2.5000 -- 31.5000  
                   Y: 1.5000 -- 32.5000  
                   Z: -5.0000 -- 31.0000  
 Centroid: X: 17.0000  
            Y: 17.0000  
            Z: 13.0000  
 Moments of inertia: X: 11139800.0000  
                       Y: 11106200.0000  
                       Z: 12502000.0000  
 Products of inertia: XY: 4855200.0000  
                           YZ: 3712800.0000  
                           ZX: 3712800.0000  
 Radii of gyration: X: 25.7504  
                       Y: 25.7115  
                       Z: 27.2794  
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:  
   I: 3445400.0000 along [1.0000 0.0000 0.0000]  
   J: 3411800.0000 along [0.0000 1.0000 0.0000]  
 Press ENTER to continue:  
   K: 2791600.0000 along [0.0000 0.0000 1.0000]



Es posible, con algunas modificaciones, obtener variaciones y mutaciones, como la mostrada a la derecha.

### 10.7.1.1 Fractal Explorer

Con el Fractal Explorer es posible generar imágenes que se adecúen a la dimensión fractal obtenida en el estudio de casos precedente, variando al acercarnos o alejarnos del mismo, adicionalmente, es posible también utilizar filtros que incluyan los arquetipos estudiados, como el arco.



**Ilustración 93** Imágenes generadas con Fractal Explorer

Secuencia de datos interna :

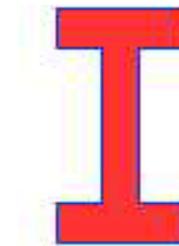
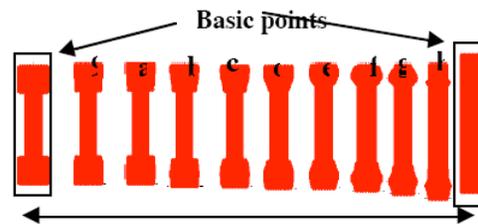
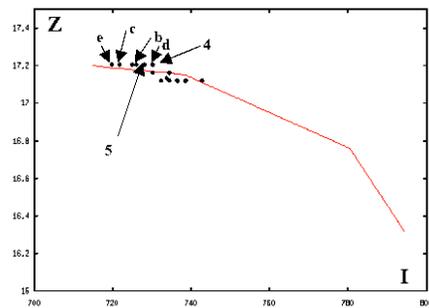
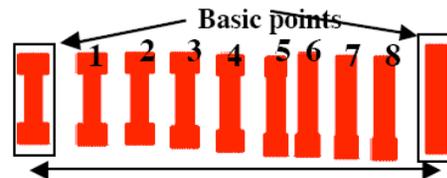
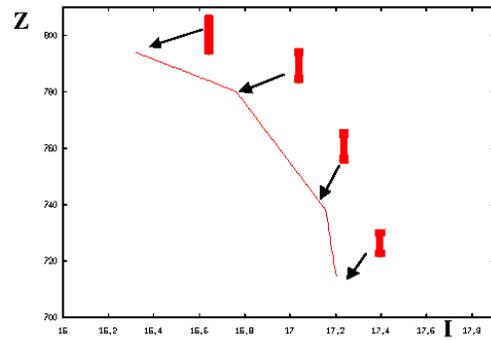
```

var Z,C,P1 : TComplex;
T1,T2,T3 : TComplex;
Begin
  Z := MakeComplex(x,y);
  C := MakeComplex(cr,ci);
  P1 := MakeComplex(p1r,p1i);
  // CGNewtonSinExp by Chris Green
  // z1=exp(z),
  // z2=sin(z)+z1-z,
  // z=z-p1*z2/(cos(z)+z1),
  T1 := CExp(Z);
  T2 := CSub(CAdd(CSin(Z),T1),Z);
  T3 := CAdd(CCos(Z),T1);
  Z := CSub(Z,CDiv(CMul(P1,T2),T3)) ;
  SetResult(x,y, Z);
  // bailout test: .000001 < |z2|
  If CModule(T2)<0.000001 Then
    EndLoop:=True; End;

```

**10.7.1.3 Flash Mx**

Con el programa Flash Mx es posible obtener una interpolación lineal entre dos figuras, es decir, obtener las figuras intermedias a través de algoritmos internos. En el caso estudiado, se presentan las variaciones internas entre una viga peraltada y una viga I:



**Ilustración 94 Gráfico de momento de inercia (I) - módulo de sección (Z) en proceso de interpolación lineal (arriba) y no lineal (abajo) <sup>224</sup>**

<sup>224</sup> Gero, John, Op. cit.

## 10.7 Reflexiones Finales

La construcción de un modelo de la arquitectura que incluya elementos tanto estéticos como estáticos, basado en un tipo de pensamiento paralelo y apoyado en la teoría de la evolución, entre otras, ha arrojado resultados interesantes tanto desde la óptica de la arquitectura como de la sociedad guatemalteca en general.

En primer lugar, la concepción de un espacio de posibilidades considerado ilimitado, resulta ser, en la práctica, circunscrito a pocas opciones, derivadas del pensamiento occidental dentro del cual las matrices de líneas y puntos de la geometría euclidiana, juegan un papel importante. La comprobación de lo anterior se encuentra tanto en la arquitectura construida, como en las ideas del diseñador que la proyecta, como fuera demostrado en los ejercicios de lógica.

Adicionalmente, la concepción del espacio como "separado" en planos de representación ortogonales, es decir, como elevaciones, plantas, en lugar de un espacio homogéneo tridimensional (la prueba de las palmeras), un espacio "cerrado" (la prueba de los nueve puntos) en el cual, sólo luego de varias pruebas de ensayo y error, se alcanza la configuración apropiada para responder a fuerzas laterales (El templo de la Merced), un conocimiento ya superado desde el Románico.

Limitado, así mismo, por una involución hacia formas arquenéticas propias de etapas anteriores – identificado acá como la edad media -, etapa en la cual aún nos encontramos, ejemplos de lo anterior existen tanto en la provincia como en áreas urbanas, manteniéndose la idea de "fortaleza", de refugio ante la inseguridad de los caminos, de separación del espacio interior, como también, el conflicto de la difusión tanto de la fe como del conocimiento, como fue durante la edad media a través de las órdenes monacales.

La **lectura** de la arquitectura propuesta acá no pretende reemplazar a las anteriores, sino complementarlas, será una arquitectura esta que presentará en lugar de estilo, mayor o menor grado de complejidad, con presencia de características arquenéticas recesivas.

Como acotábamos en el desarrollo de este estudio, en ocasiones, se presentan *resultados inesperados*, como indicador de un problema, por ejemplo, el hecho de que en lugar de "Barroco", "Renacimiento", como un proceso de **progreso continuo**, se presenta la idea de la involución, hacia formas anteriores, embrionarias, como el Románico, cuya característica de solidez, de uso del ladrillo sin recubrir, del uso de arcos de medio punto en los vanos de ventanas, aún de las más pequeñas, es un discurso conocido en la arquitectura guatemalteca, tanto popular como "colegiada".

Estos resultados inesperados buscan responder *la pregunta* Darwiniana que hemos modificado pensando en los estilos arquitectónicos:

¿Por qué, decía Darwin, algunos mueren y otros sobreviven?

## Glosario:

**Algoritmo genético:** Expresión matemática que "...empieza por un conjunto de uno o varios individuos y aplica operadores de selección y reproducción para que "evolucione" un individuo satisfactoriamente, lo que es medido por una función de adaptación."<sup>225</sup>

**Espacio hiperbólico:** Modelo espacial que no depende de la concepción cartesiana del espacio (coordenadas X,Y), sino de un espacio de tipo topológico, en el cual todos los puntos están relacionados unos con otros, como en una matriz.

**Eurocentrismo:** Idea que muestra las relaciones centro-periferia, en las cuales el centro, para la cultura occidental, tradicionalmente ha sido Europa, y las clasificaciones históricas, también han sido en base a la historia europea, tales como Edad media, Renacimiento, entre otros.

**Fenotipo:** Realización visible del genotipo en un determinado ambiente

**Genética:** Ciencia que estudia los mecanismos de transmisión de las características de las especies, ciencia de los genes.

**Genotipo:** Conjunto de los genes existentes en cada uno de los núcleos celulares de los individuos pertenecientes a una determinada especie vegetal o animal.

**Método:** Modo de decir o hacer con orden una cosa. Modo de obrar o proceder, hábito o costumbre que cada uno tiene y observa.

**Metodología:** Estudio formal de los procedimientos utilizados en la adquisición o exposición del conocimiento científico. Ciencia del método.

**Modelo:** Ejemplo o forma que uno sigue en la ejecución de una obra artística o en otra cosa. Esquema teórico, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio de su comportamiento.

**Técnica:** Relativo o perteneciente a las aplicaciones de las ciencias y de las artes. Conjunto de procedimiento y recursos de que se sirve una ciencia o un arte.

**Teleológico:** Doctrina de las causas finales

---

225 Norvig, Peter, y Stuart J. Russell, Inteligencia Artificial, un enfoque moderno, Pearson Educación, México, 1996.

## **Bibliografía**

- Alberti, Leone Batista, **The ten books of architecture**, Dover books, New York, 1986.
- Annis, Verle Lincoln, **The architecture of Antigua Guatemala, 1543-1773**, Litoprint, Guatemala, 2001.
- Arnold, Christopher, y Robert Reitehrman, **Configuración y diseño sísmico de edificios**, Noriega Editores, México, 1994 .
- Barrow, John, D. , **Da zero a infinito**, Editorial Mondadori, Italia, 2002.
- Beer, Ferdinand P., **Mecánica vectorial para ingenieros: Estática**, McGraw-Hill, México, 1990.
- Bozal, Valeriano, editor, **Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas**, Gráficas Rogar, España, 1999.
- Broadbent, Geoffrey, **Diseño arquitectónico**, Editorial Gustavo Gili, México, 1982.
- Chanfón Olmos, Carlos, **Wilars de Honecurt, su manustrito**, Universidad Nacional Autónoma de México, 1994.
- Chaur Bernal, Jairo, **Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa**, Tesis, doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2004.
- Chelli, Maurizio, **Manuale per Leggere l'architettura**, Editorial Edup, Italia, 2003.
- Centre Pompidou, **La parenthese du moderne**, Editions du Centre Pompidou, Paris, 2005.
- Crespo Cabillo, Isabel, **Control gráfico de formas y superficies de transición** Tesis doctoral, Universidad de Cataluña, 2000.
- Durant, Will, **The pleasures of philosophy**, Simon and Schuster, New York, 1953.
- Fréchet, Maurice, y Ky Fan, **Introducción a la topología combinatoria**, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1959.
- Gelb, Michael J., **Pensare come Leonardo**, Gruppo editoriale il saggiatore, Milano, 2005.
- Gero, John S., **Creativity, Emergence And Evolution In Design1**, Key Centre of Design Computing Department of Architectural and Design Science University of Sydney, NSW Australia, 2006

Kuhn, Thomas S., **La estructura de las revoluciones científicas**, Fondo de cultura económica, México, 1995.

Leet, Kenneth M., y Chia Ming Uang, **Fundamentals of Structural Analysis**, McGraw Hill, EUA.

Leupen, Bernard, et al., **Proyecto y Análisis**, Evolución de los principios en arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999.

Marta, Roberto, **Architettura Romana**, Kappa edizione, Roma, 2000.

Montaner, Joseph María, **Arquitectura y Crítica**, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999.

Norberg-Schulz, Christian, **Arquitectura Occidental**, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1999.

Norvig, Peter, y Stuart J. Russell, **Inteligencia Artificial**, un enfoque moderno, Pearson Educación, México, 1996.

Perkins, David, **Come Leonardo**, Gruppo editoriale il saggiatore, Milano, 2005.

Pickover, Clifford, **Il nastro di möbius**, Editorial Apogeo, Roma, 2006.

Portoghesi, Paolo, **Leggere e capire l'architettura**, Newton Compton Editori, Roma, 2006,

Quammen, David, ¿**Se equivocó Darwin?**, Revista National Geographic, noviembre de 2004

**Rassegna di architettura e urbanistica**, "Venticinque anni di riflessioni sull'architettura delle città", , Edizioni Kappa. Roma, gennaio-dicembre, 1991.

Read, Herbert, **Imagen e idea**, Fondo de Cultura Económica, México, 2003.

Whiffen, Marcus, y Frederik Koeper, **American Architecture, 1607-1976**, The MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1984, Volumen I, II,

#### **Recursos electrónicos:**

<http://www.idesaa.edu.mx/materias/seminvestigacion/Pensamiento%20Paralelo%20C4.pdf>

<http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/kap.raff/kap1.htm>

[http://lt.tripod.com/tp\\_toolbar/prev/\\_h\\_/www.tripod.lycos.com/bin/](http://lt.tripod.com/tp_toolbar/prev/_h_/www.tripod.lycos.com/bin/)

<http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/pap.htm>

[http://www.oursland.net/genetic\\_algorithmexperiment](http://www.oursland.net/genetic_algorithmexperiment)

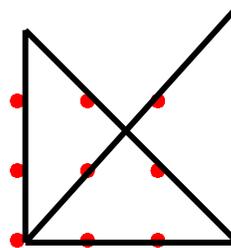
**Solución a los ejercicios:**

**E-1:** A= 9, B= 2 y C = 1

**E-2:** Se sugiere la siguiente secuencia de recorridos:<sup>226</sup>

ETAPA	LADO CERCANO	LADO LEJANO
Estado inicial	mmmccc()	
Atraviesan dos caníbales	mmmc	()cc
Un caníbal regresa	mmmcc()	c
Atraviesan dos caníbales	mmm	()ccc
Un caníbal regresa	mmmc()	cc
Atraviesan dos misioneros	mc	()mmcc
Un caníbal y un misionero regresan	mmcc()	mc
Atraviesan dos misioneros	cc	()mmmc
Un caníbal regresa	ccc()	Mmm
Atraviesan dos caníbales	c	()mmmcc
Un caníbal regresa	cc()	mmmc
Atraviesan dos caníbales		()mmmccc

**E-3** Ejercicio de los nueve puntos



<sup>226</sup> Tomado de: Norvig, Peter, y Stuart J. Russell, Inteligencia Artificial, un enfoque moderno, Pearson Educación, México, 1996

**E-4.-** 1)  $2 + 7 - 118 \neq 129$  ,    2)  $247 - 118 = 129$  ,

**E-5.-** La solución se encuentra haciendo un ejercicio mental, suponiendo primero que la expresión del extranjero sea verdadera "le debo confesar que no digo siempre la verdad" significa que ha mentido en el pasado. Si suponemos que sea falsa, quiere decir que siempre dice la verdad y sin embargo, acaba de decir que no lo hace, es decir, cae en contradicción. Por lo tanto, el primer supuesto es válido, esto es, ha mentido en el pasado.

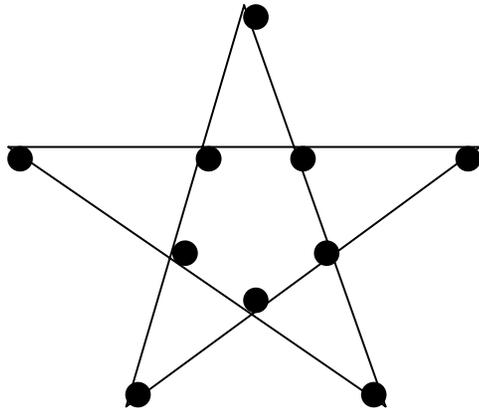
**E-6.-** 50 metros

**E-7.-** El sapo es una distracción, se debe colgar alguno de los objetos en el primer lazo, hacerlo balancear como péndulo, para, mientras se sostiene el otro lazo, lograr acercarlos lo suficiente para poder amarrarlos.

#### **Pruebas de Lógica:**

**Prueba 01, pensamiento 2d/3d:** Se debe considerar que el parque, en cuanto tal, no necesariamente es una superficie horizontal y plana, es decir, puede haber depresiones y protuberancias en el mismo, con lo cual, es factible la existencia de tres palmeras en la base y una en la cúspide de un tetraedro.

**Prueba 02, orden espacial:** Las filas no necesariamente deben ser paralelas



**Prueba 03, orden funcional:** Ver solución E-7

**Prueba 04, limites:** Ver solución E-2

**Prueba 05 pensamiento deductivo-inductivo:** Ver solución E-1