



Composición y estructura

Revalorización de la técnica constructiva del apilamiento como estrategia de diseño en la arquitectura contemporánea

Diego A. Fernández Paoli

Fernández Paoli, Diego

Composición y estructura : revalorización de la técnica constructiva del apilamiento como estrategia de diseño en la arquitectura contemporánea / Diego Fernández Paoli. - 1a ed. ilustrada. - Rosario : UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Arquitectura, Pleneamiento y Diseño : A&P Ediciones, 2017.

Libro digital, PDF - (Tesis doctorales ; 7)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-702-220-9

1. Estructura. 2. Diseño Arquitectónico. I. Título.

CDD 720

Composición y estructura
Revalorización de la técnica
constructiva del apilamiento
como estrategia de diseño en
la arquitectura contemporánea

Diego A. Fernández Paoli

DOCTORADO EN ARQUITECTURA
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño
Universidad Nacional de Rosario

defensa: 29 de noviembre de 2016
director: Anibal J. Moliné y Lurá
co-director: Gustavo Carabajal
jurado: Juan Carlos Etulain, Fabián Giusta y Eduardo Maestriperi
calificación: 10 SOBRESALIENTE

INDICE

INTRODUCCION	1
Consideraciones iniciales al tema propuesto	2
La divergencia entre arte y tecnología en la arquitectura actual	5
Objetivos, organización y aspectos metodológicos a desarrollar	12
1- COMPOSICION, FORMA Y ESTRUCTURA	19
1.1 La composición como mecanismo pre-figurador del proyecto	
1.1.1 La composición académica	23
1.1.2 La composición moderna	27
1.2 Lógicas compositivas basadas en apilamientos de funciones	
1.2.1 La composición aditiva de las mega-estructuras	34
1.2.2 La composición en la complejidad de las formas actuales	38
1.3 La injerencia de la componente constructiva en lo compositivo	
1.3.1 Forma arquitectónica y forma estructural	44
Niveles de definición de la estructura estática	50
Manifestaciones de la estructura estática en relación al aspecto visual de la forma	52
Lógicas de estructuración interna de la forma	61
1.3.2 El legado de la composición académica en lo constructivo	66

1.3.3	Los sistemas agregativos en relación con los aspectos constructivos y estructurales	69
	La construcción en altura con módulos tridimensionales	69
	El caso del edificio Waldden nº7 de Ricardo Boffil	76
1.3.4	Ejemplos recientes de apilamientos compositivos y su relación con lo constructivo	79
	Museo de arte contemporáneo. Nueva York. EE.UU. SANAA	81
	Edificio Celosía. Madrid. España. MDVRV + Blanca Lleó	83
2-	LA “VISION” ARQUITECTONICA DE LA ESTRUCTURA	87
I.	APORTES DESDE LA INGENIERÍA	
I.1	Félix Cardellach y la liberación tipológica de la estructura	90
I.1.1	El principio del empilaje como origen constructivo	94
I.1.2	El principio de constructividad	98
I.1.3	La estereotomía y tectónica como procedimientos generadores de forma	102
I.1.4	Los sistemas tendinosos como articuladores de la continuidad tensional	108
I.1.5	Evolución del concepto de empilaje en la arquitectura reciente	113
	Complejo Hábitat Montreal, Canadá. Moshe Safdie	115
	Torre de la Música, Valencia, España. Ensamble Estudio	119
II.	APORTES DESDE LA ARQUITECTURA	
II.1	Frank Lloyd Wright y la forma estructural liberada	127
II.1.1	La composición basada en la utilización de módulos espaciales	129
II.1.2	La ruptura de la caja arquitectónica y la continuidad espacial	131
II.1.3	La continuidad tensional entre miembros estructurales	137
II.1.5	La Casa de la Cascada como síntesis de la forma estructural liberada	139
II.2	Louis Kahn: La estructura “contenedora”	143
II.2.1	Los conceptos de pre-forma y de “unit Systems”	144
II.2.2	La estructura ahuecada como articulación entre el espacio fragmentado y continuo	147
II.2.3	La City Tower de Filadelfia como síntesis de la estructura de contención	153

3- ESTRATEGIAS COMPOSITIVAS Y ESTRUCTURALES BASADAS EN EL CONCEPTO DE UNIDADES ESPACIALES APILADAS	159
3.1 POSIBLES CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES BASADAS EN APILAMIENTOS	162
3.2 APLICACIONES EN TRES PROYECTOS DE LA OBRA DE REM KOOLHAAS	171
3.2.1 Ampliación del Museo de Arte Contemporáneo de Quebec, Canadá	
Análisis arquitectónico y programático	175
Análisis y propuesta estructural	177
3.2.2 La Biblioteca Central de Seattle, EE.UU	
Análisis arquitectónico y programático	187
Análisis y propuesta estructural	191
3.2.3 El teatro Dee & Charles Wyllys en Dallas, EE.UU	
Análisis arquitectónico y programático	209
Análisis y propuesta estructural	211
CONCLUSIONES FINALES	229
BIBLIOGRAFIA	247
CREDITOS DE LAS IMÁGENES E ILUSTRACIONES	257

LISTADO DE IMÁGENES E ILUSTRACIONES

Actelion Center. Allschwill. Suiza. Herzog y De Meuron: [12](#)

Adición indirecta de células tridimensionales a estructura primaria. Steffen Huth: [72](#)

Apilamientos directos de células tridimensionales. Steffen Huth: [72](#)

Apilamientos entrecruzados en madera en la arquitectura oriental: [97](#)

Apoyo células tridimensionales portantes. Steffen Huth: [74](#)

Arquitectura móvil. Yona Friedman: [36](#)

Bauhaus, Weimar. Walter Gropius: [33](#)

Biblioteca Sainte Genevieve, París. Henry Labrouste: [60](#)

Biblioteca de Seattle. OMA-Rem Koolhaas: [173](#), [188](#), [189](#), [190](#), [192](#), [197](#), [198](#), [199](#), [200](#), [201](#), [202](#), [203](#), [204](#), [205](#), [206](#), [207](#), [208](#)

Bryghusprojekt, Copenhague. OMA-Rem Koolhaas: [11](#)

Cápsula Tower, Tokio. Kisho Kurokawa: [72](#)

Carson, Pirie & Scott Building, Chicago. Louis Sullivan: [48](#)

Catedral de Rio de Janeiro. Oscar Niemeyer: [56](#)

Centro de artes contemporáneo, Roma. Zaha Hadid: [42](#)

City Tower, Filadelfia. Louis Kahn: [154](#), [156](#)

Composiciones espaciales. Rafael Leó: [37](#)

Composición modular. Madrid. Santiago Calatrava: [86](#)

Construcción estereotómica en falso arco: [98](#)

Crown Hall. Instituto de Tecnología, MIT. Illinois. Mies Van der Rohe: [56](#)

Cuatro composiciones. Le Corbusier: [32](#)

Edificio Celosía, Madrid. MDVRV + Blanca Lleó.: [80](#), [84](#)

Edificio Walden 7, Barcelona. Enrique Bofill: [78](#)

Entrecruzamientos sucesivos cubierta de madera orientales: [107](#)

Estibado tablas de madera: [95](#)

Formas de las estructuras portantes de las células tridimensionales. Steven Huth: [74](#)

Galería de Arte, Universidad de Yale. Louis Kahn: [154](#)

Grados de apertura de las caras de las células tridimensionales. Steven Huth: [74](#)

Guaranty Building, Buffalo. Louis Sullivan: [48](#)

Hábitat Montreal. Moshe Safdie: [73](#), [116](#), [118](#)

Hábitat Puerto Rico. Moshe Safdie: [119](#)

Home Insurance Building, Chicago. Le Baron Jenney: [48](#)

Iglesia Unitaria de Rochester, N. York. Louis Kahn: [146](#)

Iglesia San Pedro, Durazno. Eladio Dieste: [58](#)

Interlace, Singapur. Rem Koolhaas: [42](#)

Instituto Salk para investigaciones biológicas, La Jolla. Louis Kahn: [152](#)

Las figuras e imágenes se identifican por el número de la página donde se encuentran.

Juego de piezas para un modelo megaestructural. Archigram: 37

Kauffman House, Pensilvania. Frank Lloyd Wright: 140, 142

Laboratorios de investigaciones médicas Richards, Filadelfia. Louis Kahn: 146

Libre reagrupamiento de las cajas arquitectónicas. Bruno Zevi: 130

Método de composición arquitectónica. Jean Baptiste Durand: 24

Millard House, Pasadena. Frank Lloyd Wright: 136

Museo de Arte contemporáneo, N. York. SANAA: 80, 82

Museo de Bellas Artes, Quebec. OMA – Rem Koolhaas. 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

Museo de las ciencias, Valencia. Santiago Calatrava: 60

Museo Kimbell de Bellas Artes, Fort Worth, Texas. Louis Kahn: 150

Pabellón de Alemania, Barcelona. Mies van der Rohe: 128

Pabellón de Japón, Expo-Sevilla. Tadao Ando: 113

Pabellón de Suiza. Expo Hannover. Peter Zumthor: 114

Palacete de los deportes, Roma. Pier Luigi Nervi: 56

Partenón. Atenas: 107

Pew House, Wisconsin. Frank Lloyd Wright: 136

Portland Building, Oregón. Michael Graves: 60

Posibles configuraciones estructurales basadas en apilamientos: 168, 170

Principio de la continuidad tensional ejemplificado por Frank Lloyd Wright: 138

Proceso de liberación de la caja arquitectónica. Frank Lloyd Wright: 132

Prototipo de casa “Domino”. Le Corbusier: 67

Proyecto Museo de Arte, Amberes. Francois Jamaine: 69

Recurso didáctico con piezas geométricas. Friedrich Froebel: 129

Residencia de estudiantes Eleanor Donnelly, Pensilvania. Louis Kahn: 150

Robie House, Chicago. Frank Lloyd Wright: 136

Ruinas de Stonehenge, Escocia: 106

Sainte Genevieve (Panteón), París. Jacques Germain Soufflot: 112

Sede empresa Municipal de Transportes, Madrid. Canno – Lasso: 60

Sistema constructivo en madera “Ballom Frame”: 46

Sistema constructivo en madera “Platform Frame”: 46

Sistema trilitico en piedra en la construcción Egipcia: 97

Soluciones por apilamientos en las armaduras helénicas: 108

Teatro Dee & Charles Wyllys, Dallas. OMA – REX: 173, 209, 210, 212, 215, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Torre de la Música de Berkelee, Madrid. Ensamble Estudio: 120, 122, 123, 124 y 126.

Unidad de Habitación, Marsella. Le Corbusier: 34

Universidad de Seúl. OMA-Rem Koolhaas: 40

Vakko y Media center, Estambul. REX: 40

AGRADECIMIENTOS

A las dos personas que han sido los impulsores principales de mi vocación docente: a mi padre, el ingeniero Jorge Fernández Milani, quien me ha infundido la convicción de que la cuestión de la estructura resistente va mucho más allá de una verificación numérica de un problema específico aislado de las preocupaciones de índole arquitectónica; por otro, al doctor arquitecto Aníbal Moliné quien, además de ser mi director de tesis, me ha permitido integrar en el taller de arquitectura todo el conocimiento acerca de las estructuras que he ido desarrollando en más de 25 años de docencia. Sin esta integración me hubiera resultado imposible afrontar el tema de esta tesis y para ellos va mi agradecimiento y su valioso aporte.

También va mi reconocimiento a mi co-director arquitecto Gustavo Carabajal, quien gentilmente se ha ofrecido a guiarme y aconsejarme en este tortuoso camino que ha conducido a la redacción final del escrito.

Y por supuesto a toda mi familia en general, fundamentalmente a mi esposa y mis dos preciosas hijitas, a quienes les he robado parte de mi atención durante todo este largo tiempo de intenso trabajo.

INTRODUCCION

Consideraciones iniciales acerca del tema propuesto

La idea de esta tesis doctoral surgió hace ya muchos años, cuando mi actividad docente en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Rosario, originalmente desarrollada en el área de las estructuras resistentes, se vio enriquecida con mi incorporación en una de las materias del área del diseño, asignatura que estuvo hasta hace muy poco a cargo de mi director de tesis. Desde aquel no tan lejano momento, mi postura en relación al diseño de las estructuras de los edificios cambio de manera radical. Esta situación se debió fundamentalmente al percibir, en el seno mismo del taller de arquitectura, lo distante que se encontraban los conceptos que se impartían en la cátedra de estructuras de los que realmente eran de interés en los proyectos realizados por los alumnos en la cátedra de proyecto. A partir de esto, he intentado luchar permanentemente desde ambos frentes con la intención de conciliar con un único criterio valedero –el del diseño arquitectónico– dos áreas históricamente antagónicas: una de ellas, la que nos hace pensar y sentirnos como verdaderos artífices del hábitat urbano y la otra, eternamente olvidada y repudiada mayoritariamente por los estudiantes -y algunos profesionales-, dominada en general por ingenieros. Vale decir, no un diseño de la estructura resistente en función únicamente de

su propia resolución en cuanto a sus dimensiones y su ordenamiento geométrico, sino su capacidad intrínseca para poder ser manipulada en relación a las inquietudes formales del proyectista.

El problema de la enseñanza de las estructuras dentro de las facultades de Arquitectura no es nuevo, sino que fue reconocido en nuestro país hace ya más de 50 años en unas conferencias de profesores de estabilidad y Arquitectura. Ya en esa época, el arquitecto Luis Rébora, decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba, planteaba la disociación entre el conocimiento artístico y el tecnológico. En un extracto de su discurso inaugural de las conferencias decía:

No muy lejana la época, y desgraciadamente el método se conserva en algunas escuelas, en que esos estudios quedaban reducidos a simples procedimientos matemáticos, aunque los procedimientos en sí no tenían nada de simple, destinados a resolver elementos estructurales dados y que constituían los únicos recursos permitidos al arquitecto para solucionar su problema: la columna, la viga, la placa, el pórtico, el arco, la bóveda y los sistemas reticulados, constituían esos únicos elementos. Las restricciones del cálculo y los antipedagógicos métodos de enseñanza, dirigidos a plantear el procedimiento de cálculo y no su naturaleza intrínseca, cerraban el camino de la imaginación aún a los más dotados.¹

La primera propuesta de tema de tesis estaba enfocada precisamente en este sentido y la intención era la de poder dilucidar las causas que persisten en el seno de las dos áreas del conocimiento involucradas, que dificultan una adecuada integración de contenidos. Sobre dicho tema he presentado ponencias en diferentes jornadas de la especialidad y en diferentes congresos relacionados con la enseñanza de las

¹ CONFERENCIA de Profesores de Estabilidad y Arquitectura. (1º: 1963: Córdoba, Argentina). Trabajos. Córdoba, Argentina: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Córdoba, 1963.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

estructuras en la Facultad de Arquitectura,² en los cuales he tratado de generar un diagnóstico de la situación y plantear alternativas que aporten en la resolución de dicho problema.

La irrupción de nuevas complejidades formales y nuevas herramientas de diseño que progresivamente han ido apareciendo en arquitectura, produjo que en la cátedra de proyectos se fueran desarrollando otras inquietudes a nivel de diseño. Un tema muy recurrente en nuestra cátedra, las propuestas proyectuales de pequeños conjuntos de viviendas en zonas de renovación urbana, han sido utilizadas a modo de experimentación para constatar la viabilidad de la utilización de unidades modulares auto-portantes en altura como estrategia de conformación formal y espacial del conjunto edilicio.

La experiencia con bloques apilados ya había sido utilizada por un grupo de alumnos que simultáneamente se encontraban cursando una materia de las denominadas electivas “la estructura como archi-

² Entre ellos podemos citar:

- a) FERNANDEZ Paoli, Diego. La producción académica en los talleres de arquitectura entre el surgimiento de la arquitectura moderna y la actualidad y Félix Cardellach y la liberación de la forma estructural. Algunos aportes desde la pedagogía. En: Congreso regional de tecnología en arquitectura. (VII : 2015: Resistencia, Argentina). Trabajos. Resistencia, Chaco: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. 2015. ISBN – N° 978-987-29907-4-9.
- b) FERNANDEZ Paoli, Diego. Exploraciones proyectuales. Aplicaciones prácticas del conocimiento tecnológico y estructural y El diseño estructural en el proyecto arquitectónico. En: Congreso regional de tecnología en arquitectura. (IV : 2011: Resistencia, Argentina). Trabajos. Resistencia, Chaco: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. 2011. ISBN–N° 978-987- 25052-5-7.
- c) FERNANDEZ Paoli, Diego. Nuevas relaciones entre sistemas estructurales en los edificios y sus implicancias formales en Arquitectura. Posibles aplicaciones pedagógicas y La actualización en el conocimiento para optimizar la enseñanza de las estructuras. En: Jornadas Estructuras en arquitectura. Experiencias en la enseñanza. (2° : 2011: La Plata, Argentina). Trabajos. La Plata, Argentina: Facultad de Arquitectura y urbanismo. Universidad Nacional de La Plata. 2011.
- d) FERNANDEZ Paoli, Diego. Relaciones entre Estructura resistente y forma arquitectónica. Aplicaciones de la investigación proyectual en el campo pedagógico y El Diseño estructural en el taller de Arquitectura. En: Jornadas Estructuras en arquitectura. Experiencias en la enseñanza. (1° : 2009: Córdoba, Argentina). Trabajos. Córdoba, Argentina: Sociedad de Arquitectos. 2009.

tectura”, con lo cual la idea era transmitir dicha idea a la cátedra de proyecto, en mi caso particular la asignatura Análisis Proyectual 2. Se propuso entonces aplicar el concepto de apilamiento de unidades volumétricas para el planteo de las diferentes propuestas. En la ejercitación las exploraciones han comenzado a partir de la unidad volumétrica, que en este caso se corresponde con la unidad de vivienda hasta llegar por adición a lo general -el conjunto-, con sus respectivas retroalimentaciones que han permitido controlar y re-direccionar el avance del trabajo. Las respuestas proyectuales han sido en general muy valiosas en cuanto al mayor desarrollo espacial logrado en las propuestas. Sin embargo, las falencias que han tenido los alumnos en cuanto a la incorporación de la componente estructural como generadora de forma arquitectónica han sido muy notorias. Esta situación fue la que en definitiva me ha terminado de convencer acerca de la posibilidad de modificar el tema de tesis, con el propósito de contemplar una problemática más pragmática y menos teórica, de aplicación mucho más directa por parte de los alumnos: la posibilidad de encontrar respuestas a nivel del diseño estructural, de modo de relacionar de manera integral las nuevas disposiciones formales basadas en apilamientos de unidades modulares en altura con la dimensión tecnológica de la arquitectura.

La divergencia entre la cuestión artística y la técnica en la arquitectura actual

La sofisticación de los sistemas de cálculo estructural por elementos finitos, los avances tecnológicos, así como la capacidad de modelización de los nuevos programas informáticos con la conjunción de las estructuras mixtas..... permiten a partir de procesos geométricos como modo de aproximación al paisaje y a la forma urbana, subvertir lo que hasta hoy parecían relaciones inmutables entre forma y construcción.³

³ FERRATER, Carlos. Construir con acero. *Tectónica. Estructuras apiladas*. (9): 2, 2009.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

La subversión de las relaciones inmutables entre forma y construcción que sugiere Ferrater a partir de la irrupción de las nuevas tecnologías informáticas, representa de manera inequívoca la situación de la arquitectura en la actualidad y es la motivación principal que impulsa la presente tesis. Estas formas de producción y representación basada en nuevas técnicas digitales, han sido desarrolladas muy extensamente por numerosos autores, con lo cual no es la intención de esta tesis detenerse en su tratamiento. La cuestión que sí interesa, como punto de partida de este trabajo, es el impacto que han tenido estas herramientas digitales en la producción de formas arquitectónicas.

Sin entrar en la discusión de que si esta situación se ha originado a partir de la irrupción de la tecnología informática o se ha manifestado de algún modo con anterioridad, esta supuesta ruptura entre la lógica del material y la lógica formal–expresiva significa por lo menos poner en duda toda la tradición de origen racionalista que ha atravesado la arquitectura, cuya raíz la podemos encontrar allá lejos en el advenimiento de la revolución industrial. Tradición racionalista de la arquitectura, arraigada en las ideas de Viollet de Duc, Botticher y Semper entre otros, y luego retomada a principios del siglo pasado por Choisy y por los primeros maestros de la arquitectura moderna, que se basaba fundamentalmente en el convencimiento de que la forma solamente debía surgir como una consecuencia lógica de un problema técnico y no como un mero desarrollo a priori.

Si como consecuencia de esta aseveración las exploraciones formales van adquiriendo su propia autonomía, que le permite alejarse del control de la lógica constructiva inherente a esa forma, algunas de las verdades asumidas como absolutas por esta tradición podrían del mismo modo ser refutadas. Una de estas verdades asumía que la forma constructiva más representativa se deriva de la secuencia trilítica de

la viga y el pie derecho y que por esta misma condición se convertían luego en forma artística. Otra de ellas afirmaba que los tipos estructurales debían surgir bajo la consigna de la eficiencia tensional en cuanto a la transmisión de las solicitaciones a través de los elementos estructurales en su recorrido hacia el suelo. A esto se le suma que la utilización de estos tipos quedaba garantizada por las modernas teorías de cálculo estructural, que le brindaban una cierta seguridad y confianza a la hora de seleccionar un tipo adecuado a cada problema formal.

Las consecuencias de esta ruptura han sido en general malinterpretadas. Usualmente, se ha tomado por válido que si la cuestión de la forma arquitectónica no necesariamente debía estar condicionada por algún material o sistema constructivo-estructural que la pre-figure, no deberíamos preocuparnos por considerar a éstas últimas como factores que puedan influir en la definición de aquella. De este modo, la cuestión constructiva ha quedado en general relegada, en el mejor de los casos como simple elección final de un material que se asemeje a un maquillaje y cuyo atractivo ha sido seleccionado entre la gama de alternativas que la tecnología digital aporta casi automáticamente. Julio Bermúdez y Robert Hermanson plantean también la pérdida de la variable constructiva afirmando que “el acto arquitectónico se está desplazando de la materialización a la visualización. El lenguaje de textura está siendo depuesto por el lenguaje de imágenes,”⁴ produciendo un determinado efecto escenográfico.

Las formas modernas eran resultado al mismo tiempo de tipologías formales y estructurales, la mayoría de ellas controlables por parámetros geométricos que no eran muy difíciles de dominar por el arquitec-

⁴ BERMÚDEZ, Julio y HERMANSON, Robert. Cultura virtual & Cultura material: Una lectura arquitectónica. [en línea]. 1999. [Fecha de consulta: 05 Julio 2011]. Disponible en: <http://faculty.arch.utah.edu/people/faculty/julio/texto2.pdf>.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

tecto, lo cual permitía una cierta congruencia entre la expresión de dicha forma y la tecnología de ejecución. Del mismo modo, las denominadas formas complejas o libres que escapaban del control de la geometría euclidiana, podían ser generadas por modelos en maquetas, tanto para imaginarlas espacialmente, comprobar mecánicamente su comportamiento e incluso experimentar con formas estructurales óptimas, a la manera de Gaudí o Frei Otto.

La complejidad de la forma en la actualidad, en cambio, pone en crisis la capacidad del arquitecto para asumir su rol de articulador, desarrollador y sintetizador de las múltiples variables involucradas en el proceso proyectual multidisciplinario. Esto trae como consecuencia la pérdida del control total del proceso de producción del diseño cuyo papel era comparable al de director de orquesta, conocedor de todos los instrumentos y que los hace ejecutar armoniosamente. Las formas creadas, muchas de ellas complejas y retorcidas, al estar proyectadas bajo el control permanente de las simulaciones virtuales, llevan a un alejamiento de las mismas de sus posibilidades tecnológicas de ser erigidas y escapan de esta manera del dominio convencional del arquitecto. Esta arbitrariedad de la forma, tal como lo definen Mazziad y Guerrero, al no necesitar del control de la geometría tradicional, se ve obligada a ser validada por complejas demostraciones que la propia experimentación digital lo provee:

La presentación de cuidadosísimos gráficos digitales en donde no se puede establecer un proceso hacia el conocimiento acerca de estos proyectos, de estas ideas, de una descripción detallada de los aspectos inherentes a la generación de esa imagen, sino que provee únicamente una imagen acompañada de un oscuro escrito pseudo literario y o pseudo científico.⁵

⁵ MASSAD, Fredy y GUERRERO Yeste, Alicia. Media y teoría en la arquitectura digital. *Arqa/ar Comunidad* [en línea]. 2006. [Fecha de consulta: 06 Octubre 2011]. Disponible en: arqa.com/comunidad/colaboraciones/media-y-teoria-en-la-arquitectura-digital.html.

Del mismo modo, la independencia de las leyes físicas asociadas a la generación de dicha forma, provoca que el arquitecto se vea necesitado de contar desde el inicio del proceso proyectual, con la ayuda del especialista en estructuras, el cual garantice la viabilidad de su construcción a través de la utilización de potentes programas de cálculo estructural.

Surge de esta manera una dicotomía entre la cuestión artística de la arquitectura –entendida ésta como expresión de la forma- y la tecnológica, –que se entiende en relación a los procesos que permiten la materialización de aquella-, que se profundiza aún más por el ilimitado dominio por parte del proyectista de las simulaciones virtuales basadas, como dice Alejandro Bernabéu Larena, en “la extraordinaria potencia de las técnicas auxiliares de diseño y construcción”.⁶ Del mismo modo, la utilización por parte del ingeniero de los potentes programas de cálculo, permite verificar una determinada propuesta estructural de manera casi instantánea, pudiéndose de esta manera generar y calcular cualquier forma imaginable sin ningún impedimento de orden constructivo que la condicione.

A nivel pedagógico, en cambio, esta nueva manera de producir arquitectura no ha alcanzado a generar cambios sustanciales en cuanto a la metodología de enseñanza, que continúa atada sin observarse grandes modificaciones, a la estructura general adoptada por la primacía del proyecto como rama pedagógica principal, al cual todas las materias de orden tecnológico debían servir. Las nuevas herramientas informáticas no han podido insertarse con facilidad dentro de la práctica pedagógica en el taller de arquitectura, ya que en general no son compatibles con la metodología de trabajo derivadas de la idea de

⁶ BERNABÉU Larena, Alejandro. Estrategias de Diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond. Tesis (doctoral) [en línea]. Madrid, España: Departamento de estructuras de edificación. Escuela técnica superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, 2007. 476 p. [fecha de consulta: 16 Mayo 2008] Disponible en: <http://oa.upm.es/910/1/AlejandroBernabeuLarena.pdf>.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

partido⁷. En el caso de utilizarlas, estas nuevas tecnologías, según Corona Martínez,⁸ son más instrumentos para mostrar lo que ha concebido previamente de manera tradicional o a lo sumo como prefiguración formal, más que como una herramienta de diseño, trastornando de esta manera el proceso creativo. La presencia de la escala en el dibujo analógico le permitía al alumno controlar todas las etapas de diseño; su ausencia en el caso de la gráfica digital es un problema con el cual se debe enfrentar. En el caso de la representación bidimensional en planta, corte y alzado, la tentación de su empleo desde el inicio del proceso proyectual ahogan,-según el mismo autor,- las capacidades creativas del alumno⁹, ya que la elaboración de dibujos extremadamente precisos para esa instancia requieren pensar en simultáneo un número significativo de variables que el alumno no está en condiciones de resolver. Del mismo modo, en el caso de representaciones tridimensionales, al alumno se le despliega un abanico muy amplio de alternativas formales complejas de generación casi instantánea, de las cuales muy poco o nada puede comprender en cuanto a su mecánica resistente. Junto a lo anterior, la ausencia de una escala de referencia en la etapa de generación de estos modelos, predispone al alumno a considerar el objeto tan solo en su dimensión representacional, dejando de lado las consideraciones que atienden todo lo referido a sus posibilidades de materialización.

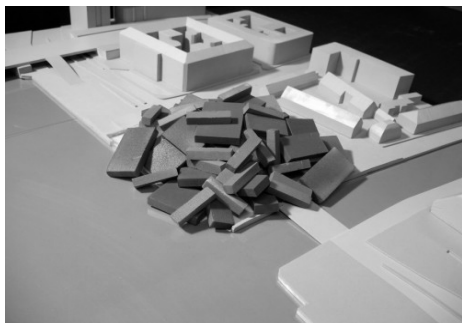
La tesis doctoral ya comentada de Alejandro Bernabéu Larena es muy significativa en su reconocimiento de las nuevas estrategias empleadas de diseño estructural y se convierte en un referente ineludible al

⁷ Esto se puede deber también, entre otras causas, a la superpoblación universitaria en la actualidad que impiden su uso fluido y muchas veces a la escasa predisposición del claustro docente y estudiantil a familiarizarse con estas nuevas tecnologías por falta de capacitación o el inadecuado uso de las mismas.

⁸ CORONA Martínez, Alfonso. La composición en la 2ª mitad del siglo XX. *Revista Summa* + (70): 102, 2005.

⁹ Ibid.

I



II



momento de reconocer la actual posición del diseño estructural en arquitectura¹⁰. Este trabajo enumera y describe un número significativo de obras de reconocidos arquitectos que han utilizado estas nuevas estrategias en sus principales obras, apareciendo la figura del ingeniero Cecil Balmond¹¹, cuyos escritos y soluciones estructurales novedosas han influido de manera notoria en el panorama arquitectónico de la actualidad. Sin embargo, reconoce el mismo autor, que el caso particular de Balmond es poco común y en general el ingeniero esta poco habituado a resolver temas complejos, tendiendo casi siempre a encontrar respuesta en los sistemas estructurales habituales. Las nuevas estrategias que enumera Larena¹² se encuentran en general vedadas para el común de los arquitectos -y lógicamente mucho más para los estudiantes- debidos justamente a lo complejo e híbrido de su generación. Estas se basan en sistemas estructurales alejados de su legitimación formal que le brindaba su capacidad constructiva, que provocan que el profesional ingeniero en estructuras deba participar desde el inicio en el proceso de concepción de la idea arquitectónica en íntima colaboración con el arquitecto.

A partir de este reconocimiento de la divergencia entre arte y tecnología, descrita como problemática inicial, es muy sugerente la coexistencia en la actualidad de dos estrategias de diseño muy difundidas

¹⁰Bernabeu Larena plantea las estrategias de diseño estructural como herramientas que permiten plantear el proyecto a partir de la estructura, adquiriendo por tanto una función creativa dominante, es decir estrategias de diseño a partir de la estructura.

¹¹En este sentido aparte de la obra de Larena ver también el libro “Informal” de Cecil Balmond en donde se analizan las soluciones estructurales empleadas en muchos edificios emblemáticos de la actualidad.

¹²Estas estrategias son: La estructura alterada, La estructura optimizada, la estructura contenedora y la Estructura algorítmica. Las dos primeras en general son intervenciones puntuales o parciales que distorsionan la lectura del espacio arquitectónico: en la estructura alterada lo que se busca es distorsionar arbitrariamente las configuraciones o sistemas clásicos, la optimizada también es provocadora pero con un control más eficaz en el funcionamiento estructural del sistema. Las dos últimas valoran la relación de la estructura como forma; mientras que la estructura contenedora busca a través de las pieles estructurales generar un contenedor que englobe forma, estructura y cerramiento, la algorítmica busca legitimarlo a través de procesos matemáticos o geométricos derivados muchos de ellos de formas naturales.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

basadas en una idea de apilamiento. Una de orden proyectual, que se presenta habitualmente a través de una conformación espacial basada en el empleo de unidades funcionales componibles, casi como un juego de piezas para armar. (Fig. I a IV) Otra de orden técnico, basada en la disposición de unidades constructivas superpuestas en altura, revalorizada a partir de la incorporación de nuevos adelantos tecnológicos que suplen las falencias propias de un sistema de construcción basado en las restricciones gravitatorias. Destacados proyectistas de la actualidad, entre los cuales podemos nombrar en primer lugar a Rem Koolhaas y a su oficina OMA, como SANNA, Herzog y de Meuron, entre otros, utilizan recursos de diseño basados en lógicas de apilamiento, identificados a través del empleo de los denominados diagramas de forma que surgen de un exhaustivo análisis del programa arquitectónico. Del mismo modo, tanto Peter Zumthor como Estudio Ensemble, Sou Fujimoto, como así gran parte de la nueva camada de arquitectos sudamericanos como Rafael Iglesia, Solano Benítez, entre otros, utilizan en sus diseños lógicas constructivas basadas en el empleo de unidades apiladas. La búsqueda de alternativas de integración entre ambas estrategias van a dar cuenta de la imposibilidad de lograrla, debido fundamentalmente a la escasa versatilidad que posee la técnica del apilamiento en tanto sistema constructivo y estructural para adaptarse a las formas complejas identificadas. El reconocimiento de esta falencia es necesario para convertirse en un disparador para poder avanzar en el desarrollo de la tesis y comenzar a generar instancias propositivas de integración.

Objetivos, organización y aspectos metodológicos a desarrollar

Lo que se propone la tesis es demostrar la viabilidad de la fusión de ambas estrategias, de manera de que esta integración permita el control simultáneo de proyecto y construcción. Para ello la hipótesis

III



IV



Figuras I a IV. Apilamientos volumétricos planteados casi como un juego formal. I y II: Bryghusprojekt. Copenhagen. 2013. OMA. III y IV: Actelion center. Allschwill. 2010. Herzog y De Meuron.

intenta posicionar nuevamente a lo compositivo como recurso que guíe las decisiones proyectuales en su fase abstracta, decisiones que deben superar su rol meramente organizativo, tal como ha sido entendido desde su irrupción como prefiguración de la arquitectura, de manera de lograr una concordancia formal entre programa funcional y estructura. El estudio de estos edificios basados en módulos apilados componibles espacialmente, serán los utilizados para poder demostrar la viabilidad de este procedimiento configurador. El objetivo principal que se plantea consiste en la necesidad de evaluar la potencialidad de este procedimiento para clarificar y comprender su modo de aproximación al proyecto, de manera de incorporarlo naturalmente al proceso de generación de la forma arquitectónica y generar una cierta “conciencia arquitectónica” de la estructura.

Es importante aclarar que el interés del trabajo es posicionarse en las instancias iniciales del diseño estructural, específicamente en su etapa de concepción. No es intención de este trabajo indagar ni resolver ninguna cuestión que se proponga la verificación cuantitativa de los elementos estructurales que conformarán dichas posibles soluciones, sino brindar solamente estrategias de composición estructural a nivel general. Del mismo modo, para que dichas estrategias puedan ser una respuesta eficaz frente a los nuevos paradigmas formales de la arquitectura actual, es necesario revertir aquella relación que imponía al aspecto constructivo-estructural su primacía respecto de las especulaciones espaciales de la forma, al ser esta última consecuencia de aquella y que posicionaba a la cuestión formal-espacial, en el escalón más alto del proceso proyectual.

Para lograr los objetivos planteados la tesis se vertebrará en tres instancias principales. La primera de ellas, de carácter esencialmente analítico, versará acerca de la trilogía composición, forma y estructura,

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

intentando dilucidar las distintas valoraciones que dichos términos han tenido en distintos momentos históricos y sus diferentes instancias de aproximación. Lo que interesa de la composición es particularmente si ha tenido alguna relación como método de prefiguración arquitectónica, con cuestiones que hayan ido más allá de un simple instrumento de ordenación en planta y alzado siguiendo determinadas lógicas combinatorias de figuras geométricas, o ha tenido alguna vinculación con cuestiones relacionadas con el desarrollo formal, funcional o técnico. Se analizará primeramente como la composición se ha adoptado como método desde las primeras teorizaciones de J.B.Durand a finales del siglo XVIII, hasta llegar a profundizar acerca de las capacidades que ha tenido y posee actualmente el apilamiento de funciones como estrategia compositiva. El reconocimiento de estas aproximaciones dará cuenta del carácter autónomo y disociado de toda especulación de orden formal con que se ha asociado históricamente dicho término.

Respecto de la forma, el haber establecido como prioridad para este estudio su relación tanto con lo compositivo como con lo técnico, en nuestro caso con lo específicamente estructural, nos obliga a considerarla más allá de un simple envoltorio donde se desarrollan funciones, sino de manera mucho más profunda y abarcativa: como una entidad que posee una lógica de estructuración interna que se refiere a su capacidad de conferirle unidad al todo. El reconocimiento de una fase abstracta de la forma, además de la concreta que está relacionada con el aspecto visual de la misma, permite establecer diferentes relaciones con lo específicamente estructural. Estas posibles relaciones se presentarán a partir de la consideración de como la estructuración técnica de la forma, que incluye a lo estructural, se posiciona en relación con la estructura visual de la misma. Estas luego se convertirán en categorías de análisis que se emplearán para analizar los casos de estudio presentados en el desarrollo de la tesis.

Una vez establecidas y clarificadas dichas relaciones, se indagarán las distintas aproximaciones históricas de la relación entre los apilamientos compositivos y constructivos. En este punto, se analizarán dichos métodos en relación con los procedimientos constructivos utilizados. El objetivo de este estudio es poder establecer el grado de incidencia de lo constructivo en la estrategia de definición de la forma, pudiendo reconocerse a través del análisis de casos concretos, como ambas estrategias se han presentado disociadas.

La segunda instancia, de carácter exploratorio, intentará rescatar aquellas actitudes proyectuales teóricas y prácticas que hayan podido integrar armónicamente las preocupaciones de índole compositiva con las específicamente técnicas. Estas, para que sean lo suficientemente representativas, van a presentarse desde las dos disciplinas vinculadas al proyecto: la ingenieril y la arquitectónica. Desde una perspectiva de lo constructivo-estructural, el re-descubrimiento del libro “Filosofía de las estructuras” de Félix Cardellach -ingeniero y arquitecto de origen catalán, en los inicios del siglo XX- se convierte en el envión teórico fundamental, con el objetivo de extraer unos principios estructurales fundamentales para el desarrollo de la tesis. Estos principios parten de la negación de todo pre-determinismo formal de las estructuras que dan origen a las tipologías, posicionándola al mismo tiempo como una instancia abstracta de experimentación formal, como en una instancia concreta de conformación constructiva, su constructividad, ya que solamente es validada como forma estructural una vez establecida dicha condición material. Por tanto, la forma estructural no se presenta ni a priori ni a posteriori, sino en ambas a la vez, una como forma abstracta y la otra como concreta. Por otro lado, el apilamiento constructivo es perfeccionado por Cardellach utilizando el concepto de *empilage*, cuyo origen y evolución se profundizará para poder demostrar su gran importancia como sistema constructivo esencial, demostrando sus

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

progresivas adaptaciones que lo han convertido prácticamente en el germen de todo sistema estructural posterior. En este punto, con el *empilage* se enlazarán los conceptos de estereotomía y tectónica propuestos por Semper como dos maneras diferentes de generar forma, para verificar como ambas técnicas se pueden entremezclar y producir nuevas formas constructivas bajo el control de la unidad a apilar generatriz. La búsqueda a partir de Cardellach consistirá en poder vincular los principios individualizados en su tratado con los recursos de orden geométrico utilizados tradicionalmente para componer, con el propósito de poder integrarlos armónicamente.

Desde la perspectiva específicamente arquitectónica, aparecen las figuras de Frank Lloyd Wright y Louis Kahn, los cuales han utilizado estrategias compositivas en sus diseños basados en el empleo de unidades funcionales, en donde han incorporado tanto la variable constructiva como la estructural. Wright, con su visión orgánica de la arquitectura que pregonaba la descomposición de la caja arquitectónica en sus planos conformantes, lo que logra es liberar a la estructura de su determinismo expresivo, utilizando para ello el concepto de transferencia de cargas y de continuidad tensional como instrumentos que permitan no interferir con su disposición estructural, la continuidad del espacio arquitectónico. Todas estas enunciaciones van a permitir luego ser comprobadas en una de sus obras más significativa como es la “Falling Water” o “Casa de la cascada”, la cual representa como se ha podido articular en una sola entidad la composición a través de prismas espaciales, que contienen en sí mismo tanto el germen de la solución estructural, como el uso particular que le es asignado funcionalmente. Además del material publicado, se han generado diferentes esquemas conceptuales que demuestran los procesos iniciales de diseño basados en el empleo de prismas espaciales ideales, que al ir descomponiéndose en planos terminan por definir la trilogía forma-estructura-expresión característica de su obra.

A tono con lo anterior, Louis Kahn diferencia la forma previa respecto de la definitiva, las cuales al no ser necesariamente coincidentes en su aspecto exterior, permite manipular expresivamente la forma estructural representada por la unidad elemental compositiva – la “unit system”. Posteriormente, con el concepto de estructura ahuecada que toma prestado de Le Ricolais, Kahn desarrolla el concepto de espacios servidos, donde se desarrolla el espacio ahuecado y sirvientes, donde dispone todo el legado estructural necesario para “contener” aquel. Esta diferenciación entre ambos espacios, va a permitir enlazarlos, en el proyecto de la City Tower de Filadelfia, con los conceptos anteriores de unidades este-reotómicas –la unidad servida ahuecada- vinculadas por miembros tectónicos –la estructura sustentante propiamente dicha-, ubicada en los espacios sirvientes.

La tercera instancia, de carácter propositivo, buscará desarrollar posibles prefiguraciones de lógicas compositivas basadas en la estrategia del apilamiento, con el fin de generar sucesivos mecanismos resistentes aptos de ser aplicados genéricamente en el campo del proyecto. Para ello, se han generado una serie de dibujos a nivel de croquis generativos que representen básicamente las traducciones formales de las propuestas estructurales reconocidas de Cardellach. Del mismo modo, estas estrategias podrán ser verificadas en tres casos concretos de actuación profesional correspondientes a un referente de la arquitectura contemporánea como es el arquitecto Rem Koolhaas. Sobre estos edificios ellos se esclarecerán el modo en que el apilamiento compositivo y estructural puede convertirse en una estrategia viable de producir arquitectura. El análisis de los ejemplos se realizará a partir de un relevamiento muy riguroso obtenido de las planimetrías y fotografías de diversas publicaciones, de los cuales se ha hecho una posterior interpretación personal del funcionamiento general de la estructura de dichas obras, que incluye la elaboración de esquemas estructurales y maquetas realizados por el autor de la tesis. La se-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

lección de dichos ejemplos se plantea en función de lograr una mayor diversidad de casos que puedan englobarse como apilamientos, sin que en la realidad hayan sido pensados bajo esta estrategia de composición. De este modo, lo más importante que se desprende de esta estrategia es su carácter generalizable, ya que al no tener la necesidad de exhibir la condición de apilamiento constructivo tal cual ha sido concebido, puede significar una posibilidad concreta de aplicación en otras configuraciones formales y estructurales muy distantes de ser entendidas inicialmente como apilamientos.

El primer ejemplo analizado, el Museo de Bellas Artes de Quebec, es el que mejor se adecua a la idea de apilamiento compositivo y estructural. En cambio, en los otros dos ejemplos, la Biblioteca de Seattle y el teatro Dee & Charles Wyllys de Dallas, la posibilidad de analizarlos bajo la órbita de los apilamientos solo será posible una vez analizadas las aportaciones anteriores. De cada uno de estos ejemplos se reconocerán a través de estos gráficos explicativos las secuencias operativas que parten del reconocimiento de las unidades compositivas dentro de la silueta del edificio, continuando con la individualización de los planos estructurales que la posicionan como auto-portantes, para culminar con la individualización los mecanismos resistentes inherentes para garantizar la transmisión efectiva de los esfuerzos e individualización del sistema estructural general a través de sus planos conformantes.

Por último, las conclusiones finales darán cuenta fundamentalmente de las ventajas operativas que se presentan al considerar la estrategia del apilamiento, en tanto composición y construcción, como un modo de aproximación al proyecto arquitectónico, de manera de generar un aporte concreto a la búsqueda inicial de conciliar las preocupaciones artísticas de la arquitectura con las que hacen a su materialización.

1.COMPOSICION, FORMA Y ESTRUCTURA

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

El plano, haz de ideas e intensidad integrada en ese haz de ideas, se ha convertido en una hoja de papel donde los puntitos negros que son los muros y los trazos, que son los ejes, constituyen un mosaico, un panel decorativo. Son gráficos de estrellas resplandecientes que provocan una ilusión óptica. La estrella más hermosa se convierte en el Gran Premio de Roma.¹

El arquitecto se ha valido del recurso de la composición para diseñar desde la irrupción del proyecto como mecanismo pre-figurador del objeto arquitectónico. La aparición de los métodos de dibujo en los inicios del período renacentista, permitió comenzar a diseñar los espacios previamente a su construcción. Según definición de la real academia española componer significa “formar de varias cosas una, juntándolas y colocándolas con cierto modo y orden”, con el objetivo -según otra acepción- de “constituir o formar” a un cuerpo determinado. Podemos decir entonces que en la composición no solamente juntamos u ordenamos espacios sino que también le damos forma -o constituimos- al objeto que resulta de esa combinación. Reyner Banham cita a Julien Guadet, reconocido teórico de la arquitectura, proveniente de la tradición academicista en la enseñanza, el cual se preguntaba acerca de que era compo-

¹ LE CORBUSIER. Hacia una arquitectura. 1ª. ed. Buenos Aires: Poseidón, 1965. p. 145.

ner. Este concluía que componer era “poner, juntar, soldar, unir las partes de un todo²,” debiendo considerar a este todo como una organización compleja, con lo cual podemos decir que la composición está asociada directamente con lo proyectual. Como lo plantea Giovanni Corbellini: “La composición arquitectónica se entiende generalmente como la disciplina del montaje ordenado de elementos simples en partes cada vez más organizadas sucesivamente agregadas en estructuras complejas.”³

Continuando con el análisis del término composición, lo siguiente sería definir cuáles son las partes de ese todo que vamos a diseñar, o dicho de otro modo, con que parámetros podemos identificar a esas subdivisiones que proponemos como partes de un edificio y denominarlos -como de hecho se hizo- elementos de composición. Son figuras abstractas aleatorias que no responden a ningún criterio ni funcional ni constructivo del edificio?; son espacios concretos que remiten a los límites de o los locales que encierra?; son modulaciones basadas simplemente en consideraciones constructivas o estructurales, independientemente de los espacios que encierra?; son unidades funcionales completas que definen un tipo de edificio, por ejemplo una unidad habitacional completa? La definición de cuales han sido estos elementos de composición y la influencia que han tenido estos métodos en la prefiguración del proyecto en distintos períodos históricos, es sobre lo que vamos a indagar en la primera parte del capítulo.

Si definimos la composición como un método que recurría a combinar partes de un edificio según un ordenamiento que sigue una determinada lógica, podemos reconocer, a partir de la posguerra, expe-

² BANHAM, Reyner. Teoría y Diseño Arquitectónico en la era de la máquina. 1ª. ed. Buenos Aires : Nueva Visión, 1971. p. 2.

³ CORBELLINI, Giovanni. Gli spazi S/misurati : strumenti di controllo compositivo nella grande dimensione. Monografia. Venecia, (s.n), 1991. p. 90. La traducción al castellano corresponde al Dr. Arq. Gustavo Carabajal.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

riencias de agrupamiento espaciales en altura basadas en el empleo de unidades modulares, cuyo objetivo inicial ha consistido inicialmente en resolver cuestiones fundamentalmente de orden urbanístico a gran escala. Estas han sido las experiencias mega-estructuralistas, sobre las cuales indagaremos al inicio de la segunda parte. Posicionándonos en la actualidad, es fácilmente reconocible que los agrupamientos espaciales han vuelto a reaparecer bajo otras motivaciones. Estos se refieren más a experimentaciones formales autónomas que respondan a las exigencias contextuales, privilegiándose lo dinámico y lo perecedero de la vida urbana. Sobre estas experimentaciones indagaremos posteriormente.

Por último, la definición de lo compositivo que nos interesa no solamente se refiere a la generación de mecanismos de orden geométricos que “disciplinen” el diseño, sino también con la expresión de la lógica interna de la forma que incorpore a su vez las demandas constructivas y estructurales del mismo. Lo que se busca entonces es primeramente cual es la definición de forma que interesa a este estudio y cuáles son los vínculos que pueden establecerse con la estructura resistente de los edificios, específicamente en las instancias iniciales de la propuesta resistente. Se analizarán las posibles relaciones que surgirán en función del grado de visibilidad, o si se quiere, del protagonismo expresivo que presente la estructura resistente dentro del conjunto de la forma arquitectónica. Estas relaciones luego nos van a ser de utilidad para definir una serie de categorías de posibles variantes. Una vez establecidas estas relaciones, el próximo paso será el de poder dilucidar si el aspecto constructivo de la arquitectura, que involucra también al sistema estructural, ha tenido en el transcurso del tiempo algún tipo de valoración que haya podido, aunque sea en parte, condicionar las reglas generativas utilizadas para componer, tanto en los métodos convencionales como en los métodos basados en unidades espaciales apiladas.

1.1 La composición como mecanismo pre-figurador del proyecto

La composición académica

1.1.1

Se puede argumentar que la composición como método de proyectación arquitectónica ha comenzado a desarrollarse a partir de una teoría de la arquitectura que privilegiaba la técnica, los materiales y la construcción, necesitando para ello construcciones económicas y adecuadas acordes a dicha técnica. Hasta la irrupción de los tratados de composición elemental de J.B Durand a principios del siglo XIX, lo compositivo estaba implícito en lo constructivo – formal. De este modo, la composición como estrategia pre-figurativa del proyecto, no existía. Solamente se copiaban edificios de la antigüedad con funciones parecidas y se reproducían casi literalmente. Durand, tutor de la escuela Politécnica de París, codificó los métodos compositivos en una serie de esquemas modulados de tipos de plantas y alzados alternativos para la enseñanza de la arquitectura, procedimiento que termino de formalizarse en la enseñanza oficial de la arquitectura que abarcó hasta muy entrado el siglo XX.

Durand ejemplificaba en sus cursos de diseño en la Escuela sus métodos de diseño basado en unas fórmulas gráficas, (Figura 1) que luego se convertían en una serie de organigramas, o si se quiere partidos, basados en organizaciones funcionales aptas para ser aplicadas globalmente a diferentes tipos de edificios. Su método de proyectación consistía en principios de composición elemental a través de formas ideales abstractas, que eran simples ordenamientos generales de figuras geométricas que generalmente remitían a ambientes o locales funcionales del futuro edificio y que luego se traducían en planta. El mismo Durand confesaba que para aprender la profesión de arquitecto solo era necesario apren-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

der a dividir un cuadrado en una cuadrícula regular: “Todo edificio no es, y no puede ser, sino el resultado de

1

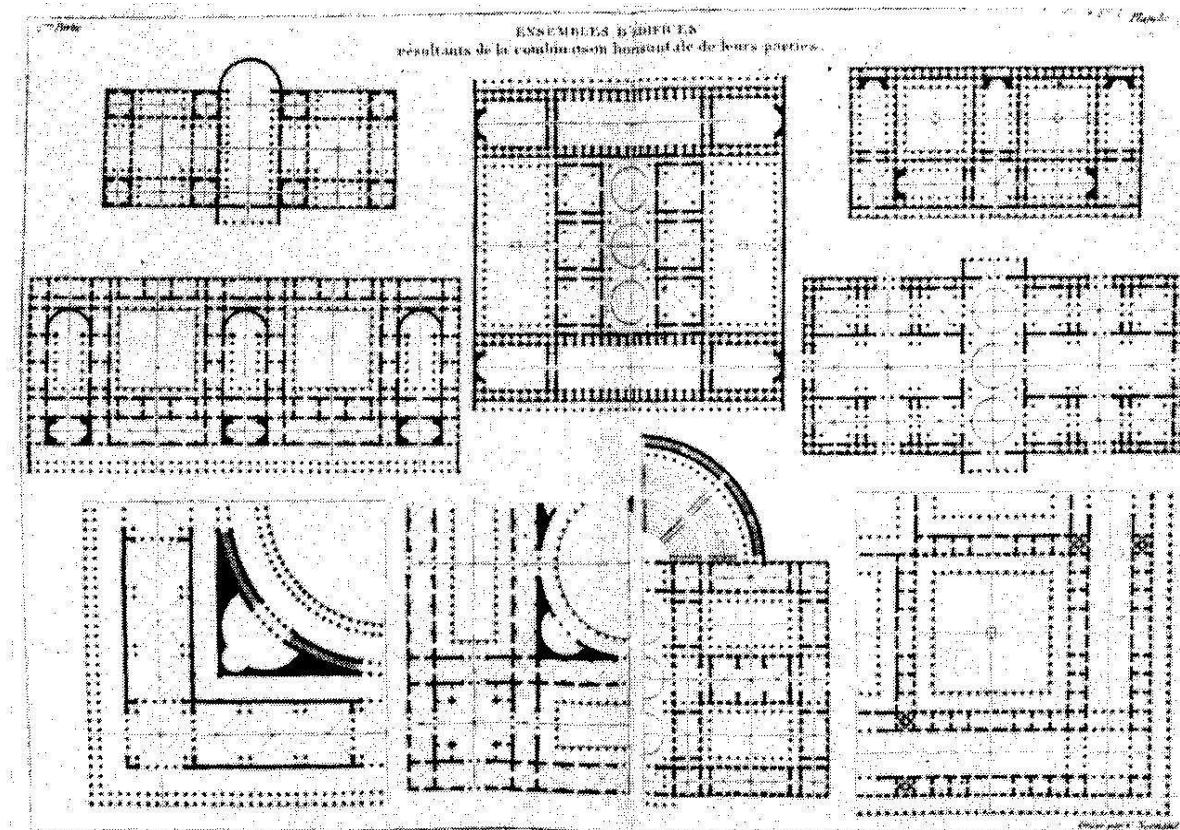


Figura 1. Ejemplificación del método compositivo que enseñaba J.B. Durand en la Ecole Polytechnique de Paris.

ensamblar y reunir (componer) un mayor o menor número de partes”.⁴ Estas partes se podían agrupar de diferentes maneras, acorde a modelos tipológicos establecidos, hasta adoptar un partido que le satisfaga al proyectista, siempre y cuando se respetaran las reglas básicas de proporciones y simetría.

Este método de composición comenzaba con la planta, enmarcada dentro de una figura preferentemente cuadrada y subdividida luego en una cuadrícula regular, donde se trazaban los ejes principales y secundarios que enlazaban las distintas habitaciones. A esta organización básica luego se le imponían los elementos de arquitectura, las paredes y los soportes estructurales. Esta disposición elemental en planta luego se trasladaba a los cortes y los alzados para incorporarle el ornamento, los adecuados a las preferencias estilísticas del proyectista, que por otra parte eran seleccionados entre una serie de modelos que debían satisfacer las exigencias de la época. El alzado solo era el plano en el cual se disponían los límites exteriores del edificio y se pensaban como un gran plano neutro en el cual se superponían los elementos de arquitectura. Estos elementos eran un catálogo de disposiciones de origen constructivo, sobre los cuales la capacidad creativa del arquitecto estaba limitada únicamente al moldeado decorativo con función únicamente ornamental que proveía la consistencia expresiva al conjunto.

Durand, en su compendio de lecciones de arquitectura que desarrolló entre 1802 y 1805, proponía para proyectar comenzar sustractivamente por el conjunto, generalmente con una geometría cuadrada o rectangular, de lo general a lo particular, hasta reconocer las partes constituyentes. En cambio, para aprender a componer, la operación es inversa, de lo particular a lo general consistente en la adición de unidades hasta llegar al conjunto.

⁴ Citado por MIDDLETON, Robin y WATFLIN, David. En: Arquitectura del siglo XIX, (5). Colección Historia de la arquitectura. Buenos Aires : Viscontea, 1985. p. 29.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Así como la composición clásica supone un ensamble de partes funcionales entre sí, la construcción debe seguir el mismo procedimiento, para poder mantener la estructura general, aunque también se puede proceder sustractivamente comenzando por el conjunto para definir después las partes.⁵

Este método ofrecía muy pocas posibilidades creativas. Solamente se trataba o de simples combinaciones de figuras que eran sustraídas de una figura base -la forma exterior del edificio-o, en cambio, de figuras que se disponían unas a otras según determinado principio, en general del tipo organizativo y que por adición determinaba la forma exterior. En ninguno de los dos casos, según Fernando Diez, estas operaciones mentales eran perceptibles a la vista⁶ y muy poco tenían que ver con pautas del tipo funcional o distributivo. La primacía de la planta, tal como opina Corona Martínez, era evidente en estos primeros métodos de ideación arquitectónica:

El estudiante inicia su proyecto con croquis –idea general– en planta compuesta con elementos de composición –figuras geométricas en planta-; luego se desarrolla precisando la naturaleza de los límites espaciales y el ornamento (forma de los órdenes clásicos y sus complementos) en fachadas y en corte. La sustancia del proyecto es la planta que pone énfasis en la practicidad y economía de la clase burguesa.⁷

Julien Guadet, más adelante, continua desarrollando el método compositivo, a tal punto que en su tratado “Element’s et Theorie de L’Architecture” escrito entre 1901 y 1904 no hace ningún tipo de referencia al método compositivo porque era completamente sabido y aplicado como práctica proyectual, de manera que no era necesario discutirlo. Dice Guadet citado nuevamente por Banham: “componer es

⁵ Citado por MUÑOZ Cosme, Alfonso. Historia del proyecto. Concepto, proceso y representación. Colección dirigida por Jorge Sainz. Barcelona : Reverté, 2008. p. 42

⁶ DIEZ, Fernando. Adición y Sustracción. De la organización a la metáfora. *Summa +*, (104): 32-38, Noviembre 2009.

⁷ CORONA Martínez, Alfonso. La composición en la segunda mitad del siglo XX. *Summa +*, (70): 101, Diciembre 2004.

hacer uso de lo que se sabe. La composición trabaja con materiales, tal como lo hace la construcción, y estos materiales son, precisamente, los elementos de Arquitectura.”⁸

La composición moderna

1.1.2

En función de los cambios culturales acaecidos a principios del siglo XX, la vieja idea de partido heredada del academicismo, entendido ésta como organización general de los espacios que la composición solamente reproducía en planta, debía dejar paso a los espacios modernos. Estos espacios requieren ser expresados a través de nuevos elementos de composición y ser delimitados a su vez por nuevos elementos de arquitectura, que no son más aquellos de existencia concreta de catálogo que el arquitecto o el estudiante podía seleccionar. En la modernidad aparecen los llamados organigramas, que eran estudios funcionales, siempre en planta, que deriva posteriormente en una nueva idea de partido y que a diferencia del anterior, era suficientemente flexible para adaptarse a diferentes condicionantes de carácter contextual.

El plano de la casa, su masa cúbica y sus superficies han sido determinados, en parte, por las exigencias utilitarias del problema y, en parte, por la imaginación, la creación plástica. Ya en su plano, y por consecuencia en todo cuanto se eleva en el espacio, el arquitecto ha sido plástico, ha disciplinado las reivindicaciones utilitarias en virtud del fin plástico que perseguía: ha compuesto.⁹

Los elementos de arquitectura, de este modo, tienen existencia abstracta y se definen a partir de considerar el plano de cerramiento ya no como un fondo neutro receptivo de los órdenes sino como un fondo activo diseñable, dándole libertad al arquitecto de crear para cada obra sus nuevos elementos de

⁸ BANHAM: Op. Cit, p. 2

⁹ LE CORBUSIER: Op. Cit, pp. 177-178

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

arquitectura. Siguiendo el razonamiento de Corona Martínez, dichos elementos se presentaban hasta antes del movimiento moderno como un elemento activo, una figura sobre un fondo neutro –función que cumplía el muro– y eran cosas concretas y conocidas que se debían corresponderse con un orden determinado. Para dicho autor, los elementos de la arquitectura en el pasado pertenecían al campo de la forma. A partir del movimiento moderno, los elementos se renuevan formalmente hacia la abstracción, materializándose a través de formas geométricas elementales y que ya no pueden determinarse de manera concreta. De este modo, ya no se trata de una figura sobre un fondo sino que todo es ambiguo, es figura y fondo a la vez. Esto se traduce no tanto como una pérdida del concepto de elemento sino más como redefinición del concepto mismo.

Si la cuestión constructiva, siendo concreta, antes era despreciada o tenía un rol secundario, con los nuevos elementos abstractos se puede comprender que la situación no era la mejor. Salvo que se trate de un arquitecto experimentado, al estudiante de arquitectura le resultaría complejo asociar el problema constructivo simultáneamente con el desarrollo del partido, reduciendo todo el problema constructivo a la definición de una grilla estructural neutra. Como dice Corona Martínez “los elementos actuales aparecen como un cuerpo extraño que debe proveer formas a-estéticas y que no guardan una relación necesaria con los elementos de composición que deben limitar”¹⁰ –debido a la libertad proyectual de estos-, dando como resultado la separación completa de elementos de arquitectura y composición.

La profundización de la estética maquinista como símbolo cultural del hombre moderno tuvo en el purismo de la forma arquitectónica su manifestación más elocuente. El purismo, tal como lo plantea

¹⁰ CORONA Martínez, Alfonso. Ensayo sobre el proyecto. 2ª. ed. Buenos Aires : CP67, 1991. p. 167.

Framptom, influenciado por la filosofía platónica, proponía una depuración consiente de todos los tipos arquitectónicos y esto podía lograrse solamente por medio de una forma empírica, las figuras geométricas puras, que podían albergar todos los requerimientos funcionales y el impulso de los elementos abstractos de cerramiento del espacio para “cautivar los sentidos y alimentar el intelecto:”¹¹ Dicho de otro modo, la validación de la estética de la máquina solamente podía llegar de la mano del orden clásico que exprese el rigor de la geometría y que solo se lo podía brindar la forma pura y un esqueleto estructural que lo represente. Las tres sugerencias a los lectores de Le Corbusier, citadas por Benévolo: “volúmenes simples, superficies definidas mediante las líneas directrices de los volúmenes y la planta como principio generador”¹² representan la importancia de la geometría en la generación de la forma arquitectónica. Dentro de esta geometría, la estructura resistente refleja la estética proveniente de las construcciones ingenieriles -la estética del ingeniero - pregonada por el mismo maestro de la arquitectura moderna.

De este modo, en el período moderno, si bien el término composición no era muy bien visto, ya que remitía a los métodos utilizados en la Beaux Arts que resultaban anticuados a los nuevos valores de la cultura moderna, se han seguido utilizado sus métodos. La principal tesis de Banham apunta precisamente en esta dirección cuando dice que esta tendencia a diseñar en planta por los viejos métodos academicistas se debe a tres causas: la responsabilidad del arquitecto ante la sociedad, el enfoque racionalista o estructural heredado y la tradición de la enseñanza académica:

¹¹ FRAMPTON, Kenneth. Historia crítica de la arquitectura moderna. 3ª. ed. ampliada. Barcelona : Gustavo Gili. S.A, 1998. p. 154.

¹² BENÉVOLO, Leonardo. Historia de la Arquitectura moderna. 5ª. ed. ampliada. Barcelona : Gustavo Gili. S.A, 1986. p. 480. En este escrito el autor resume las principales ideas vertidas por L. Corbusier en “Hacia una arquitectura”.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

La teoría y la estética del estilo internacional se desarrollaron entre el futurismo y el academicismo, pero solo se perfeccionaron alejándose del primero y acercándose a la tradición académica, ya fuese derivada de Blanc o Guadet; luego justificaron esta tendencia mediante teorías racionalistas y deterministas de tipo pre-futuristas.”¹³

Los métodos Beaux Arts implicaban entonces continuar con la idea de composición mediante la subdivisión de un volumen prismático original para crear los espacios funcionales interiores. Peter Collins afirma que esta modalidad de subdivisión ha llevado a un simple formalismo, adoptando envoltorios arquitectónicos previamente conformados bajo formas prismáticas simples. Según Collins, Wright -del cual hablaremos después- tampoco era adicto a la utilización del término composición, prefiriendo para ello considerar a la arquitectura como una “cosa plástica moldeada como un fluido y no como algo yuxtapuesto, agregado o compuesto”¹⁴, aunque en realidad se refiera más a la composición como rechazo a la forma previa prismática producto de esta interpretación de lo compositivo –como vamos a ver más adelante- que a la utilización del término mismo. En la figura 2 se identifican cuatro métodos compositivos ejemplificados por Le Corbusier¹⁵, pudiendo observarse que la actitud compositiva prevalente se refiere más a la subdivisión en planta de los espacios funcionales contenidos dentro de una forma previa –el paralelepípedo-, que a la propia definición de forma planteada como resultado de las consideraciones funcionales previas.

¹³ BANHAM: Op. Cit, p.17.

¹⁴ COLLINS, Peter. Los ideales de la Arquitectura Moderna; su evolución (1750 – 1950). Colección Arquitectura y crítica. 3ª. ed. Barcelona : Gustavo. Gili S.A., 1977. p. 232. El autor afirma que el abandono de la idea de composición trajo como consecuencia la irrupción de la subdivisión de un volumen en vez del ideal de combinación. Sin embargo, ha sido suficientemente probado que la subdivisión de un volumen prismático original ha sido –y ha perdurado- desde la irrupción del método compositivo como la principal manera de proyectar arquitectura.

¹⁵ Estos bocetos fueron originalmente incluidas por Le Corbusier para la cubierta del 2º volumen de la Oeuvre Complete, editado en 1935.

Contra esta manera sustractiva de componer es la que ha reaccionado el movimiento elementarista “De Stijl” según lo expresa Bahman¹⁶. Theo Van Doesburg en su manifiesto de 1925 define las posturas de este grupo frente al problema de la composición:

- La forma en la arquitectura moderna en lugar de originarse “a priori”, debe ser un resultado “a posteriori”.
- La nueva arquitectura es elemental, es decir se desarrolla a partir de los elementos de construcción, que son los elementos creativos.
- Es funcional, es decir que el arquitecto determina los espacios funcionales en un plano claro y legible.
- La nueva arquitectura es informe en el sentido de que no reconoce un esquema a priori, un molde en que volcar los espacios funcionales.
- En relación al aspecto estético es anti-cúbico, es decir los diferentes espacios no están comprimidos en un cubo cerrado.

De esta manera, irrumpe el verdadero concepto de composición,-el elementarista- que en realidad re-flota el viejo ideal compositivo proveniente de Guadet, interpretado y usado simplemente como un método sustractivo. En la composición aditiva, según afirma Banham, “los elementos estructurales y funcionales pequeños –elementos de arquitectura– se combinan para obtener volúmenes funcionales, y éstos –elementos de composición– se reúnen para hacer edificios enteros.”¹⁷ La búsqueda de un volu-

¹⁶ BANHAM: Op. Cit, p. 35.

¹⁷ BANHAM: Ibid. p. 34.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

2

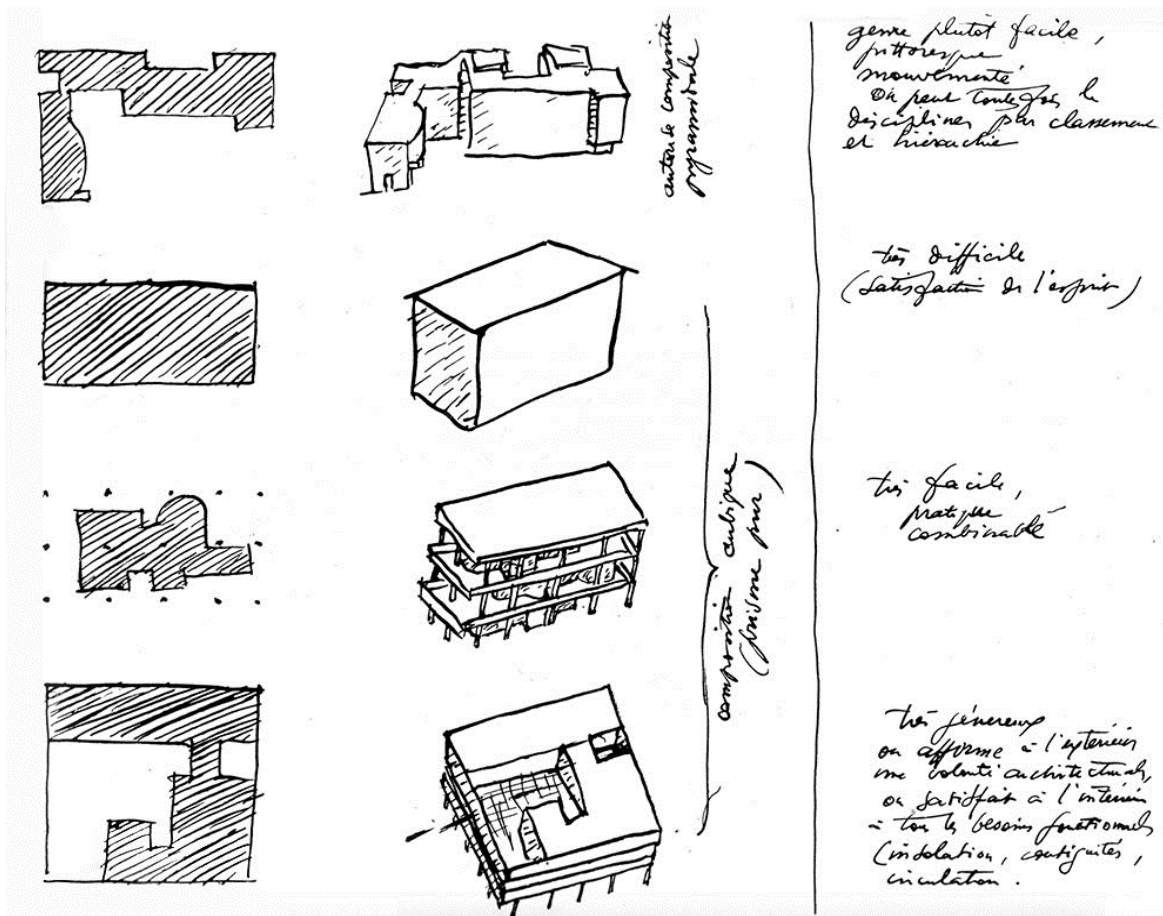


Figura 2. Cuatro composiciones, Le Corbusier: a) Método aditivo en la vivienda La Roche; b) Composición cúbica, Villa Stein; c) Variante de Composición cúbica, Villa Baizeau; d) Método sustractivo, Villa Savoye.

men completamente separado y totalmente definido formalmente para cada función es la característica principal de esta manera de componer, que remite con claridad a la corriente funcionalista de la arquitectura la cual afirmaba de manera contundente que “la forma sigue a la función”, de las cuales Sullivan ha sido uno de sus principales precursores a finales del siglo XIX.

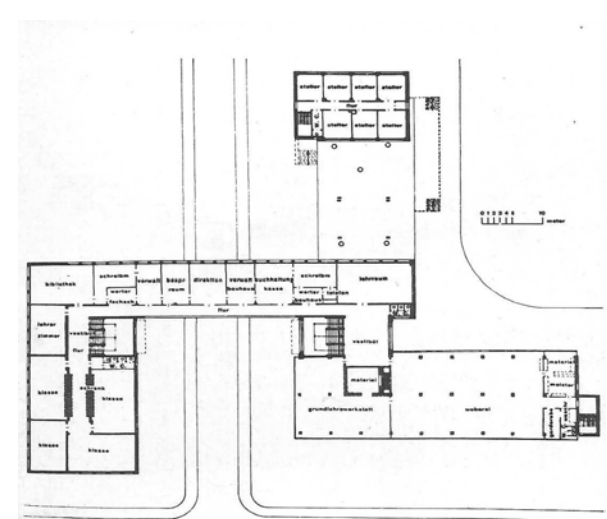
El ejemplo más contundente del funcionalismo en arquitectura lo encontramos en el edificio de la Bauhaus en Dessau diseñado por Walter Gropius. (Figura 3 y 4)

Figuras 3 y 4. Walter Gropius. Edificio de la Bauhaus en Dessau, Alemania. 1925 - 26. Composición elementarista del tipo aditivo, conformada por volúmenes que contienen usos diferenciados que son claramente expuestos a nivel formal.

3



4



1.2 Lógicas compositivas basadas en apilamientos de funciones

Preanunciando la composición modular aditiva de los años 50, Le Corbusier en la unidad habitacional de Marsella alude al concepto de unidades funcionales y espaciales autónomas, así como al concepto de flexibilidad y crecimiento que ha sido tan característico de la corriente denominada organicista. Sin embargo, estas divisiones espaciales si bien se insertan de manera mucho más aleatoria y libre sin tener el control de una forma que las contenga, se encontraban claramente definidas por el orden estructural que era representado por el esqueleto contenedor. (Figura 5)

Yona Friedman propone a mediados de la década del 50 lo que denomina “Arquitectura móvil”¹⁸, término que se asocia no tanto por la movilidad de las construcciones urbanas, sino referido más a una ciudad adaptable concebida exclusivamente por sus habitantes, atendiendo a los usos de una sociedad que se modifican permanentemente. Dentro del programa del urbanismo móvil de 1957 propone que los nuevos edificios toquen una superficie mínima del suelo, sean desmontables y desplazables y fundamentalmente sean transformables a voluntad por el habitante individual. (Figura 6)

En lo que se refiere específicamente al método compositivo, Friedman traslada el problema del edificio a partes de la ciudad, planteando la arquitectura como un estudio topográfico de redes en el espacio donde los volúmenes edilicios son planteados de manera abstracta como puntos y sus conexiones como

La composición aditiva de las mega-estructuras 1.2.1

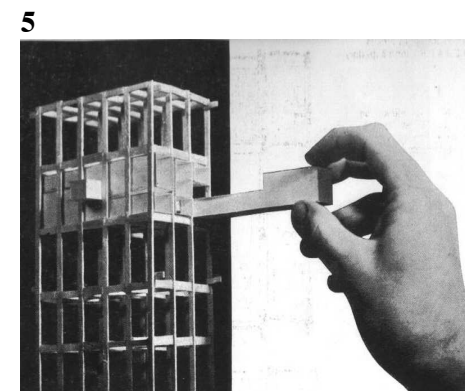


Figura 5. Adición de unidades espaciales dentro de un esqueleto contenedor en la Unidad Habitacional de Marsella, de L. Corbusier.

¹⁸ FRIEDMAN, Yona. La arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes. 1ª. ed. Barcelona : Poseidón. 1978. 255 p.

líneas, lo cual genera una imagen simplificada del problema compositivo mucho más comprensible. (Figura 7) Lo que el autor denomina como “realizaciones del arquitecto” significa que el mismo solamente debe atender al diseño de este esquema de redes y, respecto del propio volumen, no se trata de reproducir formalmente el mismo sino solamente su envoltura. La disposición casi aleatoria de estos volúmenes formalmente indeterminados se expresan dentro de la misma jaula estructural que planteaba Le Corbusier a través de una infraestructura compuesta por un esqueleto contenedor. (Figura 8) Friedman lo expresa de la siguiente manera:

Las realizaciones del arquitecto son volúmenes recubiertos. El arquitecto no produce el volumen en sí, sino la “envoltura” del volumen. Como la labor del arquitecto solo raras veces implica un volumen único y supone más bien un conjunto de volúmenes, la parte más importante del plano del arquitecto lo constituye el esquema de las conexiones entre los volúmenes recubiertos.¹⁹

Estas disposiciones espaciales, sin duda, han sido las que han preanunciado la idea de apilamiento de unidades autónomas funcionales espaciales insertas dentro de una retícula espacial contenedora. Las experiencias mega-estructuralistas y metabolistas terminaron de desarrollar estas ideas con el fin de generar grandes estructuras y albergar todas las funciones de una ciudad o parte de ella, y que además permitan resolver cuestiones ambientales que ya en esa época empezaba a ser críticas en las ciudades. (Figura 9) Reyner Banham las asocia con la definición que plantea Fumihiko Maki al cual cita: “una forma a escala de la masa humana que incluye una mega-forma, unidades discretas, rápidamente cam-

¹⁹ FRIEDMAN: Op. Cit, pp. 89-90.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

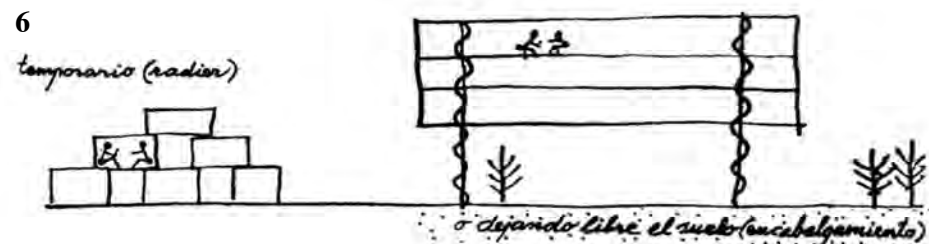


Figura 6. Dibujos de Yona Friedman expresando las diferentes disposiciones de la arquitectura móvil en forma temporaria, apilando unidades residenciales o separándolas del suelo a través de los llamados bloques de encalegamiento.



Figura 7. Dibujos de Friedman que expresa la disposición en red de los volúmenes funcionales.

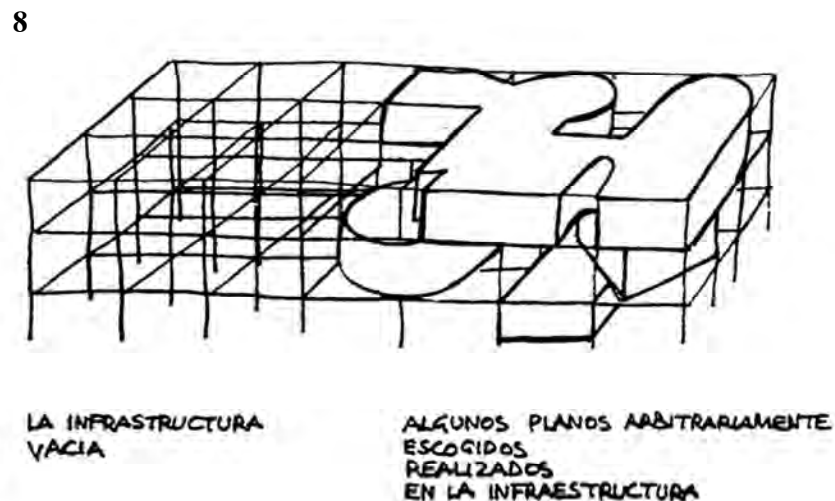
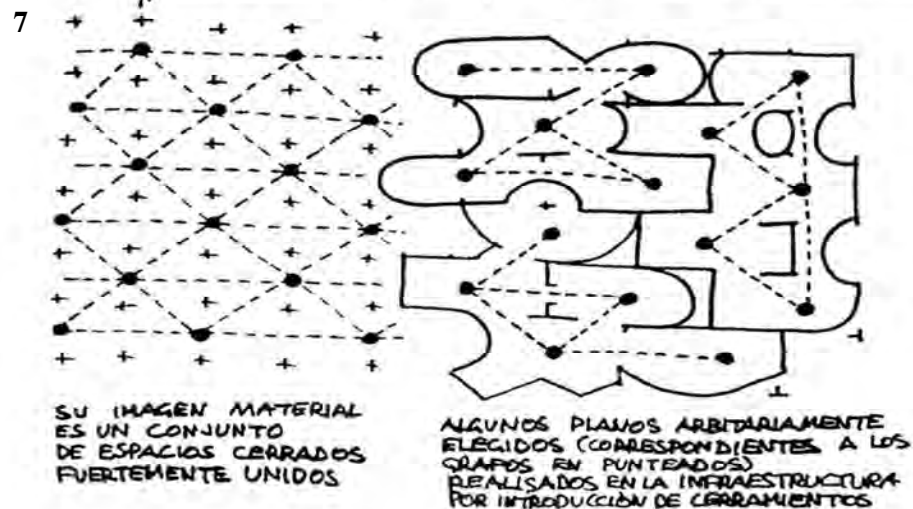


Figura 8. Dibujo de Friedman indicando la libre disposición de los espacios funcionales dentro de una infraestructura contenedora.

9



Figura 9. Archigram: Juego de piezas para un modelo mega-estructural.

10

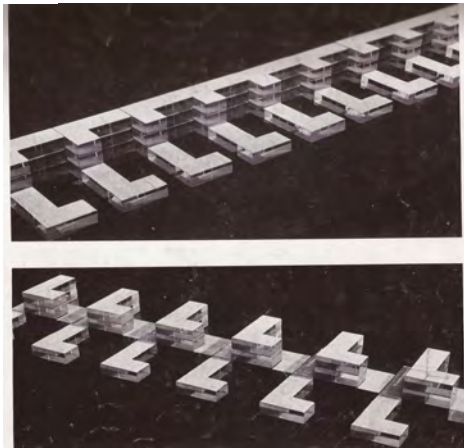


Figura 10. Composición espacial a partir de la generación de módulos repetitivos que Rafael Leoz propone para unidades habitacionales.

biabiles que encajan dentro de la estructura mayor.”²⁰ Como dice el propio Banham: lo que se plantea es una dominación de forma “al apropiarse la mega-estructura de todas las vigorosas innovaciones formales los grandes desafíos estructurales que se plantean”²¹.

Lo que se desprende de la definición de Maki y que es de interés en este trabajo, es la característica de adaptabilidad de forma que queda implícita en la definición de Mega-estructura y que llama “agregados libres de elementos funcionales sin elementos de control.” Para lograr esta adaptabilidad a diferentes contextos y necesidades, las formas mega-estructurales en general se resuelven según una alternativa de composición espacial que responden específicamente al concepto de apilamiento distributivo. Estos sistemas de agregación modular, de características abiertas, con posibilidades de crecimiento casi de manera ilimitada, se posiciona en un escala intermedia de relación entre la humana y la urbana, capaces entonces de organizar tanto el edificio como la ciudad.

En esa época ha habido muchos estudios y propuestas generativas para una sistematización armónica del espacio arquitectónico, que han contribuido para ser utilizados como operaciones proyectuales basadas en la utilización de los llamados “sistemas generativos”. En este sentido, el trabajo que ha realizado Rafael Leoz es muy significativo. A partir de operaciones de generación de redes espaciales conformadas por prismas unitarios, Leoz ha “arquitecturalizado” –conforme a un ordenamiento cartesiano de volúmenes referidos a planos verticales y horizontales- un importante número de variantes posibles

²⁰ BANHAM, Reyner. Megaestructuras: Futuro urbano del pasado reciente. 1ª. ed. Barcelona : Gustavo Gili, 1978. p.10.

²¹ BANHAM: Ibid. p.12.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

de ser desarrolladas, apelando para ello a seriaciones industrializadas con el fin de dar solución a los problemas acuciantes de vivienda.²² (Figura 10)

Ha habido muchas discusiones por aquella época acerca de que este tipo de experimentaciones formales se podían englobar dentro de los métodos compositivos heredados o si debían denominarse de ese modo. Para Colin Rowe el término que mejor le cabe a estas experimentaciones pueden ser términos como “estructura formal”, “organización” o “regulación”, mientras que para Louis Kahn el término que mejor responde a esta metodología es el de “generación”.

Situándonos ya en nuestra época, la condición de dinamismo que podemos reconocer como un signo inequívoco que refleja los nuevos hábitos de vida, produce una gran variedad de nuevos programas arquitectónicos. Esta situación permite la creación de edificios multifuncionales en los cuales, debido a lo efímero y cambiante de las actividades que en ellos se desarrollan, son ideados bajo el aspecto de un solo contenedor para alojarlas. En relación a esta nueva situación es que se debieron replantear las tipologías usuales con que se resolvían formalmente los edificios, ya que al alojar programas y actividades que cambian constantemente dentro de una envolvente única y regular, éstos han de quedar totalmente obsoletos dentro de lo que Rem Koolhaas llama una “monumentalidad heredada.”²³

La composición en la complejidad de las formas actuales.
1.2.2

²²LEOZ, Rafael. Redes y ritmos espaciales. Madrid : Blume, 1969. En este sentido la tesis doctoral “La agregación modular como mecanismo proyectual residencial en España: El taller de arquitectura de Pedro García Hernández”, producto de las investigaciones de Leoz, también desarrolla con gran profundidad la potencialidad espacial que surge del empleo como mecanismo proyectual de los sistemas agregativos, analizando particularmente la amplia obra de Ricardo Bofill en España. Ver: GARCÍA Hernández, Pedro. La agregación modular como mecanismo proyectual residencial en España: El taller de arquitectura. Tesis (doctoral). [en línea]. Barcelona, España: Escola técnica Superior d' Arquitectura La Salle. Universitat Ramon Llull, (s.f). 285p. [fecha de consulta: 09 Marzo 2014]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/108286>.

²³ El autor se refiere a la colección de rascacielos con que se puede identificar a la isla de Manhattan. Ver: OMA. Koolhaas, Rem y Mau, Bruce. Elegy for the vacant. En: S, M L, XL. 1ª ed. N. York: The Monacelli press, 2010. p. 937.

Una de las tácticas que define Koolhaas para representar estos edificios “multiuso” es la necesidad de ser un monumento -permanencia, solidez y serenidad- y al mismo tiempo en albergar, con la máxima eficacia, ese cambio que es la vida algo que, por definición, es anti-monumental.”²⁴ Podemos situar el origen de las nuevas formas arquitectónicas en la identificación de estas dualidades y su evolución en las diferentes alternativas de conciliación. Cada uno de estos volúmenes edilicios debe ser un mundo propio, cerrado en sí mismo, pero lo suficientemente flexible para alojar funciones sujetas a cambios.

Al mismo tiempo, la representación de los usos diferenciados que rompan la monotonía de la caja arquitectónica se relaciona con la necesidad de “proyectar” el edificio dentro del espacio urbano o natural donde se inserta, en la búsqueda de una continuidad espacial que lo mimetice. El desarrollo de las formas actuales se puede situar, de este modo, en esta particular sensibilidad con el espacio circundante y hace que el edificio se deforme a partir de un prisma básico, la caja ideal del racionalismo, como forma de reaccionar frente a estas condicionantes programáticas. Esta manera de operar con la forma se diferencia de las reconocidas en las arquitecturas fragmentarias y quebradizas, que directamente abandonan toda estrategia basada en lo compositivo, para proponer simulaciones que van tallando la forma según determinados parámetros, muchos de ellos alejados de exigencias de índole arquitectónicas.

Es la estrategia proyectual de la nave tal como lo plantea Fernando Diez²⁵, diferenciándola de la cueva, que alude más a trabajos topográficos como continuidad del suelo, a través de pliegues o fallas deriva-

²⁴ KOOLHAAS, Rem. Delirio de Nueva York. Un manifiesto retroactivo para Manhattan. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 2009. p. 100.

²⁵ DIEZ, Fernando. La cueva y la nave. *Summa +*, (65): 72-77, Abril-Mayo 2004.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

das del mismo. En la estrategia de la nave, la arquitectura se presenta en “una figura autónoma” como él dice aunque no indiferente a un espacio circundante en el cual penetra y del cual el edificio va en cierta forma captando sus diferentes atributos que le hacen perder dicha autonomía. Esta contextualización genera como resultado un edificio cuyas características formales y expresivas crean la sensación de fluir libremente dentro del espacio, con muy contados elementos de características esbeltas, que lo vinculan con el suelo. De esta manera, se rompen todo tipo de barreras que a manera de límite inexpugnable separaba el adentro privado del afuera público. Se trata ni más ni menos que el retorno a los postulados de Mies, tan claramente expresados en la casa Farnsworth en relación a su conexión “metafísica” con el terreno, pero con características más urbanas y más sensible al entorno.

Esta flexibilización de la forma en relación al contexto posee algún grado de parentesco con las formas resultantes de la experiencia mega-estructuralista, pero al mismo tiempo poseen una diferencia fundamental en cuanto al contexto en que fueron desarrolladas aquellas. Aquellas unidades autónomas que representaban funcionalmente algún tipo de uso y que se disponían espacialmente según variadas combinaciones, eran una estrategia posible de ser aplicada a variados contextos que reflejan formas totalmente abiertas. Estas, se refieren más a una forma cerrada en sí misma desarrollada en un contexto urbano específico. Aquellas fueron planteadas para resolver cuestiones urbanísticas de gran escala –por esta razón utópica– donde el factor económico tenía una incidencia importante, lo que llevaba a aplicar cuestiones relativas a la posibilidad de seriación e industrialización de partes constructivas. En los apilamientos actuales, en cambio, las preocupaciones se refieren más a la unidad edilicia del conjunto, contextualizado dentro de la trama que lo contiene y le da sentido, alejados completamente de la estandarización y seriación que eran prioridad en aquellas realizaciones. En la figura 11 y 12 podemos reconocer

11



12

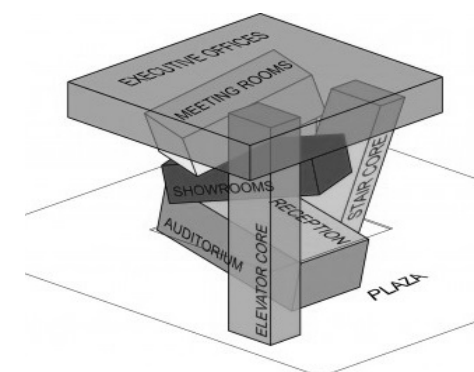


Figura 11 y 12. Composiciones espaciales que utilizan módulos tridimensionales superpuestos en altura. Arriba: Universidad de Seúl, Corea del Sur, OMA, 2004. Abajo: Sede Vako y Power Media Center, Estudio REX, Estambul, Turquía, 2010.

como el recurso compositivo basado en unidades programáticas autónomas, que luego son superpuestas en altura, es una práctica muy común en la arquitectura actual. El propio Koolhaas denomina diagramas conceptuales a esta manera de aproximación al proyecto, ubicándose como mediador entre el programa y la forma.

Es muy interesante la comparación que hace Raúl del Valle²⁶ acerca de cómo fueron variando las preocupaciones a nivel de diseño en la antigüedad, el movimiento moderno y en la actualidad. Si en la antigüedad, a raíz de la rigidez que ejercía la distribución de los muros en la planta del edificio, la libertad de los arquitectos estaba en la sección proponiendo diversas maneras de cubrir el espacio, en la arquitectura moderna, la destrucción del muro vertical que da origen a la planta libre traslada aquella rigidez a la sección. En la actualidad, según del Valle, el esfuerzo se centra en destruir aquella rigidez impuesta a la sección que la repetición de planos superpuestos generaba. Estas “libertades apiladas”, para reconquistar la sección como lo denomina Juan Antonio Cortés,²⁷ requieren un mayor grado de libertad en la disposición de la planta en el espacio. Esto se logra a través de desplazamientos laterales de la misma que no solo rompa el aislamiento entre pisos para dotarlos de una continuidad espacial, sino que a su vez ésta se refleje y se continúe en el exterior de manera de relacionarse con las condiciones contextuales pre-existentes.

Esta nueva libertad tanto en la planta como en la sección trae como resultado básicamente tres actitudes de resolución de la forma arquitectónica. La primera, -la menos radical- manifestada a través de un

²⁶ DEL VALLE, Raúl. La planta dispersa. La evolución de la planta libre. En: La estructura de la estructura. Compilado por A. Campos Baeza (1ª. ed.). Buenos Aires : Nobuko, 2010., pp 70-76.

²⁷ CORTÉS, Juan Antonio. Delirio y más. Las lecciones del rascacielos. *El croquis OMA – Rem Koolhaas*, (131/132):18, 1996.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

prisma puro y elevado, en donde las características del entorno circundante se expresan en los tratamientos distintivos de sus caras expuestas. La segunda, reconocida como una asociación de diferentes estratos funcionales pensados como prismas unitarios que se van apilando de variadas formas, de manera de ir captando las particularidades del contexto. La tercera, que se expresa como una deformación progresiva de las caras de un prisma unitario, en función de las mismas condicionantes del contexto.

La estrategia de la nave como actitud proyectual la podemos reconocer en un referente actual ineludible de la arquitectura contemporánea que además tiene gran influencia en la práctica pedagógica como es el arquitecto Rem Koolhaas. Dicha estrategia utiliza las formas geométricamente más sencillas heredadas de la caja racionalista pero deformada o fraccionada como dice Ramón Araujo²⁸ por exigencias del programa, las circulaciones o del ingreso de luz. (Figura 13) Estas exigencias, en la estrategia de la cueva, se refieren a operaciones proyectuales complejas ligada, como se ha dicho antes, más al desarrollo topológico. Esta estrategia la podemos reconocer en otro referente importante de la arquitectura actual como Zaha Hadid. (Figura 14)

Se ha reconocido anteriormente la necesidad de que el edificio se libere de las limitaciones que el suelo urbano le imponía, de manera de garantizar la permeabilidad y transparencia a ese nivel y poder además fraccionar su volumetría y expandirse horizontalmente para captar ciertos atributos del paisaje. Para ello, se requiere apelar a recursos que signifiquen una cierta desmaterialización formal a nivel de la planta baja de los edificios, legado eminentemente constructivo, representado por la necesaria adecuación a las condiciones impuestas por la gravedad terrestre que es representada por la estructura



Figura 13. Estrategia compositiva basada en la adición de volúmenes en el espacio. Rem Koolhaas: The Interlace, Singapur.

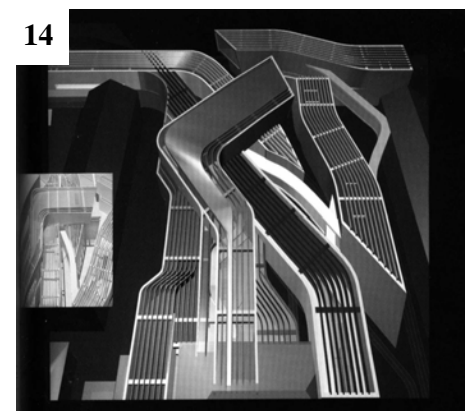


Figura 14. Estrategia compositiva basada en generaciones formales asociadas con aproximaciones topográficas del sitio. Zaha Hadid: Centro Contemporáneo de Arte, Roma.

²⁸ ARAUJO, Ramón. Geometrías complejas. *Tectónica* (17): 10, 2004.

resistente. Para Raúl del Valle, las ideas que acompañan a Koolhaas -y con él a un número importante de discípulos que continúan esparciendo su influencia por todo el mundo-, es justamente la necesidad de destruir la rigidez de la sección y obtener una mayor libertad²⁹ y que solamente la destrucción o la disolución de la estructura puede producir.

Las exploraciones con la forma que responden a la idea de la cueva han alejado la composición de sus mecanismos tradicionales de validación de la idea proyectual, ya que ahora las estrategias se refieren más a simulaciones que operan en el campo virtual y moldean la forma de determinada manera, siendo validadas por métodos que la propia tecnología informática le brinda. Dentro de las posibilidades que aporta la tecnología informática a modo de animaciones dinámicas, la incorporación de la geometría fractal o los diagramas como un literal trabajo de ordenamiento propio del proyecto, sugiere la incorporación de técnicas de información basadas en mapeos, análisis topográficos, líneas isostáticas y flujos dinámicos temporales que se convierten en información visible y son considerados como una oportunidad para ser aplicados al campo específico arquitectónico.

Sin que esto implique tomar postura hacia alguna de las estrategias, sobre la primera de las actitudes reconocidas, que son mayormente controlables geométricamente por las herramientas básicas de representación arquitectónica y que se acercan más a que tradicionalmente se entendía por lo compositivo se profundizará a partir de ahora, para poder plantear los fundamentos estructurales necesarios que respondan a dichos planteamientos y a su vez poder reconocerlos a través de ejemplos de la práctica arquitectónica.

²⁹ DEL VALLE: Op. Cit, p.75.

1.3 La inferencia de la componente constructiva en lo compositivo.

Para poder discernir acerca de las relaciones entre forma arquitectónica y estructura resistente, dentro de lo constructivo, debemos comenzar por definir a que llamamos forma y dentro de ella cual es el rol que cumple la estructura, que en definitiva se dispone para poder materializar aquella. La forma tal como la entendemos, tendrá un carácter tanto simbólico -valor comunicacional- como representacional -valor ontológico-, entendiendo éste último fundamentalmente como la manifestación visual del contorno del edificio, o como lo define Edmund Bacon, el punto de contacto entre masa y espacio³⁰. César Janello también define a la forma no solo como el aspecto de los objetos referidos a su contorno o límites, sino en su sentido más amplio, como la totalidad de los aspectos sensibles de los objetos que incluye su utilidad y la tonalidad afectiva en que es vivido.³¹

Forma arquitectónica y forma estructural **1.3.1**

Ahora bien, el concepto de estructura está implícito en el mismo concepto de forma, pero en su sentido más general, no solamente en relación a lo específicamente resistente, es decir como “Sistema de relaciones que se establece entre los elementos o miembros que constituyen un todo.”³² Esta definición de la forma se enlaza con lo que plantea también Francis Ching³³ en relación a que el concepto forma debe hacer alusión también a la estructura interna que le da coherencia y la valida como tal. Esta co-

³⁰ La idea corresponde a Edmund N. Bacon en cual es citado en CHING, Francis D.K. Forma, espacio y orden. 2ª. ed. ampliada. Barcelona : GG, 2008. p. 33.

³¹ JANELLO, César. Estructura y forma. *Parábola: Forma y estructuras*. Facultad de Arquitectura y urbanismo de Buenos Aires. (4): 27-29, 1961.

³² JANELLO: ibid.

³³ CHING: Op. Cit. p. 34.

herencia interna solamente la debería brindar la propia composición, y tal como hemos reconocido anteriormente y volveremos a ver después con las composiciones mega-estructuralistas aditivas y actuales, esta situación no ha podido ser verificable en la realidad. Janello define a las formas arquitectónicas en función de dos tipos de estructuración que abarcan la totalidad de los aspectos que tradicionalmente definen a la arquitectura: La estructura técnica , (ET) que abarca a la estática, que es la parte resistente de la misma y a la funcional, que mide los rasgos utilitarios y la estructura estética, (EE) que abarca todo lo relacionado con el aspecto visual o comunicativo de la arquitectura. Muchas veces, tal como lo plantea el autor, la estructura estática se revela a través de la estructura visual de la obra, en donde los diagramas estructurales estáticos o si se quiere el flujo y la trayectoria de las fuerzas físicas implicadas coinciden con la imagen visual del conjunto. En otras ocasiones, se puede decir que la estructura visual se independiza y asume su propio orden, descuidando la técnica. También, y esto es lo más importante, se pueden distinguir relaciones recíprocas entre ambas³⁴, sin que esto signifique ni una total congruencia o total independencia entre ambas actitudes.

Las contraposiciones que han surgido históricamente entre la estructura técnica tradicional, referida al empleo de piezas constructivas siguiendo la técnica de la superposición, respecto de la estructura visual que no siempre respondía a aquella tensión en horizontal, tienen su correlato en la propia construcción tectónica liviana de entramado en madera tradicional de Norteamérica. Por un lado, el sistema balón –

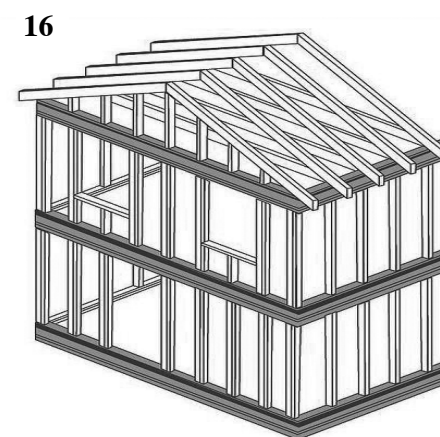
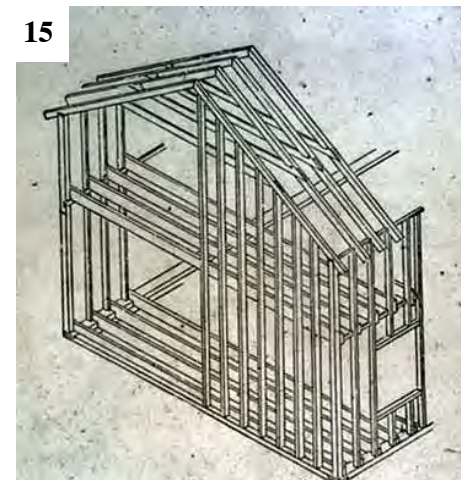
34 En este sentido, Eduard Sekler introduce el término atectónico para diferenciar aquellas arquitecturas donde la tectónica, según Framptom, responde a una expresividad de la resistencia estática de la forma constructiva, respecto de aquellos en donde esta relación es negada. Ver: SEKLER, Edward. Structure, construction, tectonic. En: KEPES, Gyorgy: Structure in Art and in Science. N. York: George Brazillier, 1965. pp. 89/95. Del mismo modo, para Colin Rowe en Manierismo y arquitectura moderna, la distinción que propone Janello se verifica a través de dos modelos discernibles: la obediencia a la naturaleza de los materiales y las leyes de la estructura, respecto a una forma física predominantemente visual. Ver: ROWE, Colin. Manierismo y arquitectura moderna. En: Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos. Barcelona : Gustavo Gili. 1978. p.41.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

comúnmente denominado globo— y por otro, el sistema plataforma, con los cuales se ha construido —y se sigue haciendo— la mayor parte de la arquitectura doméstica en los Estados Unidos. (Figura 15 y 16) El sistema tipo “Ballón Frame” representa constructivamente la continuidad en vertical de los paños de entramado que ocupan toda la altura de la construcción. Esta innovación técnica se pudo lograr gracias al progreso de los métodos de vinculación de la madera, que se contraponía a la superposición interior de las plantas que incluso en varios casos era denotada visualmente al exterior. El sistema más tradicional por apilamiento de niveles el “Platform frame” denota la superposición constructiva piso por piso, aunque también pudiera negarse expresivamente hacia el exterior.

En el modelo de rascacielos de oficinas comerciales desarrollado por la escuela de Chicago a finales del siglo XIX en Norteamérica, la pretendida verticalidad que debían asumir expresivamente dichos edificios a través de la exposición de la estructura independiente en acero, ha entrado permanentemente en contradicción con la vieja modalidad constructiva heredada. Frank Lloyd Wright expresaba tal contradicción: “Los rascacielos eran una pila de edificios de cornisa en estilo renovado, un edificio encima de otro, otros lo vieron como una columna con fuste, base y capitel: otros como gótico, competidor comercial de la catedral.”³⁵

Del mismo modo, Louis Sullivan expresa la necesidad de desterrar estas viejas concepciones para dejar paso a la verdadera construcción en esqueleto, aunque hemos visto la dificultad que ha existido de llevar a cabo dichas modificaciones que ni el propio Sullivan ha podido lograr cuando dice: “la nueva forma de ingeniería era revolucionaria y reclamaba una forma arquitectónica igualmente revolucionaria



Figuras 15 y 16. Diferencias constructivas entre el sistema tipo “Ballón”, respecto al tipo “Plataforma”. En el primero existe una continuidad vertical de los elementos sustentantes mientras que en el segundo se subdivide por niveles.

³⁵ WRIGHT, Frank Lloyd. El futuro de la Arquitectura. 2ª. ed. Buenos Aires: Poseidón, 1958. p. 123.

(....) las viejas nociones de superposición debían desaparecer ante el sentido de la continuidad vertical”.³⁶

En función de lo anterior, se pueden distinguir básicamente tres operaciones de resolución expresiva de la mampostería de cerramiento del conjunto en relación a la retícula estructural que se materializa detrás. La primera consiste en remarcar la horizontalidad del bloque, acusando o dividiendo los niveles por franjas o cornisas que subdividen el edificio planta por planta o por grupos de plantas. Estas subdivisiones se asemejaban al método constructivo de los primeros rascacielos, que si bien ya utilizaban los beneficios de la estructura independiente de acero ésta, como vimos, se disponían solamente como estructura interna y de forjados, reservando la construcción con muros portantes de mampostería para el exterior, con la función de ocultar y proteger la estructura metálica. El edificio de la Home Insurance Building representa formalmente esta primera operación. (Figuras 17 y 18)

La segunda operación era la que pregonaba Sullivan y posibilitada por el marco estructural portante metálico de fachada. Su función era justamente acusar la verticalidad del edificio mediante la prolongación de los paños de mampostería ubicados a los laterales de las ventanas de manera ininterrumpida hasta el coronamiento. El edificio Guaranty Buiding en Búffalo es significativo en la utilización de esta estrategia. (Figura 19)

La tercera operación representa el equilibrio más logrado entre la estructuración que brindaba naturalmente el esqueleto en forma de trama ortogonal y la que posibilitaba el muro de cerramiento. Esta

³⁶ SULLIVAN, Louis. Autobiografía de una idea. Buenos Aires: Infinito, 1961. p. 213.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

17



18



Figura 17. Home Insurance Building, Chicago. Willam Le Barón Jenney. 1883-1885. Imagen de la construcción del edificio que muestra la subordinación de la incipiente estructura metálica a la disciplina constructiva del muro portante de mampostería.

19



20



Figura 18. Home Insurance Building. Imagen exterior que contrapone cornisas horizontales a la verticalidad del edificio enmarcadas dentro de la disciplina constructiva del muro portante que todavía definía la expresión exterior.

Figura 19 Guaranty Building, Buffalo. Louis Sullivan. 1895-1896. Los vanos entre mampostería que abarcan múltiples pisos acusan la verticalidad del edificio, situación que no condice con el aspecto constructivo.

Figura 20. Carson, Pirie & Scott, Building, Chicago. Louis Sullivan. 1899-1901. La disposición de los vanos entre franjas de mampostería condice con la estructuración que brinda el entramado de vigas y columnas en fachada.

solución vino también de la mano del propio Sullivan en el edificio Carson en Chicago, (Figura 20) donde se proyecta al exterior la retícula estructural interior de manera continua, conformando paños de cerramiento en forma de marcos de mampostería que subdividían las aberturas sin ningún tipo de orden jerárquico entre ellas. Esta solución prefigura las modernas concepciones del rascacielos actual.

Las dos operaciones primeras representan la herencia de la estructuración fragmentada de los elementos estructurales dispuestos en simple superposición los cuales, al diferenciar los soportes de los dinteles, se jerarquizaba compositivamente en la fachada alguna de ellos. La última de ellas, en cambio, representa la continuidad estructural entre soportes y dinteles según las modernas teorías de cálculo estructural, sin diferenciación jerárquica de ninguna de ellas. Estas tres operaciones diferentes de tratamiento de fachada se pueden reconocer también en las modernas estructuras en forma de esqueleto ya independizadas completamente del cerramiento y que se termina progresivamente de imponer como modo constructivo generalizado.

El racionalismo, como se sabe, contrapone la ventana apaisada que sugiere una horizontalidad a la linealidad vertical de los apoyos –pilotis–, los cuales muchas veces –como en los modernos rascacielos–, son expuestos sin solución de continuidad en toda la fachada, marcando un ritmo vertical. En otros casos, lo que se resalta es la horizontalidad, marcando artificialmente las divisiones entre niveles con franjas decorativas. Como una última posibilidad, lo que queda expuesto es el esqueleto ya completamente desnudo, con los componentes estructurales tanto vertical y horizontal en forma de trama continua. En las tres variantes, el esqueleto contenedor difiere conceptualmente de las funciones apiladas, ya que la continuidad de la trama dificulta cualquier lectura agregativa de funciones, conformando de esta manera un marco contenedor a los cuales simplemente se insertaban las funciones dentro.

Niveles de definición de la estructura estática

Para comprender a la forma estructural como un concepto que contiene o supere el término de estructura estática anteriormente definido y que posea más relación con las cualidades específicamente técnica de la estructura, debemos referirnos primeramente a los niveles de definición con los cuales puede expresarse la estructura resistente. El arquitecto Pérez López hace más de 50 años ha expresado, siguiendo las recomendaciones del Ingeniero Siegel, que el proceso creativo de la estructura básicamente está compuesto por tres etapas claramente diferenciadas: la concepción, el diseño y el proyecto final o cálculo propiamente dicho.³⁷

La concepción tiene que ver con la forma estructural que debe satisfacer nuestro espacio. Está íntimamente ligada a las etapas iniciales del proceso el cual, según Bernabéu Larena, refiriéndose al proceso de diseño de la estructura sugerido a su vez por el ingeniero Cecil Balmond³⁸, debe ser similar a los procesos creativos de la arquitectura y por esa misma razón ocurrir en el preciso instante de la definición formal del edificio, tener raíces específicamente conceptuales y estar al servicio de la idea arquitectónica. Abstenerse de la consideración de esta etapa de concepción de la estructura y reducir el problema simplemente a un ordenamiento de los elementos estructurales limitados dentro de una forma arquitectónica predeterminada, significaría pretender que el proyecto de arquitectura se refiera solamente a proponer la subdivisión interna de los espacios interiores delimitados dentro de una forma arquitectó-

³⁷Arq. PEREZ López. CONFERENCIA de Profesores de Estabilidad y Arquitectura. (1º: 1963: Córdoba, Argentina).Trabajos. Córdoba, Argentina: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Córdoba, 1963. p. 47.

³⁸BERNABÉU Larena, Alejandro. Nuevas estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond. Tesis. (doctoral). [en línea]. Madrid, España: Departamento de estructuras de edificación. Escuela técnica superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, 2007. p.42. [fecha de consulta: 16 Mayo /2008]. Disponible en: <http://oa.upm.es/910/1/AlejandroBernabeuLarena.pdf>.

nica o envolvente previamente definida. Fundamentalmente es en esta etapa donde se decide el rol que va a cumplir la estructura, específicamente si va a mostrarse explícita, va estar oculta o en cambio, se va a mostrar de manera ambigua. Para Larena, según el planteamiento de Balmond, esta etapa entraría dentro del campo de lo abstracto, lo cual permite mantener el proceso lo más abierto posible y libre de tipologías y sistemas establecidos, de requisitos normativos y del concepto de eficiencia y lógica estructural.

El diseño de la estructura se refiere tanto a la definición, en primer lugar, del sistema estructural a adoptar en forma de estructura independiente, planos portantes o mixtas; en segundo lugar, a la elección del material, ubicación y pre-dimensionamiento de los elementos resistentes que componen la estructura y que son definidos en base fundamentalmente a las exigencias funcionales del proyecto. Esta etapa es congruente con la explicitada por Larena, cuando se refiere a un segundo nivel de definición y resolución concreta de la estructura, donde la configuración determina la posición de los elementos estructurales principales y lo que es más importante, no los elementos finales construidos, sino la posición de los mismos en el espacio³⁹.

El proyecto atiende todo lo referido a las etapas de verificación de la factibilidad de los sistemas estructurales propuestos, en relación a que si son compatibles o no con las exigencias formales y funcionales del proyecto y verificando que las dimensiones finales sean las planteadas en la etapa de pre-dimensionado, o necesitan modificaciones que pueden alterar el sistema completo. Una vez controlada esta etapa, el próximo paso sería el cálculo más minucioso que incluye toda una ingeniería de detalles,

³⁹ BERNABÉU Larena: Ibid. p. 44.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

a la cual el profesional ingeniero está más capacitado que el arquitecto para su desarrollo. Dentro de las tres etapas o instancias del proceso, es importante lo que tanto el arquitecto Pérez López como el ingeniero Siegel recalcan: que es el arquitecto el que debe asumir las dos primeras etapas, la concepción y el diseño, en otras palabras, el desarrollo de la forma estructural como sistema global y la disposición particular en el espacio de los elementos que la componen.

Manifestaciones de la estructura estática en relación al aspecto visual de la forma

Habiendo definido y separado el concepto de forma en una arquitectónica -de naturaleza más visual- y otra estructural -de naturaleza técnica-, para poder definir sus posibles relaciones lo que nos interesa en este estudio es precisamente el grado de exposición que puede poseer la estructura en la definición formal del edificio. Para ello, nos va a ser muy útil lo que plantea A. Charleson acerca de dichas relaciones. El autor se refiere inicialmente a formas consonantes y a formas contrastantes⁴⁰, que explican las posiciones extremas entre forma y estructura y posteriormente la síntesis entre ellas, que el autor entiende como sistemas estructurales aptos para generar forma arquitectónica, sin aclarar la posibilidad de alterar dichos sistemas en función de exigencias arquitectónicas, con lo cual parecería valorar una dependencia de la forma respecto de la estructura. Angus McDonald⁴¹ plantea en función de su grado de visibilidad las estructuras expuestas o escondidas, que pueden ser al mismo tiempo y en ambos casos aceptadas o ignoradas. Pareciera que en ambas clasificaciones, vertidas tanto por Charleson como por

⁴⁰ CHARLESON, Andrew. La estructura como arquitectura. Formas, detalles y simbolismo. 1ª ed. Barcelona: Reverté, 2007. 259 p.

⁴¹ MACDONALD, Angus. Structure and architecture. Department of Architecture, University of Edinburgh. 2ª ed. Edimburgo: Architectural Press, 2001. 151 p.

Mcdonald, la estructura resistente se ubica en relación a la forma arquitectónica dentro de dos posturas en apariencia antagónicas.

En un extremo, Pier Luigi Nervi ha planteado que la forma no es el punto de partida de la estructura sino su resultado final⁴². Los grandes ingenieros estructuralistas o notables arquitectos con una visión muy clara de los principios estructurales intervinientes, plantean edificios fuertemente influidos por el hecho estructural en sí, usándola para modelar su forma o para obtener un protagonismo muy fuerte de la propuesta estructural adoptada, planteando directamente la estructura como la arquitectura misma. Campos Baeza⁴³ la define como ordenadora del espacio, pero no sugiere la necesidad de utilizar artífices expresivos para sobrevalorarla. En el otro extremo, aparecen las llamadas estructuras rechazadas o ignoradas, según la clasificación propuesta por McDonald de las posturas o roles de la estructura en relación al edificio,⁴⁴ en donde la misma posee escasa consideración en el diseño original y son subordinadas a la forma arquitectónica.

Es posible reconocer muchas posturas que se pueden situar entre medio de los dos extremos, valorando la estructura resistente en una directa relación con la forma sin ser subordinada ni subordinante. Enrico Tedeschi hace más de treinta años planteaba esta posición de la estructura resistente en una situación dialéctica entre las preocupaciones estético-expresivas y resistentes de la forma:

⁴² Citado en CHARLESON: Op. cit, p. 39.

⁴³ CAMPOS BAEZA, Alberto, ed. La estructura de la estructura. En: La estructura de la estructura. 1ª. ed. Buenos Aires: Nobuko, 2010. p. 61-65.

⁴⁴ MACDONALD: Op. Cit, p.73. Andrew Charleson las denomina formas contrastantes. CHARLESON: Op. Cit. p. 58.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

La estructura esta vitalmente ligada a la disposición general de la forma, se expresa en ella y tiende a hacerla más comprensible en todos los casos, aunque sin llegar a la situación particular de edificios grandemente influidos por el hecho estructural para modular su forma. Que no decaiga hasta el punto de que se la use como un medio elemental de lograr orden a la manera de los clasicistas del siglo pasado -y también muchos ingenieros en la actualidad – cuando superponían los órdenes a los edificios.”⁴⁵

En cuanto a si la misma estructura debe ser explícita o debe esconderse entre gruesos muros sin tener un rol activo en la generación de la forma, Tedeschi plantea que la relación estructura y forma es compleja “parecida a la que existe entre esqueleto y cuerpo en un ser viviente, en que no debe ser evidente el esqueleto pero debe intuirse su presencia, su proporción y función como un hecho natural.”⁴⁶

El ingeniero Cecil Balmond, tiempo después, plantea acerca de la construcción del Kursthall en Rotterdam, Holanda, una situación parecida en cuanto a la evidencia de la solución estructural “si uno va alrededor del edificio la estructura se revela a sí misma pero a través de una serie de provocaciones; algunas veces explícitas y otras veces ambigua”⁴⁷. El mismo autor se interroga: “por qué la estructura tiene que ser comprensible y explícita? La estructura no tiene ninguna necesidad de anunciarse a sí misma. De hecho, la estructura escondida nunca puede verse.”⁴⁸ Lo que propone Balmond es reaccionar frente a las posiciones extremas del esqueleto básico, sugiriendo la posibilidad de una lectura ambigua, con el objetivo de lograr cierta indeterminación en cuanto a la claridad de su comportamiento.

⁴⁵ TEDESCHI, Enrico. Teoría de la arquitectura. 3ª. ed. Buenos Aires: Nueva visión, 1977. p. 230

⁴⁶ TEDESCHI: Ibid.

⁴⁷ BALMOND, Cecil. Informal. 5ª. ed. Munich: Prestel Verlag, 2010. p.105. La traducción al castellano está hecha por el autor de la tesis.

⁴⁸ BALMOND, Cecil. La nueva estructura y lo informal. *Quaderns. Espirales* (222): p. 41, 1999.

Dentro de la etapa de concepción de la estructura estática –la que habitualmente llamamos la estructura resistente y asociada plenamente con la forma estructural-, se pueden reconocer básicamente tres diferentes manifestaciones de la misma en relación a la forma arquitectónica:

- La primera procede de las formas devenidas de los tipos estructurales pre-establecidos, que son formas geométricas arquetípicas, definidas en general en función de la eficiencia en la transmisión de las cargas. Estas formas estructurales puras, como comúnmente se las llaman, son las que se perciben a su vez como el aspecto final de la obra. El Palacete del deporte en Roma de Pier Luigi Nervi es representativo de esta tendencia de utilizar formas estructurales puras expresivas por sí mismas, potenciada por un tratamiento superficial del hormigón armado en la cara interior de la cáscara que acusa la direccionalidad de los flujos tensionales. (Figura 21)
- La segunda proviene de la adopción de una forma estructural la cual, debido a su amplia difusión y aceptación a nivel cultural, se ha convertido en una forma artística. Estas formas derivan –como en parte hemos visto- del establecimiento de la estructura trilitica como origen de todo concepto estructural, independientemente de su eficiencia estática, sistema específicamente técnico que fue apropiado primero por el clasicismo y luego por el racionalismo como forma artística esencial. El Crown Hall ubicado dentro del Instituto de Tecnología de Illinois de Mies van der Rohe, utiliza estos sistemas triliticos tanto como un ordenamiento estructural como visual. (Figura 22)
- La tercera tiene que ver más con la evidencia de su solución expresiva, tratándose más como una forma escultórica que una forma estructural por sí misma. Como consecuencia de ello, la forma es-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

21



Figura 21. Palacete del deporte, Roma. Pier Luigi Nervi. (1956-1957) La forma estructural se adopta como forma esencial y se percibe tal cual fue concebida.

22

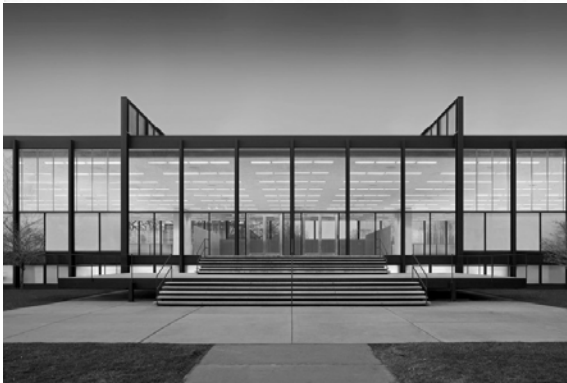


Figura 22. Crown Hall, MIT. Mies van der Rohe. (1950-1956) El sistema trilitico de resolución estructural ordena y define la forma arquitectónica resultante.

23



Figura 23. Catedral de Rio de Janeiro, Brasil, Oscar Niemeyer. (1970) La forma estructural concebida según parámetros de eficiencia tensional cede terreno frente a especulaciones escultóricas.

tructural se define independientemente de su grado de eficiencia y se muestra como tal, incontaminada de ciertos artilugios decorativos que tiende a ocultar su propia solución técnica. La catedral de Rio de Janeiro en Brasil de Oscar Niemeyer, es representativa del sometimiento de la estructura a especulaciones plásticas, sin perder por ello su potencia como forma estructural. (Figura 23)

En otra posible categoría, la estructura estática permite ser manipulable en función de ciertos atributos visuales, expresados o no en la forma arquitectónica final. Es decir que en esta categoría la estructura puede definirse, no tanto en relación directa a la expresión de la forma arquitectónica como la anterior, sino más al aspecto expresivo como entidad autónoma. Estos atributos visuales pueden consistir en:

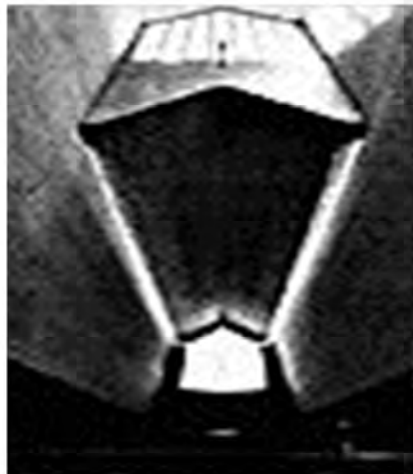
- Una negación en cuanto a la evidencia de su efecto como forma estructural, específicamente en la idea de transgredir el recorrido de las fuerzas gravitatorias actuantes asociadas, como hemos visto, con lo atectónico. El intento entonces pasa por trasgredir incluso el orden visual acostumbrado a percibirse habitualmente como arquetipo, de manera de causar una especie de desorientación espacial en el espectador y de esta manera potenciar el efecto plástico del conjunto. Podemos decir que en estos casos, la estructura estática es muy distinta a su imagen final percibida como estructura estética. Es representativo de esta tendencia el caso paradójico que proviene de un estructuralista de pura raigambre ingenieril de nuestras latitudes como Eladio Dieste, específicamente en su intervención en el interior de la iglesia de Durazno. (Figura 24 a 26)
- Reforzar su condición de forma estructural por sí misma, la cual generalmente es sobrevalorada en su ejecución técnica y excediéndose en la exaltación de sus soluciones, específicamente en la resolu-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

24



25



26

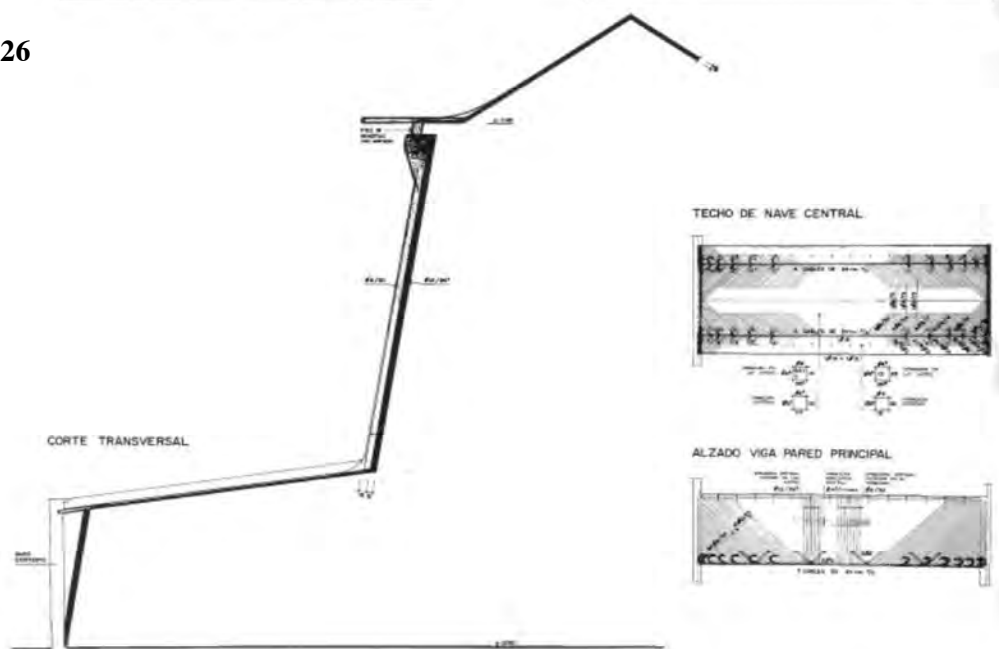


Figura 24 a 26. Eladio Dieste. Iglesia de San Pedro en Durazno. Uruguay. 1969-1971. El autor plantea una solución que, si bien ya había sido ensayada como es la teoría de las estructuras laminares, es diametralmente opuesta a la interpretación convencional según una distribución estructural que fraccionaba el espacio –el cambio en la forma de apoyo de las cubiertas de las naves y por consiguiente la liberación del espacio interior y la posibilidad de “cortarlo” horizontalmente – y que realmente crea sorpresa y admiración. Sumado a esto, ver un material –el ladrillo – que cubre todo el interior de la iglesia el cual, por sus características de mampuesto, no está capacitado para trabajar a flexión como sí lo hacen las distintas vigas plegadas, incrementa la sorpresa. Pero como crear un efecto determinado significa aparentar algo que no es, el ladrillo empleado es solamente revestimiento interior de grandes placas de hormigón armado pretensado, con el propósito de que las mismas trabajen íntegramente a compresión y no despeguen los ladrillos.

Aquí Dieste, si bien es coherente en relación a que la forma es en sí misma la estructura resistente de la obra, ésta queda disimulada a través de un revestimiento que oculta su mecanismo resistente.

24: Vista interior de la nave principal. 25: Identificación del tímpano oculto que sostiene la cubierta. 26: Corte y detalles de la viga post-tensada de hormigón que permite liberar la nave interior de columnas.

ción de las juntas constructivas. Podemos decir que aquí la estructura estática es coincidente con la estructura expresiva o visual de la obra. La arquitectura de la alta tecnología tanto como la mayoría de las obras del Ingeniero y Arquitecto Calatrava transita por esta dirección. (Figura 27)

- Ocultar a la vista la obra técnica parcial o totalmente. Aquí, la estructura se aleja de la estética, lo cual no significa que la misma no haya sido pensada como una variable de la forma arquitectónica. Las razones de este pensamiento puede basarse en la necesidad de negar todo determinismo de orden tecnológico, o por la idea usualmente difundida de que la estructura puede resultar perjudicial a las intenciones artísticas prevalentes. Todo el legado de la arquitectura academicista queda incluida dentro de este pensamiento reductivo hacia la cuestión de la estructura. (Figura 28)
- Incorporar o añadir a la obra técnica pre-concebida elementos que conforman un sistema estructural específico totalmente ajeno al edificio en cuestión, el cual es agregado como un motivo solamente decorativo que intente expresar un supuesto orden estructural. Conviven en estos casos dos estructuras técnicas incompatibles entre sí, que produce una relación totalmente ambigua entre la lectura de la estructura técnica en relación a la estética. La añadida exterior pareciera brindar una coherencia entre ambas estructuraciones, que sin embargo es totalmente negada por la estructura técnica verdadera que se encuentra totalmente escondida. Los estilos arquitectónicos que han surgido como ordenamientos de orden visual establecidos desde la propia lógica constructiva, son impudicamente añadidos en los muros neoclasicistas como recurso exclusivamente expresivos. La misma lógica se puede reconocer como práctica habituales en la arquitectura denominada pos-modernista que floreció principalmente en los Estados Unidos en los años 70 y 80. (Figura 29)

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

27



Figura 27. Santiago Calatrava. Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, Valencia. España. 1994- 2000. Imagen exterior del conjunto. La expresión de la forma estructural es denotada y resaltada a través del esmero puesto en el diseño particular de los elementos que conforman el sistema, así como sus vinculaciones, que posiciona al detalle constructivo como vehículo de expresión de la forma arquitectónica.

28



Figura 28. Henri Labrouste. Biblioteca de Saint Genevieve. París. 1844 – 1850. Una de las primeras obras en donde se empleó casi por completo la estructura metálica como soporte estructural el cual, sin embargo, no queda expresada como tal en la fachada. Esta situación resulta curiosa en un arquitecto que ha sido considerado como uno de los primeros racionalistas de la época.

29



30



Figura 29. Michael Graves, Portland Building. Portland, Oregón, USA. 1980 -1982. La expresión simbólica del edificio remite claramente a las formas artísticas de la antigüedad clásica, las cuales son extraídas de contexto para crear un efecto puramente escenográfico.

Figura 30. Sede empresa Municipal de transportes. Estudio Cano Lasso Arquitectos, Madrid. 2006. Imagen del edificio en ejecución donde se observan las grandes vigas metálicas superiores, los núcleos de hormigón armado sustentantes y las bandejas colgadas, solución un tanto exigida e innecesaria como expresión de un paralelepípedo regular.

- Sobre-exigir o magnificar la solución estructural en función de lograr mayores prestaciones espaciales, en cuanto a la necesidad de minimizar o reducir el legado material de los componentes estructurales. En estos casos, si bien la estructura técnica puede coincidir con la estructura visual, esta exigencia hacia el sistema estructural empleado no surge desde la propia disciplina técnica, sino como una cuestión meramente artística para crear un efecto espacial determinado que tiene que ver con la idea de ligereza e inmaterialidad, sin descartar un cierto grado de originalidad. La sede de la empresa Municipal de transportes en Madrid, España del estudio Cano – Lasso (Figura 30) es representativa de estas especulaciones expresivas.

Lógicas de estructuración interna de la forma

Retomando el concepto de forma y su significado que hemos tratado de ir describiendo, Roberto Doberti define además dos tipos de estructuración de la misma: la abstracta y la concreta. La estructuración abstracta comprende un conjunto de elementos que definen sus propiedades geométricas fundamentales –líneas, ejes y planos-. La estructuración concreta, en cambio, se refiere al modo en que es generada sistemáticamente por unidades. La primera de las estructuraciones determina la forma mientras que la segunda la constituye, la “conforma”. Lo importante que define Doberti es que no siempre estas dos formas están vinculadas visualmente como ocurre con muchas formas arquetípicas que son tomadas de manera ideal en algunas culturas, pudiendo suceder que en algunos casos dichas estructuraciones no coincidan y que la estructura concreta “solamente evidencie y valore selectivamente algunos de los elementos de la estructuración abstracta”.⁴⁹

⁴⁹ DOBERTI, Roberto. Morfología generativa. *Summarios. Morfologías* (9/10): p. 13, Julio - Agosto 1977.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Según esta diferenciación que plantea Doberti, podemos asimilar este concepto de forma abstracta al de forma previa, tal como posteriormente lo va a entender Kahn. La forma previa o pre-forma se define exclusivamente en su condición de forma abstracta y arquetípica, representada a través de los sólidos platónicos ideales, más abiertos a posibles modificaciones en cuanto a su aspecto visual e incontaminado todavía de toda significación expresiva que potencie o altere su percepción. La forma concreta es la posteriormente le agrega la subjetividad propia del autor a través del lenguaje, especulación netamente visual que le hace perder parte de aquella identidad. Sabiendo entonces que la forma se puede manifestar de dos maneras posibles, como abstracta y concreta, se pueden establecer los siguientes aspectos relacionados con cada una de ellas:

Forma abstracta:

- Se relaciona con la instancia de la Pre forma.
- Posee un menor nivel de percepción con la estructura visual.
- Al no tener aspecto previo puede manipularse y liberada de su condición material.
- Se asocia con la instancia de concepción de la estructura estática.

Forma concreta:

- Se relaciona con la forma final.
- Posee un mayor nivel de percepción con la estructura estática.
- Tiene un aspecto físico determinado que la obliga a relacionarse con su condición material.
- Se asocia con la instancia de diseño de la estructura estática.

De este modo, al estar la forma abstracta explícitamente desligada de contener el germen de la estructura resistente, ésta no necesita quedar expresada como tal, aunque en realidad implícitamente lo con-

tenga, ya que al tratarse en general de formas geométricas esenciales, por su propia naturaleza son formas estructurales básicas. En este punto quizás se pueda reconocer uno de los orígenes de la falta de coordinación entre la obra técnica y la artística: que la forma abstracta no contenga en sí misma el germen de su solución estructural no significa que no esté implícitamente considerada. De este modo, usualmente se cae en el reduccionismo de plantear formas estructurales conocidas desde el inicio de la etapa de concepción de la forma arquitectónica para lograr dicha integración de forma natural.

En función de esta división entre forma abstracta y forma concreta, dentro de las cuales se incluye al mismo tiempo la estructura técnica y la estática y sus posibles combinaciones ya enunciadas, podemos ahora reconocer entre ellas cuatro posibles estrategias de relaciones:

- 1) Congruencia total entre la forma abstracta y la concreta y dentro de ellas la misma congruencia entre la estructura técnica y la visual. La forma estructural como comúnmente se la entiende o se la valora como el ideal de la relación con la forma arquitectónica, no es más que la perfecta integración y similitud entre todas estas formas.
- 2) Congruencia total entre la forma abstracta y la concreta, pero dentro de esta última la no coincidencia de la estructuración técnica y la visual. Es lo que ocurre en general con las concepciones puristas de las formas ideales pre-modernas que son representadas literalmente como tal, en donde la estructuración técnica–estática y funcional, o ambas a la vez, no se corresponde con la imagen percibida. Se privilegia lo visual más que lo específicamente constructivo.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

- 3) Incongruencia parcial entre la forma abstracta y la concreta, pero dentro de esta última la integración entre la estructura técnica y visual. Puede ocurrir que la forma concreta muestre algunos aspectos de la forma abstracta en particular aquellos que evidencie la expresión de la solución estructural. Gran parte de la obra de Wright, como veremos después, quedaría situada dentro de esta posición.
- 4) Incongruencia parcial entre la forma abstracta y la concreta y al mismo tiempo la no integración de la estructura técnica y la visual. Se trata del caso extremo en el cual la estructura resistente se disocia por completo de la forma arquitectónica. La forma abstracta no se muestra, se diluye dentro de un ordenamiento interno a nivel compositivo que evidencia una lógica de agrupamiento funcional que luego es resuelta en función de intereses predominantemente expresivos.

Si como sucede habitualmente, se plantea solamente la relación entre la estructura técnica con la estética, la consideración de la estructura resistente queda establecida en dos posiciones extremas. En la segunda y la cuarta combinación, al encontrarse disociadas la estructura visual de la técnica, se identifica con la no consideración de la variable estructural dentro del pensamiento arquitectónico; mientras que en la primera y la tercera, en cambio, la misma sí se identifica como una variable importante.

Teniendo en cuenta ahora el conjunto de la forma tanto arquitectónica como estructural y si además hemos podido reconocer los dos niveles en los cuales la forma puede expresarse, la abstracta y la concreta, lo deseable sería entonces que la forma estructural pueda situarse en un nivel intermedio entre ambas, ni al principio ni al final del proceso proyectual, y menos aún como sobrevalorada o rechazada.

La estructura sí debería estar implícita en la forma latente de las primeras ideas proyectuales, –como pre-formas estructurales- pero no ser determinante ni tampoco determinada respecto a las decisiones arquitectónicas. Posiciones extremas asociadas, la primera con la idea del hecho estructural desarrollado en sí mismo como una escultura o como formas clásicas del tipo ingenieril, como corremos el riesgo siempre que magnificamos la solución estructural. Para evitar ello, debe haber una especie de “entrenamiento previo” estructural que permita plantear formas -podríamos llamarlas pre-estructurales- en estrecha relación con el planteo formal y funcional del edificio, suficientemente manipulables en función de dichas condicionantes. Esto significaría reconsiderar la posición de la estructura como idea misma, como falsamente se cree que deben operar los especialistas en la materia. Debería replantearse sinceramente si la misma no debe estar al servicio de la idea como era, en efecto, antes del racionalismo, aunque sin estar subordinada, como muchas veces se plantea, con el alejamiento de la estructura como configuradora de forma, considerando la segunda posición extrema.

Según estas interpretaciones, podemos decir entonces que la forma no debe ser el dato inicial, planteando la misma y luego al final disponerle la estructura, porque operando de esta manera las soluciones resultarían demasiado forzadas. Tampoco su resultado final, porque de este modo estaríamos del lado de una forma pensada únicamente desde la eficiencia estructural. En ambos casos, nos estaríamos encasillando en alguna de las dos posturas extremas y opuestas que dificultan la integración entre la estructuración técnica y la visual, o lo que es lo mismo, la dimensión meramente artística con la específicamente tecnológica de la arquitectura, especialmente en la clase de edificios a los cuales aludimos en esta tesis, en donde esta integración se presenta más dificultosa.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Si antes del advenimiento de la composición, la construcción era parte indisoluble del espacio arquitectónico que ella misma definía, con la irrupción de la composición la situación respecto de la construcción ha cambiado considerablemente. A las especulaciones formales de orden abstracto que provenían de los métodos de composición, los cuales definían solamente las particiones internas de un espacio -particiones geométricas que mínimamente atendían a los aspectos utilitarios de la arquitectura-, se contraponía la disciplina constructiva - de orden concreto-, con un legado material propio ampliamente comprobado que confrontaba con la anterior.

El legado de la composición académica en lo constructivo.

1.3.2

Según el método de composición académico, lo específicamente constructivo y estructural quedaba relegado solamente a reservar dentro del dibujo en planta y corte los espesores o espacios necesarios para disponer en ellos la gran masa muraria que ofrecía la sustentación del edificio⁵⁰. Lo mismo ocurría más tarde con la estructura independiente al quedar oculta dentro de los cerramientos, de manera de no alterar la utilización de los espacios habitables. La construcción era solamente una consecuencia posterior al desarrollo de la composición en planta y en ningún momento se permitía distinguirse como recurso de expresión, quedando oculta dentro del maquillaje exterior e interior determinante. Eduardo Catalano se refiere a esta falta de relación entre la componente constructiva del edificio con su definición formal y expresiva:

Durante varios siglos la unidad estructura – espacio y su pureza constructiva fue ignorada. Cuando se creaba un espacio el motivo era exhibir grandiosidad obtenida por cualquier medio. A menudo las superficies eran esculpidas con formas estructurales falsas y pisos,

⁵⁰ El poché en planta se refería justamente a los espacios residuales que quedaban luego de un proceso de sustracción de espacios habitables dentro del prisma base, y que para diferenciarlos se los representaba en planta y en corte con un color diferente.

paredes y techos cubiertos con una variedad de materiales lujosos y detalles sobre-elaborados.”⁵¹

En la composición moderna persiste el legado de la tradición académica, difundiéndose el concepto de estructura independiente como uno de los logros más sobresalientes del período y, como consecuencia de ello, la construcción había llegado a tal nivel de abstracción, que muchas veces ha sido despreciada como recurso expresivo de la forma. De este modo la estructura, tal como dice Renato de Fusco, se ha convertido solamente en un “principio constructivo” y no en una “organización arquitectónica”⁵², convirtiéndose en un sistema sin significado, por más que el movimiento moderno permanentemente se ha dedicado a defender lo contrario. (Figura 31) Colin Rowe define esta situación del siguiente modo:

31

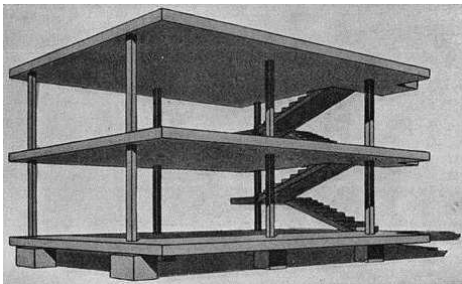


Figura 31. Prototipo de casa “domino” a través del cual Le Corbusier define su ideal constructivo, otorgándole significado a la noción de estructura.

En el estilo internacional, por tanto, no hay fusión de espacio y estructura y, al final, cada uno continúa siendo un componente identificable, mientras la arquitectura no es concebida como confluencia de ambos sino más bien como su oposición dialéctica, como una especie de debate entre ellos.⁵³

El mismo Le Corbusier proclama acerca de la estética del ingeniero como productor de formas racionales y la preeminencia del esqueleto independiente:

Sin seguir una idea arquitectónica, sino simplemente guiados por las necesidades de un programa imperativo, los ingenieros de nuestros días recurren a las generatrices acusatri-

⁵¹ CATALANO, Eduardo. La constante. Diálogos sobre estructura y espacio en la arquitectura. 1ª. ed. Buenos Aires: Cambridge Architectural Press y Editorial universitaria de Buenos Aires. SEM coeditores, 1995. p. 67.

⁵² DE FUSCO, Renato. Historia de la arquitectura contemporánea. Madrid: Celeste ediciones, 1994. p.34.

⁵³ ROWE, Colin. La estructura de Chicago. En: Manierismo y Arquitectura Moderna y otros ensayos. Barcelona: Gustavo Gili. S.A, 1978. p. 101.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ces de los volúmenes; muestran el camino y crean realidades plásticas, claras y límpidas, brindando paz a los ojos y los goces de la geometría del espíritu.⁵⁴

El mismo concepto de estructura independiente nace a partir de su individualización por separado de sus componentes respecto del cerramiento. La forma era externa a la estructura y se manifestaba separadamente. Ignacio Paricio define las diversas situaciones que plantea la conflictiva inserción del orden estructural dentro del orden formal y compositivo, definiendo tres actitudes posibles: la formal, la explícita y la radical⁵⁵. La primera de ellas prioriza la disposición de los cerramientos que definen el contorno del volumen; la segunda intenta expresar ambos ordenes por igual y la tercera prioriza el orden estructural expresándolo al exterior.

La disposición del esqueleto de columnas, que usualmente sigue un determinado ordenamiento modular, no siempre se ha presentado conjuntamente con la partición del espacio producto de la composición, que como hemos visto se trataba más de una descomposición de un prisma principal en partes funcionales, con lo cual cada uno de ellos seguía su propia conformación. A esto se suma la idea de espacio universal miesiano característico del período moderno, al cual solo podía exigírsele una trama estructural neutra que no interfiera la flexibilidad de las particiones internas. Para Colin Rowe en el Estilo Internacional la estructura autónoma no define el espacio actuando como su forma definitoria sino que simplemente lo puntúa o lo perfora⁵⁶.

⁵⁴ LE CORBUSIER. Hacia una arquitectura. 1ª. ed. Buenos Aires: Poseidón, 1965. p. 28.

⁵⁵ PARICIO Ansuátegui, Ignacio. La construcción de la arquitectura. Volumen 3. La composición: la estructura. 3ª. ed. Barcelona: Instituto de tecnología de la construcción de Catalunya, 1997. pp. 39-44.

⁵⁶ ROWE: Op. Cit. p. 101.

***Los sistemas agregativos en relación
con los aspectos constructivos y es-
tructurales***
1.3.3

32



Figura 32. Proyecto de Museo de arte, Amberes, Bélgica. Francois Jamagne. (1955) Células auto-portantes enmarcadas dentro de una grilla estructural contenedora.

Respecto de las composiciones basadas en disposiciones de unidades funcionales en altura, la cuestión específicamente técnica-estructural estaba relacionada con el empleo de una grilla estructural ortogonal que contiene en su interior las unidades modulares. Este esqueleto se dispone separado del suelo en lo que Friedman denomina “Bloques de encabalgamiento”⁵⁷ que son puentes tridimensionales en forma de vigas triédicas entre pilares que contienen los ascensores, escaleras y sectores de servicios. Los vacíos entre las barras que conforman las vigas tridimensionales contienen los espacios habitables, idea que más tarde Louis Kahn va a retomar. Friedman diferencia además las estructuras de contenido que propone para sus bloques de las más usuales de sustentación, que se apoyan en una plataforma. Estas disposiciones espaciales sin duda han sido las que han preanunciado la idea de apilamiento de unidades autónomas funcionales espaciales insertas dentro de una retícula espacial contenedora. (Figura 32)

La construcción en altura con módulos tridimensionales

Steffen Huth ha hecho un aporte muy significativo en cuanto a un análisis muy completo de las posibilidades constructivas de lo que él llama “construir con células tridimensionales (CT).”⁵⁸ Según Huth, en la CT el espacio general se pone en relación con un volumen definido, teniendo presente que si el término tridimensional apunta a una libertad de movimiento, la célula lo limita. La célula es entendida como la unidad menor, completa y regenerable que se relaciona con otras células, dentro de un organismo mayor que es el edificio completo.

⁵⁷ FRIEDMAN: Op. Cit, p. 138.

⁵⁸ HUTH, Steffen. Construir con células tridimensionales. Análisis de un método constructivo. 1ª. ed. Madrid: Gustavo Gili, 1977. 148 p.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

El autor reconoce dos tipos de CT:

- a) Las que encierran el espacio, definido por los elementos portantes superficiales.
- b) Las que conforman el espacio, definido por los elementos no portantes que deben unirse a una estructura portante.

Posteriormente, el autor clasifica las células en relación a los espacios arquitectónicos que dichas células abarcan, pudiendo definirse las células mono-funcionales –espacios o partes de espacios definidos por una sola función– y las células multi-funcionales –espacios o partes de espacios definidos por dos o más funciones-. Una de las características más importante y lo que la distingue de otros métodos constructivos, es esencialmente la manera en que dichas células se vinculan entre sí y de qué forma trasmite cada una de ellas la carga hacia los niveles inferiores para garantizar tanto la rigidez e indeformabilidad del conjunto y de sus partes. Se definen por lo tanto dos principios de adición de CT:

- a) Yuxtaposición directa de las CT.
- b) Adición indirecta, yuxta o superpuestas que están separadas por elementos de la estructura portante.

La adición directa es comparable al apilamiento de un ladrillo sobre otro siguiendo los principios de la mecánica estereotómica. Permite a su vez desplazamientos y escalonamientos que deben estar coordinados con la estructura constructiva de la célula, en especial con los puntos de apoyo. (Figura 33) La adición indirecta exige partes del edificio que no estén concebidos como células, siendo necesariamente elementos portantes que conforman lo que el autor define como “estructura primaria”. La estructura primaria puede concebirse a través de un esqueleto rígido en forma de pilares y vigas -el caso más

común- , planos o directamente núcleos resistentes. Si el núcleo como elemento portante primario está constituido de tal manera que él mismo forma las superficies periféricas de las células verticales y horizontales, las células pueden unirse directamente al núcleo. (Figura 34) El caso del edificio Nagakin en Tokio o “Cápsula Tower” de Kurokawa es representativo de esta última clasificación. (Figura 35) En él, una modulación del tipo portante se coloca en una retícula estructural –soporte tipo estantería que ya hemos indicado en la unidad de Marsella- , al que se puedan enchufar o sujetar, según definición de Wilcoxon⁵⁹, unidades estructurales menores tras haber sido prefabricadas en otro lugar.

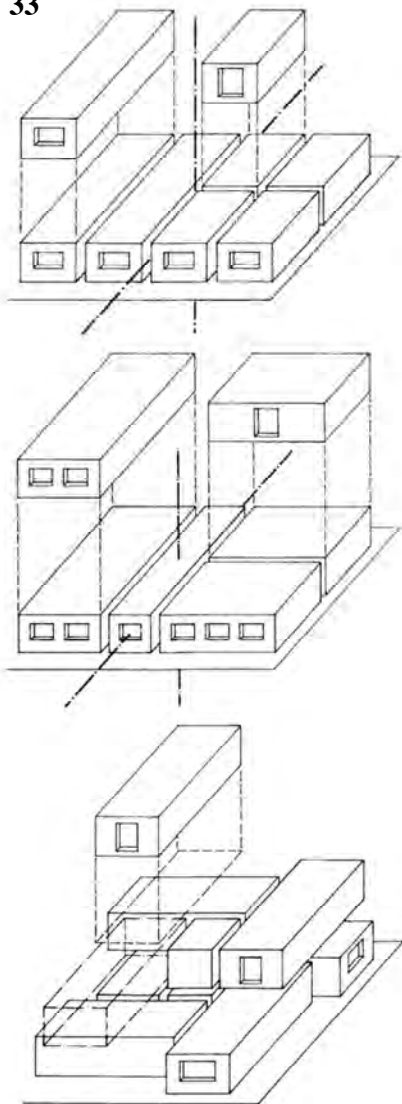
Existen varias maneras de combinar las adiciones de CT directas e indirectas. En la solución empleada en el Hábitat 67 en Montreal de Moshe Safdie (Figura. 36) se combinan eficientemente ambas posibilidades, ya que una parte de las células es soportada por la construcción primaria conformada por las pasarelas de circulación y núcleos verticales de conexión, mientras que la otra parte se apilan directamente una sobre otra.

En relación al comportamiento resistente, en los edificios con CT portantes la célula y sus uniones deben garantizar la rigidez y estabilidad del conjunto. La importancia de la junta es fundamental. La misma es la que debe transmitir, por un lado los esfuerzos verticales y por otro los esfuerzos horizontales correspondientes a la acción del viento. Las acciones correspondientes a dichos esfuerzos producen que la junta se pueda desplazar, abrirse por flexión –en realidad por la tracción derivada de ésta-, o comprimirse excesivamente.

⁵⁹ Citado en BANHAM, Reyner. Megaestructuras. Futuro urbano de un pasado reciente. 1ª. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1978. pp. 8-9.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

33



34

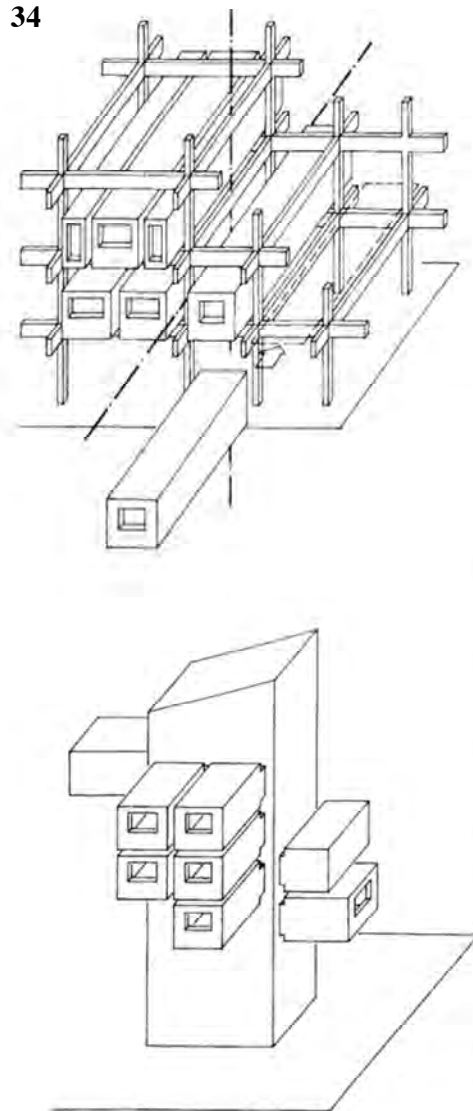


Figura 33. Esquemas de posibles combinaciones de apilamientos directos de células auto-portantes.

Figura 34. Adición indirecta de células tridimensionales a estructura primaria en forma de esqueleto (arriba) o a núcleo portante (abajo)

Figura 35. Cápsula Tower, Nagakinn. Kisho Kurokawa. Las células auto-portantes livianas prefabricadas se “enchufan” directamente a una estructura primaria central que contiene las circulaciones generales.

35



36



Figura 36. Hábitat Montreal. Moshe Safdie. Adiciones de Células tridimensionales directas e indirectas.

Respecto a las células auto-portantes con construcciones primarias, solamente se transmiten a éstas el peso propio, las cargas móviles y en parte los esfuerzos horizontales de aquellas. Luego, la estructura primaria absorbe y dirige todas las acciones verticales y horizontales hacia los cimientos. La rigidez de esta estructura es fundamental para conservar la forma y posición de lo construido. El peso de las células influye sobre la estabilidad del edificio pero las mismas no rigidizan la estructura primaria. La rigidez constructiva de estas estructuras primarias se da a través de un empotramiento de los pilares, la utilización de marcos rígidos de transferencia, marcos flexibles con placas de rigidización en tres planos o marcos flexibles con cruces de San Andrés y núcleos rigidizadores.

Es importante también designar la zona de contacto en las cuales se materializa dicha unión, o sea los lugares en los que los esfuerzos verticales se transmiten de CT a CT o a las partes constructivas. Los elementos por medio de los cuales se unen entre sí las células normalmente se encuentran superpuestos según la vertical y los apoyos pueden ser de dos tipos: puntiformes o continuos por dos o cuatro lados. La figura 37 muestra las diferentes posibilidades de localización de los dos tipos de apoyos.

Respecto a la célula tridimensional existen varios tipos de sistemas estáticos que permiten su materialización: (Figura 38)

- a) Barras perpendiculares entre sí unidas de forma rígida. Es la típica solución en esqueleto.
- b) Formas mixtas de barras y superficies perpendiculares entre sí unidas articuladamente o de forma rígida.
- c) Superficies perpendiculares entre sí unidas de forma articulada.
- d) Superficies perpendiculares entre sí unidas de forma rígida.

37

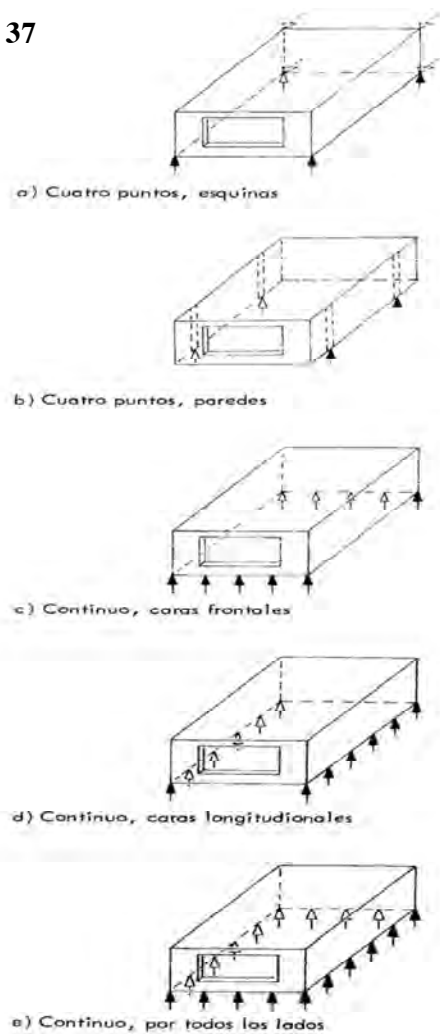


Figura 37. Modalidades de apoyo de las células tridimensionales auto-portantes.

38

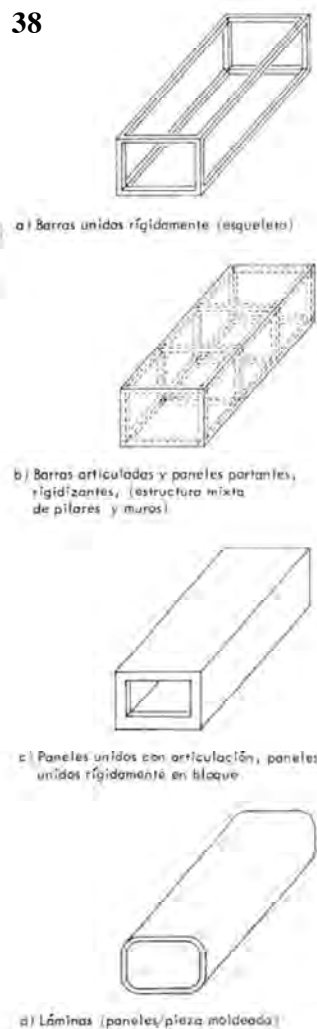


Figura 38. Cuatro formas fundamentales de estructura portante de las CT.

39

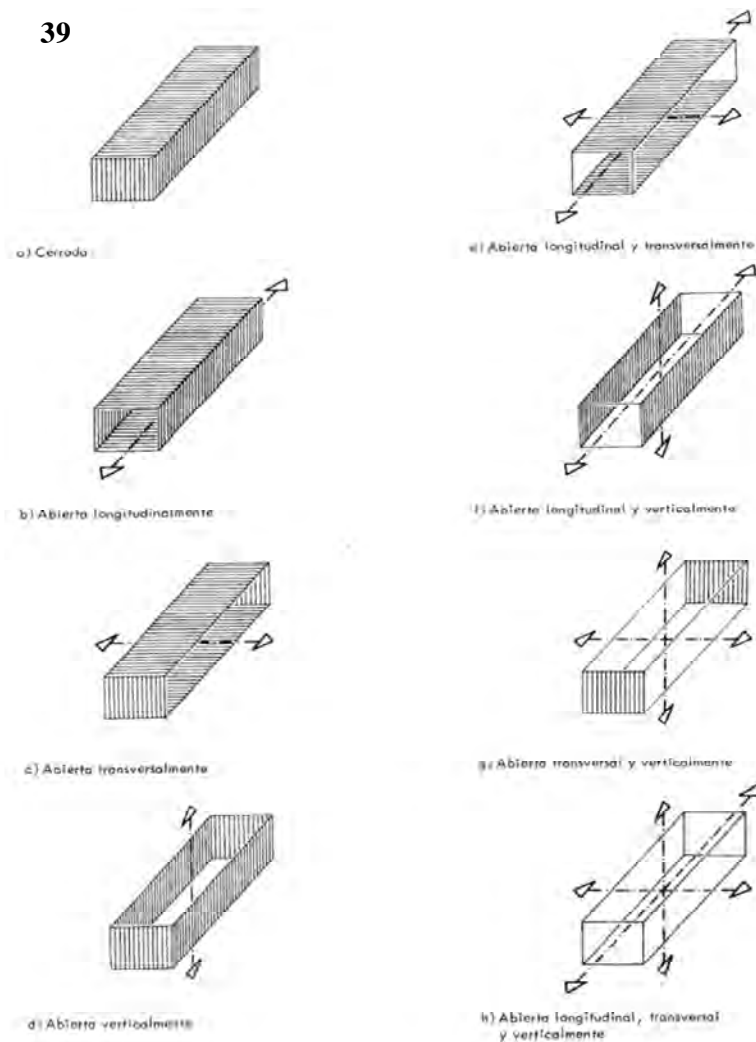


Figura 39. Distintos grados de apertura de las caras de las CT.

En relación al grado de apertura de las caras de los prismas espaciales podemos enunciar ocho variantes diferentes: (Figura 39)

- a) Totalmente cerrada.
- b) Abierta longitudinalmente.
- c) Abierta transversalmente.
- d) Abierta verticalmente.
- e) Abierta longitudinal y transversalmente.
- f) Abierta longitudinal y verticalmente.
- g) Abierta transversal y verticalmente.
- h) Abierta longitudinal, transversal y verticalmente.

Las cuatro variantes primeras pueden ser conformadas por paneles o piezas moldeadas, sin necesidad de usar un esqueleto independiente; las variantes (e) a (g) pueden ser de esqueleto solo o mixtas de esqueleto y paneles, mientras que la última variante (h) solo puede ser conformada con un esqueleto.

Podemos resumir que en esta etapa la mayor parte de la obra realizada, –muy escasa en relación a las grandes propuestas surgidas que quedaron solo como proyectos utópicos– la propuesta constructiva ha tendido hacia la utilización de la estructura primaria del tipo de esqueleto ortogonal con adiciones de células. Estas no han sido pensadas como tridimensionales, auto-portantes y autónomas, sino simplemente como adheridas fuertemente a todo el perímetro de contacto con la estructura principal, tal como comúnmente ocurre con la construcción tradicional de esqueleto y cerramientos livianos, o a lo sumo solo como superposición de planos, con un control estructural que podía brindar la simetría como

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

base de toda operación compositiva. En los casos de complejos habitacionales de altura moderada, incluso se han utilizado muros portantes o una estructura mixta de muros y columnas portantes.

El caso del edificio Walden nº 7 de Ricardo Boffil.

La resolución constructiva y estructural derivado del empleo de células tridimensionales no ha permitido grandes innovaciones formales y, en el caso de realizarlas, siempre se han topado con la ineficacia del propio sistema estructural de esqueleto para adaptarse a nuevas configuraciones espaciales. La estructura en general complicó la resolución funcional y formal del edificio debido a la verticalidad propia de los apoyos y en muchos casos han perturbado la libre disposición interna de las células. Si nos detenemos en la obra realmente prodigiosa del arquitecto Ricardo Boffil⁶⁰ -que en España ha producido una obra muy significativa y abundante en la utilización de módulos espaciales-, podemos ver que en su gran mayoría no ha podido articular con eficacia la libertad proyectual que genera el trabajo con células tridimensionales agregativas, con la rigidez que le brindaba los esqueletos portantes que usaba para materializarlos. Este quizás sea una de las grandes falencias que nos ha legado esta experiencia. Sumado a esto, la propia desconfianza tanto hacia la calidad visual del sistema agregativo como las propias limitaciones del sistema modular, tal como lo plantea el mismo Boffil, obligaron a una manipulación personal del resultado formal de las propuestas con el agregado de componentes extra modulares.

El edificio Walden Nº 7 en Barcelona es quizás el más significativo de esta tendencia a insertar las células funcionales dentro de una trama estructural ortogonal. Este edificio (Figura 40) es un claro ejemplo de cómo ha sido manipulada casi hasta el límite la estructura de esqueleto para poder contener las célu-

⁶⁰ El trabajo de Ricardo Boffil ya ha sido citado anteriormente a partir de la tesis doctoral de Pedro García Hernández: La agregación modular como mecanismo proyectual residencial en España: El taller de arquitectura. Ver página 38.

las habitacionales pensadas –pero no ejecutadas- como células tridimensionales. Las imágenes presentadas en la etapa de su construcción (Figura 41) muestran como debió ser forzada hasta el extremo de sus posibilidades resistentes la solución estructural en forma de esqueleto. Se visualiza la combinación de cruces de San Andrés con tensores, con el fin de generar un marco rígido adecuado para resolver los grandes voladizos que surgen de la manipulación volumétrica de la propuesta. La imagen del edificio terminado en cambio, no representa en absoluto estas alteraciones estructurales, presentando una imagen totalmente distinta de cómo fue concebido. En función de las categorías de análisis de la forma expuestas anteriormente, la estructura estética del conjunto prioriza la estructura funcional dentro de la técnica pero descuida, sin dejar dudas, la estructura estática la cual toma un rumbo propio.

No nos podemos olvidar que el empleo de las CT ha surgido como respuesta a un problema de orden urbano y fundamentalmente ético respecto la manera con el cual la sociedad se debía servir de la tecnología. De este modo, la posibilidad de industrialización y de seriación modular se convertía en el concepto fundamental a la hora de su diseño, lo cual repercutió evidentemente en los resultados formales de los conjuntos edificados. En los casos de adición de células portantes tridimensionales, la utilización preferente de moldes de hormigón armado como paneles con pocas aberturas practicadas enfatizó el aspecto de caja cerrada tan característico de los sistemas industrializados. A este rango de opción pertenece el conjunto habitacional denominado Hábitat Montreal diseñado por Moshe Safdie en 1968 para los juegos Olímpicos desarrollados ese año. Sobre este complejo, uno de los precursores en esta idea de apilabilidad de entidades autónomas tridimensionales, volveremos a referirnos en una instancia posterior, cuando analicemos más detenidamente el aspecto más innovador de la propuesta como es el, mecanismo de vinculación de las unidades y su transferencia al suelo.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA



40



41

Figura 40 y 41. Edificio Walden 7. Taller de Arquitectura de Enrique Bofill, Barcelona. 1970. Este edificio es un claro ejemplo de la inconsistencia estructural de la mayoría de las propuestas desarrolladas con sistemas modulares agregativos.

*Ejemplos recientes de apilamientos
compositivos y su relación con los
aspectos constructivos*
1.3.4

La experiencia mega-estructural de los años 60, más allá de su éxito o no en su rol de transformador urbano y social, nos ha legado una manera de operar proyectualmente con el espacio tridimensional, que ha sido muy valioso y ha continuado ya con otras preocupaciones en la arquitectura reciente, según lo observado en el capítulo anterior. Si la tendencia de la arquitectura actual tiene que ver más con cuestiones que representen eficazmente la dinámica y lo efímero de los tiempos actuales y que a nivel representacional deben ser asimilables con los conceptos de transparencia, inestabilidad e inmaterialidad desarrollados con la idea de edificio terminado, las experiencias mega-estructurales estaban enfocadas más al concepto relacionado con la macro escala y de configuraciones abiertas, donde la resolución del agrupamiento era esencial. De esta manera, no podemos comparar ambas operaciones, ya que han tenido objetivos totalmente diferentes y que evidentemente han tenido repercusión en su desarrollo formal. Podemos enunciar que las operaciones compositivas a través de unidades apiladas en la actualidad se pueden reconocer básicamente a través de dos estrategias constructivas:

- a) Los módulos que conforman dicho apilamiento no se conforman como unidades auto-portantes y son unidos a través de ramificaciones de líneas estructurales en diversas direcciones que trasladan las cargas al suelo.
- b) Los módulos son auto-portantes y se superponen o se vinculan indirectamente a través de una estructura adicional rígida externa, ajena a la propia concepción formal, con el objetivo de unificar las cargas y trasladarlas al suelo.

En la primera, podemos incluir al Museo de Arte contemporáneo de N. York de SANAA. (Figura 42)

En la segunda, incluimos al edificio Celosía de MDVRV, con de Blanca Lleó. (Figura 43)

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

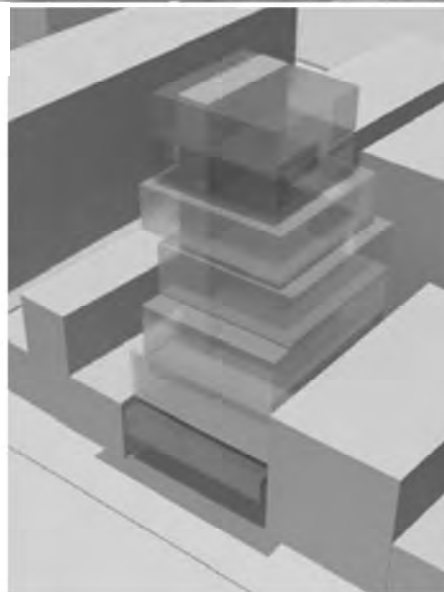


Figura 42. Museo de Arte Contemporáneo. N. York. SANNA. EE.UU, 2007.

Figura 43. Edificio “Celosía”, Madrid, MDVRV + Lleó. 2001-2009.



45



Figuras 44 y 45. Museo de Arte Contemporáneo de N. York. El edificio se “compone” de cajas apiladas desfasadas respecto del núcleo central circulatorio.

Museo de Arte Contemporáneo de N. York. SANAA

En el museo de Nueva York, la idea del conjunto responde a un criterio de relación con edificios contiguos, contraponiéndole al contexto una idea de inestabilidad. Compositivamente, cada una de las cajas apiladas se desplazan horizontalmente respecto de un núcleo central, –que representa funcionalmente las circulaciones verticales- constituyéndose éste en el sector de descarga estructural principal que estabiliza el conjunto. (Figuras 44 y 45) Cada una de estas cajas contiene una sala de exposición y permiten, en relación a estos desfasajes, presentarse de manera neutra al exterior. Al mismo tiempo, garantiza ingreso de luz solar cenital, de manera de generar una continuidad espacial en el interior que anule el aspecto de compartimentos estancos característicos de los edificios en altura.

Lo particularmente interesante es la manera en que las cargas se van transmitiendo a través de los diferentes volúmenes. Si vemos detenidamente la figura 44 notamos que la conformación de los módulos programáticos no es consecuente con su resolución estructural, ya que el mismo no se comporta como una entidad autónoma auto-portante. De este modo, la transmisión de las cargas se da de manera indirecta a través de zonas específicas. Esto se logra a través de la continuidad tensional que se le brinda a algunos de los elementos lineales con que están resueltos la estructura de los módulos. Dicha continuidad no se corresponde con el alineamiento en vertical de los mismos, sino que deben ir tomando diferentes caminos que la van desviando hacia otros sectores de descarga, hasta llegar al suelo de fundación. Lo que se propone entonces es una estructura de transferencias de cargas en sectores puntuales, no una solución estructural integral que involucre a toda la volumetría. El apilamiento por sí solo no brinda la estabilidad necesaria, para lo cual se dispone de elementos complementarios de fijación, como es la caja central de circulación que le da la rigidez torsional necesaria al conjunto.

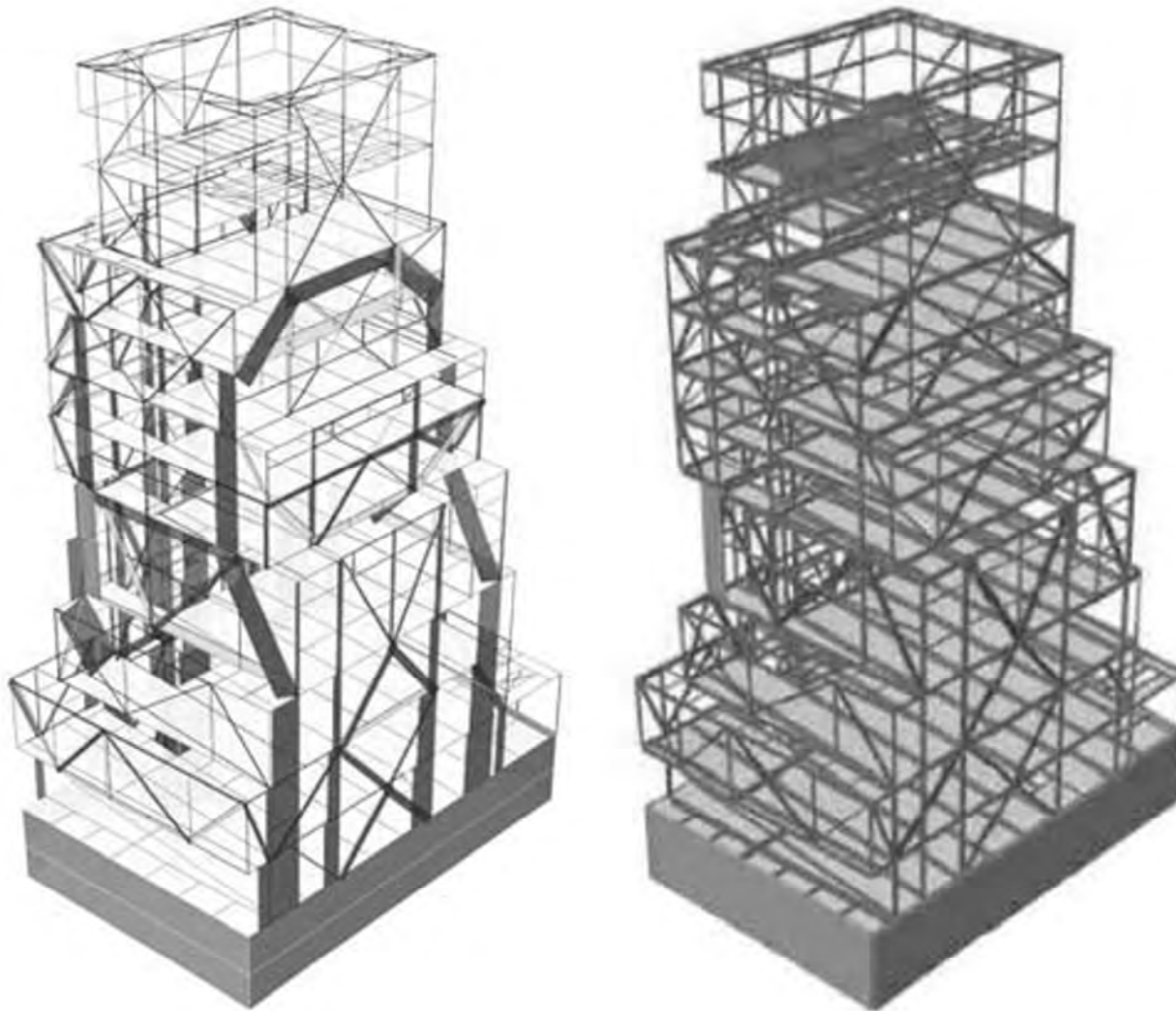


Figura 46. Museo de Arte Contemporáneo. N. York. EE.UU. 2007. SANAA. Esquema estructural donde se explica la distribución de las cargas de origen gravitatorio (izquierda) y las debidas a las acciones horizontales de viento. (derecha)

Edificio Celosía. MDVRV + Lleó

La propuesta englobada en esta clasificación responde claramente a un apilamiento compositivo, en el sentido que presenta unidades modulares superpuestas, aunque en el pensamiento generativo de los autores tal situación no haya sido desarrollada tal como se expresa en la figura 47. El concepto de partida surge de un concepto de masa excavada, de los cuales surgen las unidades compositivas y no a inversa, como adición de volúmenes unitarios superpuestos y desfasados. Esta disposición abierta de las unidades modulares repetitivas no es aleatoria sino que responde a una clara intención de mejorar la relación exterior e interior del conjunto, situación que no es muy común en conjuntos habitacionales. Esta voluntad de apertura en el frente permite, no solamente un mayor asolamiento y ventilación de las unidades, sino también la de conformar patios comunes entre unidades separadas y fundamentalmente lograr un grado de apertura al barrio que posibilite el ingreso de la comunidad al interior del conjunto. (Figura 48)

Estructuralmente el ejemplo no responde a un apilamiento directo de unidades apoyadas unas sobre otras. Los módulos auto-portantes contruidos por el sistema de molde completo se disponen alternativamente unos respecto de otros, formando una trama de llenos y vacíos. Cada una de estas unidades se encuentran enmarcadas dentro de dos placas rígidas horizontales, –las losas que definen cada uno de los niveles- (ver figura 48) que son los encargados de transmitir uniformemente las acciones sobre los bloques inferiores. Esto permite, además, alternar en altura los mismos, de manera de brindarle estabilidad a cada uno de los desfasajes. De esta forma, a diferencia del museo, la apariencia de apilamiento es visualmente negada por la horizontalidad de las losas intermedias, lo cual rompe la continuidad de los módulos en vertical.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

47

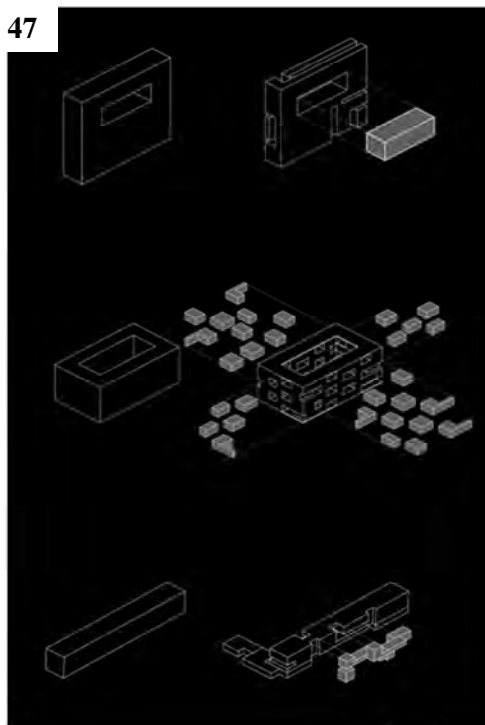


Figura 47. Edificio Celosía, Madrid, MDVRV + Blanca Lleó. La idea generativa del edificio Celosía parte de un concepto sustractivo que vacía la masa edilicia y no como unidades aditivas repetitivas y superpuestas.

48



Figura 48. Edificio Celosía. El apilamiento compositivo de volúmenes queda debilitado constructivamente por las fajas horizontales que son las que verdaderamente transmiten las cargas entre filas de unidades de viviendas.

49

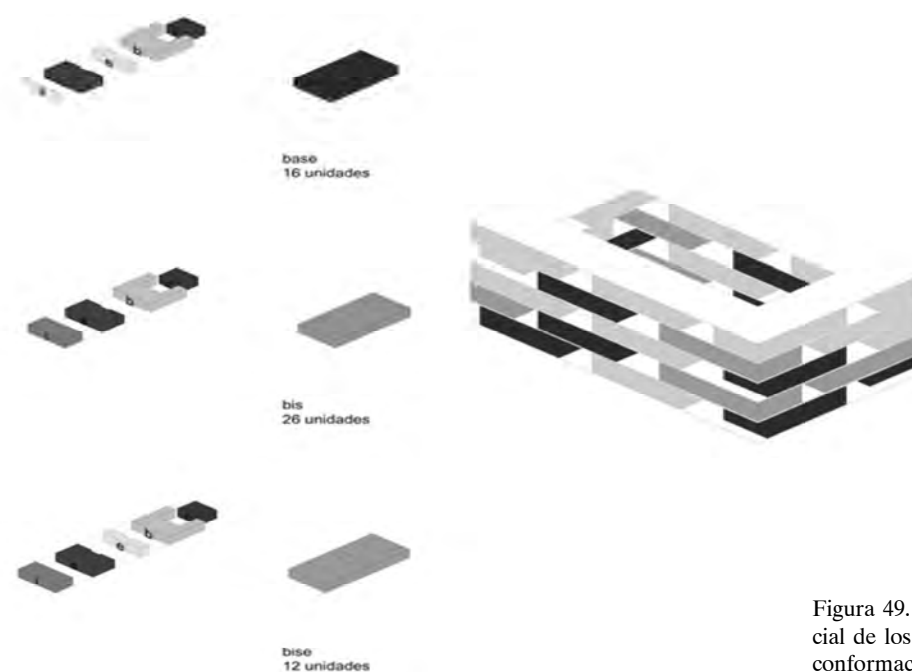


Figura 49. Edificio Celosía. Disposición espacial de los módulos de viviendas indicando la conformación interna de cada uno de ellos.

Podemos concluir, en función de todo lo dicho respecto de las relaciones entre lo compositivo y lo constructivo, que las composiciones espaciales apiladas queda en cierta manera condicionada por el desarrollo de la estructura resistente, en el sentido de que ésta actúa más como contenedor que encierra el espacio más que abrirlo. De este modo, el importante grado de exposición de la estructura resistente en todos los casos, como esqueleto continuo –la estructura primaria- , es lo que termina perjudicando la libre disposición funcional de los espacios.

Para cerrar este análisis, la composición modular que ha erigido el Arq., Ing. y escultor Santiago Calatrava en España es muy ilustrativa en la significación que se produce culturalmente respecto a los valores de la arquitectura actual, resumiendo perfectamente esta dualidad entre la cuestión netamente artística y la solución técnica empleada. Calatrava, (Figura 50) genera una especie de metáfora que, por un lado caracteriza una manera muy actual de producir arquitectura, basada como vimos en el apilamiento de módulos espaciales como recurso compositivo, cuya silueta expresa –y aquí el autor lo magnifica– cierta inestabilidad. Por otro lado, una solución estructural realmente forzada, casi al borde del colapso, como un recurso casi gestual -característico del autor- que expresa a la tecnología más como un fin en sí mismo -de hecho también la resalta y la muestra de manera que no queden dudas de su mecanismo resistente y estabilizante–, que como un instrumento para concebir la arquitectura. El resultado coincide entonces con lo expresado respecto de la falta de relación entre una idea compositiva determinada y su solución técnica, que en este caso utiliza un recurso auxiliar -la estructura primaria– totalmente independiente y visible para poder sostener y equilibrar cada uno de los módulos.



50

Figura 50. Santiago Calatrava. Composición modular. Madrid, España.

2. LA “VISION” ARQUITECTONICA DE LA ESTRUCTURA

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

En el capítulo precedente se ha analizado el surgimiento y desarrollo del método compositivo en el proceso de ideación arquitectónica, el cual ha evolucionado desde las primeras aproximaciones académicas desarrolladas en planta, utilizando la sustracción como estrategia, hasta las experimentaciones con módulos tridimensionales espaciales basadas en la adición de unidades repetitivas. La composición a través del apilamiento funcional de módulos espaciales ha sido reconocida como una estrategia muy usada en la experiencia mega-estructuralista de fines de la década del 60 del siglo pasado, la cual ha sido recuperada bajo otras circunstancias contextuales en la actualidad. Sin embargo, estas propuestas, tal como hemos puntualizado luego, han tenido escasa relación con una forma constructiva consecuente con sus desarrollos espaciales. Muchas de las soluciones estructurales empleadas no han podido superar las limitaciones del entramado de vigas y columnas del esqueleto portante, debiendo exigir casi hasta el máximo de sus posibilidades a los miembros estructurales componentes del sistema –especialmente a los saledizos–, o recurrir a complejos mecanismos de transferencia de cargas. Lo que realmente sí se ha logrado a partir de estas soluciones fue precisamente desvirtuar la simplicidad o la “racionalidad” pretendida para este sistema que ha nacido, no solo como una solución estructural, sino también como un modo de ordenación del espacio arquitectónico que era eficaz para una concepción formal y espacial muy diferente a las experiencias formales actuales.

La pretensión de este capítulo es la de poder individualizar aportes a nivel teórico ó ciertas actitudes proyectuales basadas en estrategias de composición espacial con módulos tridimensionales, que hayan podido integrar eficazmente las demandas de la estructura resistente con las arquitectónicas. Las primeras de ellas, vendrá de la mano de la rama ingenieril y permite acercar el conocimiento estructural a un lenguaje arquitectónico; las segundas, se posicionan dentro del propio campo de la arquitectura.

Si bien el tratado de Félix Cardellach “Filosofía de las estructuras”¹ se desarrolla en un lenguaje completamente teórico, las implicancias prácticas que se derivan de él son relevantes, en el sentido de que lo que plantea es esencialmente liberar a la componente estructural de sus pre-existencias tipológicas, de manera de poder establecer relaciones directas con las experiencias compositivas basadas en apilamientos de unidades funcionales. Sobre el reconocimiento de estas teorizaciones como el concepto de empilage, principio de constructividad y el desarrollo de los sistemas tendinosos, vamos a discernir en un primer apartado. Las actitudes desarrolladas dentro del campo específicamente arquitectónico las encontraremos en las aportaciones teóricas y prácticas de Frank Lloyd Wright y de Louis Kahn, los cuales, además de poder reconocer exploraciones formales con unidades funcionales, persisten con el proceso de liberación de la estructura comenzado por Cardellach, ubicándola en una posición dialéctica entre las exploraciones formales y las exigencias programáticas. La ruptura de la caja arquitectónica y con ella la liberación estructural que esto implica, tanto los conceptos de estructuras en suspensión y de transferencias de cargas por parte de Wright; la idea de pre-forma, de las units systems y especialmente de estructura ahuecada que surgen de las tensiones que se establecen entre el espacio continuo y discontinuo por parte de Kahn, son los aportes sobre los cuales indagaremos en la segunda parte.

¹CARDELLACH, Félix. Filosofía de las estructuras. 1ª. ed. Barcelona: editores técnicos asociados, S.A, 1970. El texto fue editado por primera vez en 1910.

I APORTES DESDE LA INGENIERÍA.

I.1 Félix Cardellach y la liberación tipológica de la estructura.

Félix Cardellach –ingeniero y arquitecto- , a principios del siglo XX enuncia a través de su cátedra de Arquitectura industrial en la escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona una serie de conferencias acerca de las nuevas virtudes de la ingeniería industrial y su capacidad de ser expresivas por sí mismas. Dice Cardellach:

La belleza de la arquitectura no la producen solo las filigranas decorativas sino los mismos materiales y la verdad con que ellos son empleados de manera que el propio metal a partir de sus formas estructurales y a partir de sus posibilidades de manipulación puede adoptar los principios generales de la composición y los materiales decorativos adecuados.²

Esta acercamiento de la ingeniería con la arquitectura es crucial para él, de manera que no solo la arquitectura adopte los criterios de racionalidad propia de la ingeniería, –es conocida su admiración de las corrientes arquitectónicas derivadas del racionalismo francés de Viollet y Labrouste–, sino también la necesidad de que los propios ingenieros presten atención al proyecto y al componente artístico. De hecho, Cardellach era profesor en la escuela de artes y oficios y además dictaba clases de estereotomía en la escuela de Ingenieros, donde impartía nociones acerca de la percepción visual de las obras de arquitectura.

² Citado en GRAUSS, Ramón y ROSELL, Jaume. Félix Cardellach y la reinención del Ingeniero. [en línea]. 2010. [fecha de consulta: 12 Agosto 2011]. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/13567/1/2010%20felix%20cardellach%20en%20la%20reinencion%20del%20ingeniero%20graus_rosell.pdf.

Lo más importante de todas sus reflexiones y de enorme validez en la actualidad es la necesidad de conciliar las formas mecánicas de la arquitectura industrial con las formas artísticas, para que el ingeniero pueda resolver adecuadamente la forma artística, especialmente cuando ambas formas no son coincidentes a causa de las exigencias del proyecto, de la naturaleza del material, etc.”³

Esta introducción al pensamiento de Cardellach nos sirve para adentrarnos en su obra fundamental “Filosofía de las estructuras”, un libro antiquísimo pero de una actualidad notable, en el cual define unos principios fundamentales para el avance del trabajo. Estos principios individualizados a lo largo del tratado son enunciados teóricos de carácter general y serán re-interpretados en el desarrollo de la tesis, no porque en la actualidad hayan quedado desactualizados después de un siglo de arquitectura moderna y contemporánea, sino justamente por la gran actualidad que los mismos poseen. Estos, al no poseer recursos gráficos que expresen sus contenidos, son susceptibles de múltiples interpretaciones. Al comienzo indagaremos acerca de estos principios enunciados de manera de poder encontrar algún signo o huella que les permita ser funcionales a los métodos compositivos indagados. Estos principios son: el principio del “empilage” o apilamiento, origen de todos los procedimientos constructivos; el principio de constructividad que lo vincularemos a los conceptos previamente razonados por Semper de estereotomía y tectónica y, como consecuencia de aquella asociación, los sistemas tendinosos.

Antes de comenzar con el desarrollo particular de cada uno de los puntos, Cardellach define el problema estructural a través de la individualización de unos principios básicos que establecen la condición constructiva de las estructuras como factor principal para plantear una clasificación general de las mis-

³ GRAUSS, Ramón y ROSELL, Jaume: Ibid.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

mas. Esta consideración de lo constructivo es lo que diferencia la postura de Cardellach respecto de la mayoría de los autores contemporáneos, los cuales parten generalmente de la geometría de la forma estructural para definir dicha clasificación –no es casual que el libro no posea ninguna imagen–, con lo cual abre un campo de exploración muy interesante a nivel del diseño estructural. Dice el propio Cardellach acerca de la dificultad para proponer una clasificación general:

Una reflexión detenida sobre los inconvenientes de las clasificaciones anteriores nos obliga a seguir un camino opuesto y complejo, pero enteramente racional y que permite el agrupar las formas estructurales bajo principios diferentes basados exclusivamente en lo que podríamos llamar la *aptitud que para reaccionar contra las fuerzas externas presentan dichas formas*, aptitud que es de orden puramente mecánico, sin relación alguna con la época y con la geometría de las mismas, y hasta cierto punto independiente también del material, toda vez que entraña principalmente el concepto de la constitución o contextura de los miembros constructivos. Tal agrupación consiste en el establecimiento de los dos grupos primordiales de formas de construcción.⁴

Entonces, el autor agrupa u ordena a las estructuras según su aptitud para reaccionar contra las fuerzas exteriores, de orden puramente mecánico, sin relación con la época y materiales constituyentes y, lo más importante, sin relación con la geometría ni la forma de las mismas. Estas ordenaciones plantean además el comportamiento no solo del elemento estructural por sí mismo, sino en relación al sistema completo. De este modo, los elementos estructurales se relacionan no solamente por la capacidad de resistir esfuerzos, sino también como éstos luego son transmitidos hacia otros elementos. Es importante aclarar que Cardellach no se refiere nunca a sistemas estructurales completos sino descomponibles en partes unitarias, cuya forma de trabajo dependen justamente de cómo se unan para definir su capaci-

⁴ CARDELLACH: Op. Cit. p. 11-12.

dad portante y poder englobarla dentro de una categoría. O sea que se trata en realidad de una concepción sigilosa por partes o unidades combinables a través de uniones o nudos para formar un sistema completo, separando la unidad de su forma de vinculación. El concepto de adición queda latente en esta manera de interpretar las configuraciones estructurales, más ligadas con la experimentación formal que sistemas completos idealizados. Aquí aparece un primer punto de conexión entre lo aditivo del pensamiento estructural de Cardellach y el método utilizado en arquitectura para componer, que hemos identificado a partir del empleo de unidades apiladas en altura característico de la actualidad.

Las formas “bi-resistentes” son aquellas que poseen en su totalidad capacidad para resistir esfuerzos de compresión y de tensión y que, por la manera de vincular los elementos constituyentes, puedan presentarse soluciones de continuidad por acción de medios adherentes. Las formas “uni-resistentes”, en cambio, son aquellas que están dotadas para reaccionar contra esfuerzos en un solo sentido, o de compresión o de tensión, en función principalmente de la manera en que se tratan las juntas que impiden el monolitismo de las piezas en su totalidad. Dentro de las bi-resistentes, se define a las pseudo-elásticas, que poseen diferentes capacidades de resistir compresiones que tracciones y las elásticas, con similar capacidad. En las uni-resistentes, separa las formas de reacción vertical de las formas de empuje.

Lo más importante que introduce Cardellach es que estas características no tienen carácter absoluto, pudiendo variar su comportamiento según la forma de vincularlo. Aquí en este punto introduce el principio de constructividad, que es justamente la característica distintiva de cómo un material puede transmitir los esfuerzos a través de la junta constructiva. Posteriormente incorpora los sistemas tendinosos que permiten también modificar las cualidades resistentes de la materia, haciéndolo más efectivo a

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

un determinado tipo de esfuerzo, en este caso la tracción. El trasfondo mecánico de la agrupación que propone Cardellach queda, de este modo, definido en función de dicha constructividad y no por otras variables como comúnmente se clasifican los sistemas estructurales habituales, como ser por cronología, geometría de la forma, material, esfuerzos predominantes, etc. Para cuantificar estas agrupaciones, Cardellach aplica un coeficiente estructural que resulta de dividir el coeficiente de trabajo a compresión por el del trabajo a tensión que permite la estructura en una sección general de la misma, resultando de este modo el coeficiente igual a uno en las estructuras elásticas, mayor que uno en las pseudo-elásticas, infinito o cero en los casos de las estructuras uni-resistentes, a compresión o a tracción.

Al principio del empilage⁵ lo podemos englobar originalmente dentro de los sistemas uni-resistentes de transmisión de cargas. Se trata básicamente de un principio basado en la estereotomía de las partes, equilibradas por la simple gravedad. A este principio Cardellach lo definió primeramente como un simple apilamiento:

La sencilla disposición de piezas de estructura realizadas por amontonamiento de las mismas, disposición rudimentaria que con seguridad está inspirada en la que ofrecen las pilas naturales y sin ley aparente del material depositado por accidentes fortuitos.⁶

Sin embargo, más adelante el autor lo utiliza para explicar su adopción como barras en muros y techos, dándole una connotación diferente al del simple apilamiento. El mismo Vitruvio reconocía el principio del empilage dentro de la construcción en madera en las comunidades primitivas:

El principio del empilage como origen constructivo
1.1.1

⁵ Empilage es un término originado en la lengua francesa debido a que Cardellach era de origen catalán y procede de empilar (apilar).

En un primer momento levantaron paredes entrelazando pequeñas ramas con barro. Entre los habitantes de la Cólquide, en el Ponto, debido a sus abundantes y espesos bosques, colocan árboles de igual tamaño tendiéndolos en tierra de derecha a izquierda, dejando entre ellos un espacio equivalente a su altura y en las partes extremas fijan otros árboles transversales, que rodean el espacio central de la vivienda.

Posteriormente uniéndolos y asegurándolos con maderos atravesados alternativamente, por los cuatro lados forman los ángulos o esquinas y así levantan las paredes en perpendicular, e incluso unas torres muy elevadas; los huecos que quedan, por no ajustar bien los maderos, los cubren con barro. Cortando los extremos de las vigas transversales en las techumbres, consiguen que se vayan reduciendo gradualmente en distancia, paso a paso, y así desde las cuatro partes levantan, en la parte central, unas pirámides que cubren con follaje y barro; construyen los techos abovedados de las torres, siguiendo el uso de los pueblos extranjeros.⁷

51



Figura 51. Forma típica de cómo se dispone las secciones de madera para su posterior secado en aserraderos.

El empilaje primario, a partir de su forma de trabajo unidireccional a compresión, se genera entonces a través de la superposición en vertical de elementos unitarios concrecionados mediante adición por simple contacto de partes iguales. El muro de ladrillos portantes o de sillerías de piedra es el cabal ejemplo de estos sistemas cohesivos, en los cuales la agregación de elementos unitarios vinculados a través de un mortero de agarre conforma un sistema completo.

El hombre fue desarrollando los primeros monumentos transformando las pilas naturales a través de la superposición en horizontal de troncos de árboles con cruzamientos sucesivos para la erección de construcciones altas, con el único principio estructural de la gravedad o cargas superpuestas. El estibado de las escuadrías de madera depositadas en los aserraderos para secarlas, deriva de aquel principio. (Figu-

⁷ VITRUVIO Polion, Marco Lucio. Las comunidades primitivas y el origen de los edificios. Compendio de los diez libros de arquitectura Libro 2, capítulo 1. [en línea]. [fecha de consulta: 20 Octubre 2013]. Disponible en: www.estucos.es/bibliografia/Vitrubio.pdf

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ra 51) En estas configuraciones, la resistencia a flexión de los elementos si bien es pequeña, permite el contacto por puntos y no por superficie continua.

Cardellach reconoce tres requisitos básicos para conservar la mecánica de la construcción estereotómica por apilamiento de elementos que simplemente se equilibran por gravedad. Ellos son: no superar el ángulo máximo que con los lechos de las piezas puede formar las fuerzas compresoras; evitar esfuerzos tensivos en la zona de la superficie de la junta, cuyos esfuerzos originarían el giro de una pieza sobre otra y por último, no superar la presión máxima por unidad de superficie que resisten las fuerzas de compresión.⁸

Si tenemos en cuenta estos requisitos básicos , podemos reconocer que casi todos los sistemas estructurales heredados de la antigüedad se incluyen dentro de esta definición de empilage: toda la construcción arquitrabada en piedra u otro tipo de mampuestos por claves -según definición de Choisy⁹-, de directriz horizontal y sin empujes, los sistemas trilíticos derivados de la tradición de la arquitectura egipcia, pre-helénica y helénica (Figura 52) y además, todos los elementos en forma de arco, bóvedas y cúpulas con dovelas trabajadas para compensar su trabajo a compresión con empujes horizontales. Asimismo, la implementación del mismo principio en otros materiales como la madera, tratadas por el principio del apilamiento en la arquitectura oriental y también helénica, como así también los nuevos materiales y sus técnicas constructivas que paulatinamente se iban incorporando al repertorio de mas, han sido influenciados y tratados según la vieja usanza de apilar. El mismo Wright comenta:

⁹ Para profundizar más acerca de la construcción estereotómica apilada y su desarrollo en diversas épocas históricas, ver CHOISY, Auguste. Historia de la Arquitectura. 9ª. ed. Buenos Aires: Víctor Leru, 1980.

52



Figura 52 Sistema trilitico básico en la arquitectura del antiguo Egipto basado en el principio del apilamiento.

53

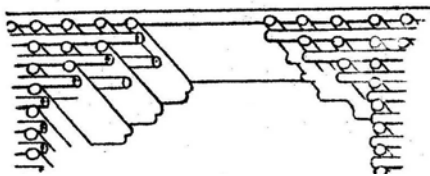


Figura 53. Apilamientos entrecruzados para la conformación de armaduras de madera en la arquitectura china.

La arquitectura antigua y la ciencia de la construcción del siglo XIX consistían simplemente en reducir los esfuerzos de los materiales y sus usos a dos cosas: viga y columna. Realmente la construcción no era más que la superposición de madera o piedra, poniendo sobre ella algún otro material, por ejemplo hierro. Pero era simple superposición.¹⁰

Tanta influencia ha generado la construcción basada en el principio del empilaje o el simple superposición, que ni los nuevos ideales de la arquitectura moderna –tal como los plantea Collins-, provenientes muchos de ellos de disciplinas artísticas ajenas a la arquitectura, han podido disminuir su utilización como forma constructiva dominante.¹¹ Para Giedion, la aparición de los nuevos materiales de construcción en el siglo XIX, como el hierro y el hormigón armado, no han podido modificar el hábito constructivo heredado: “los materiales fueron simplemente unos nuevos instrumentos que permiten levantar pseudo monumentales exteriores siguiendo la antigua tradición.”¹² Más adelante continúa:

El ingeniero estaba tan habituado a emplear aquellos materiales elementales que solamente ofrecen un soporte de una sola dimensión que estos se convierten ya en su segunda naturaleza, y lo mantuvieron apartado de otras posibilidades. Tal era el estado de cosas cuando fue introducido el hormigón armado y, de momento no se produjo cambio alguno.¹³

La técnica del empilaje permite también, o desviarse progresivamente de la vertical e ir conformando

¹⁰ Citado en: JUÁREZ Chicote, Antonio. Continuidad y discontinuidad en Louis I. Kahn. Materia, estructura y espacio. Tesis. (doctoral) Madrid, España: Escuela Técnica superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, 2007. 279 p.

¹¹ COLLINS, Peter. Los ideales de la Arquitectura Moderna; su evolución (1750 – 1950). Colección Arquitectura y crítica. 1ª. ed. Barcelona: Gustavo. Gili S.A, 1977. En relación a esto, veremos más adelante como los grandes precursores de la arquitectura moderna han renegado del protagonismo de la construcción basada en el simple apilamiento de elementos y la necesidad de superar las limitaciones formales que provienen de ella.

¹² GIEDION, Sigfried. Espacio, tiempo y arquitectura. Origen y desarrollo de una nueva tradición. 5ª. ed. Barcelona: Reverté, 2009. p.185.

¹³ GIEDION: Ibid. p. 468.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

espacios habitables, copiando para ello las formas abovedadas que la propia naturaleza tallaba en las rocas. Esta técnica primitiva por hiladas avanzadas o saledizos sucesivos, según definición de Choisy¹⁴, dio origen a la llamada falsa bóveda -cúpula en el caso de un sistema tridimensional- o de falso arco, en el caso de un sistema bidimensional, ya que el trabajo de éstas no era solo a compresión sino también a flexión. (Figuras 53 y 54) Para evitar el basculamiento de un elemento sobre otro y poder generar saledizos pronunciados, se provee a cada trozo de piedra de un tramo posterior que anule la tendencia al giro. De este modo, toda la construcción estereotómica, para poder alejarse de la condición de gravedad elemental consistente en apilamientos directos conservando la vertical, debió recurrir al recurso del contrapeso para mantenerse en pie.

Si en el *empilage* antes descrito nos separamos de la estricta vertical, elevando al efecto, con declive externo o interno, las caras de la construcción, iniciamos de momento la exploración de la cualidad bi-resistente de la materia e introducimos así en el *empilage* el germen racional de la estructura elástica.¹⁵

Hemos visto hasta ahora formas uni-resistentes en el sentido de que, por más que la unidad pueda tener capacidad bi-resistente -es decir capacidad de resistir flexiones-, su forma de vinculación las agrupa dentro de la categoría indicada. En esto se basa precisamente el principio de constructividad: que la manera de vincular un elemento sobre otro es quien precisamente puede caracterizar el comportamiento de una estructura, prescindiendo entonces de una forma previa.

Como vemos claramente, el valor del coeficiente estructural depende de algo más que de la materia con que informemos la estructura: depende de la *constructividad* que adoptemos en

54

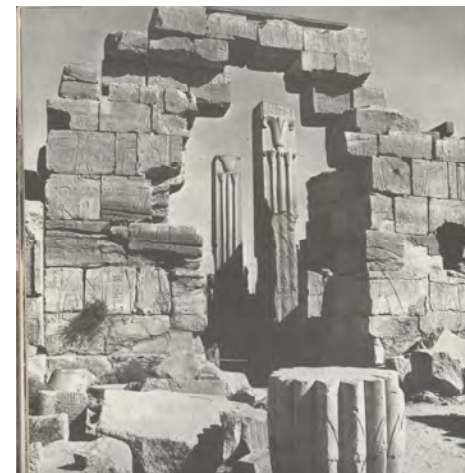


Figura 54. Ejemplos de construcción estereotómica basados en el concepto de saledizos sucesivos o de “falso arco”.

El principio de constructividad

1.1.2

¹⁴ CHOISY: Op. Cit. p.16.

el tratamiento de aquella materia, puesto que, como ya hemos dicho, un dovelaje hace uni-resistente a la estructura realizada con elementos flexibles como el hierro, y un sistema de tendones puede hacer bi-resistente a un material cuya resistencia tensiva sea peligrosa, como sucede, por el ejemplo, con el cemento.¹⁶

Este principio abre un campo muy interesante de exploración con la forma, en el sentido de poder incorporar con la misma técnica del empilaje estructuras más complejas, que involucran varios de los principios anteriores y que dan origen a las estructuras mixtas. Lo que se trata esencialmente es de poder brindar capacidad tensiva a los elementos estereotómicos, para ubicarlos de este modo en el campo de las estructuras pseudo- elásticas.

El monolitismo megalítico ha sido la manera más primitiva de disponer un elemento constructivo. Consiste en la utilización de un bloque de piedra conformada por una masa única sin solución de continuidad. Para el autor, esta propiedad puede lograrse a través del sistema lapidario –un trozo de piedra cortada y labrado- y del sistema cohesivo, logrado artificialmente a través de técnicas de concreción.

El principio orgánico de agregación nace a partir de fecundos principios constructivos de la naturaleza, como son las diversas estratificaciones y cristalizaciones compactadas que dan origen a las rocas. Del mismo modo, la fabricación de mampuestos se convierte también en especies de monolitos que el autor denomina “de artificial pudinga”¹⁷ y que luego, con una mixtura de mortero, da origen a lo que comúnmente conocemos como sistemas estereotómicos en piedra o en mampostería de ladrillos. El principio orgánico de agregación se presenta tanto en las estructuras concrecionadas que la naturaleza con el

¹⁶ CARDELLACH: Op. cit. p. 16.

¹⁷ CARDELLACH: Op. cit. p. 49.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

tiempo fue formando y en las formas cohesivas donde, por ejemplo, dos materiales diferentes se ligan entre sí como el ladrillo y un buen mortero de agarre.

El principio de constructividad se refiere fundamentalmente a la aptitud que puede adquirir un sistema cohesivo para transmitir un determinado tipo de esfuerzo a través de la junta constructiva. Todos los materiales, en mayor o menor grado, poseen la capacidad de resistir esfuerzos en dos direcciones ortogonales, siendo entonces bi-resistentes por naturaleza. Por efectos del modo de constructividad adoptado, el material conformado en base a una unidad cohesiva puede modificar su comportamiento a determinado tipo de esfuerzo, pudiendo transmitirlos en un solo sentido y convertirse de ese modo en uni-resistente. El material entonces es en rigor independiente de las estructuras y la constructividad es la única que puede caracterizar el comportamiento mecánico del conjunto.

Lo más importante que se desprende de todo esto es que, según Cardellach, la construcción futura –que para el momento que fue escrito el libro ya estamos transitando- irá extendiendo a materiales diferentes la constructividad que hoy parecen tan solo típicas de una clase determinada de materia. Esto es lo mismo que decir que ya no es exclusivo que un material posea una forma constructiva determinada, o ser congruente con un sistema constructivo, para que se comporte estructuralmente de cierta manera. La forma en que se resuelve la vinculación puede hacer igualar las propiedades de dos materiales totalmente diferentes en su forma de trabajo, o por el contrario, un mismo material puede comportarse de diferente manera en función de cómo se lo vincule. Es lo que ocurrió al principio con los materiales modernos como el acero y el hormigón armado, que eran utilizados según las viejas concepciones que se valían de las juntas por compresión para transmitir esfuerzos, despreciando de ese modo su potencial

naciente como material bi-resistente. Ya no podemos entonces referirnos exclusivamente a diferentes estructuras para materiales diferentes, sino que un mismo material puede engendrar estructuras diferentes o a la inversa, una misma estructura realizarse con materiales diferentes.

Esta constructividad que puede adoptarse en el tratamiento de la materia demuestra el acercamiento de Cardellach con las teorías de Semper. Si una de las maneras de vincular los miembros constructivos que han surgido por el efecto de la concreción consiste en la transmisión exclusiva de compresiones, esta situación queda establecida en las construcciones estereotómicas. Si, en cambio, la vinculación entre dichos miembros se da a través de la transmisión tanto de compresiones como de tensiones, esta situación se enlaza con las construcciones de origen tectónico. Esta dualidad también se puede reconocer al contraponer las viejas concepciones basadas en simples apilamientos a compresión –la obra estereotómica-, con las modernas concepciones, pregonadas inicialmente por Wright, basadas en la transmisión de la continuidad tensional entre miembros constructivos que permite la tectónica.

Lo más importante que se desprende de esta clasificación, es el posible acercamiento o postura conciliadora entre ambos tratamientos que Semper ya había reconocido como una necesidad para explorar nuevas configuraciones. Para ello, Cardellach define justamente las estructuras pseudo-elásticas, que permiten incorporar aunque sea en pequeño porcentaje la capacidad de transmitir tensiones –propio de los sistemas tectónicos-- entre los miembros estereotómicos vinculados a través de simples apilamientos, atributo que permite solucionar en gran medida las limitaciones resistentes que poseen.

El desiderátum del principio de agregación o concreción, sería alcanzar estructuras que, indistintamente, tuviesen en todas sus secciones igualdad absoluta de resistencias unitarias entre la compresión y la tensión. En este caso, la construcción tendría elasticidad completa

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

y no habría diferencia mecánica alguna entre una obra de concreto y una armadura de acero; en ambas, la relación de coeficientes de trabajo (circunstancias que, como hicimos notar, clasifica a las estructuras) valdría exactamente la unidad.¹⁸

Esta exploración con la materia se relaciona, como hemos dicho anteriormente, con las teorías de Gottfried Semper referidos a los dos procedimientos generadores de forma, como son la estereotomía y la tectónica. Semper, al igual que Cardellach, parte del recurso constructivo como principio generador de la forma arquitectónica, dando origen a una serie de definiciones que desarrolló allá por mediados del siglo XIX. El autor, en “El estilo en las artes técnicas y tectónicas”,¹⁹ plantea una clasificación de lo que él llamó “las artes técnicas”, que le permitió definir cuatro operaciones principales de trabajo artístico en el uso de las materias primas para la construcción. La tercera de ellas, “en forma de barras” y la cuarta “rígidas, de construcción compacta”, son las que nos permiten entender como estas dos técnicas fundamentales de materializar un espacio arquitectónico se fueron manifestando históricamente y, lo más importante, como a su vez éstas se fueron articulando entre sí y con las prácticas artísticas dominantes. Semper define a la tercera de esta categoría como “la tectónica” o sea, “materias primas en forma de barras elásticas de gran resistencia principalmente a la flexión, es decir a fuerzas que trabajan en sentido perpendicular a su longitud.” La cuarta de ellas “la estereotomía” -del griego “Stereos” (sólido) y “Tomía” (cortar)- se conforman a través de “materias primas rígidas, de construcción compacta, resistentes a la deformación, a la rotura por aplastamiento y por lo tanto, de significativa resistencia a la compresión.”

La estereotomía y la tectónica como procedimientos generadores de forma ***I.1.3***

¹⁸ CARDELLACH: Op. Cit. p. 50.

¹⁹ SEMPER, Gottfried. Clasificación de las artes técnicas. [en línea]. Traducido y editado por Juan Ignacio Azpiazú del texto original de 1860-1863. [fecha de consulta: 04 Abril 2011]. Capítulo 2. El estilo en las artes técnicas y tectónicas. Disponible en: semper-estilo.blogspot.com.ar/2011/04/clasificacion-de-las-artes-tecnicas.html.

Así como la estereotomía abarca no solo a los diferentes tipos de mampuestos –piedra, ladrillo.- y al movimiento de tierras, como también incorpora al hormigón en masa y también al armado y prefabricado, la tectónica abarca tanto a la “obra de madera de los armazones de techo y de las columnas que lo sostienen.... así como en cierto sentido parte de la construcción en piedra y un sistema en particular de la construcción en metal.” Del mismo modo lo plantea Alberto Campos Baeza, siguiendo el razonamiento de Semper, cuando dice que lo estereotómico es un sistema estructural continuo y completo en una arquitectura masiva, “pétreo, pesante”, donde “la fuerza de la gravedad se transmite de una manera continua en un sistema estructural continuo.”²⁰ Para Campos Baeza la estereotomía es el arquetipo de la cueva.

En cambio, la tectónica, como procedimiento distinto para construir la forma, se relaciona con la idea de trama, en donde “la fuerza de la gravedad se transmite de una manera discontinua, sincopada, en un sistema estructural con nudos, donde la construcción es sincopada.”²¹ Para dicho autor, la tectónica es el arquetipo de la cabaña. A estas definiciones se les puede incorporar el pensamiento de Botticher que es citado por Framptom cuando dice, respecto de la tectónica, que es la “ley integradora de función, materia y forma que organiza las relaciones entre partes evitando toda arbitrariedad e incidiendo en la junta, en la articulación de los miembros”²². Esto significa que, según la tectónica, las juntas deben ser exhibidas sin ningún tipo de ocultación que disimule su efecto.

²⁰ CAMPOS Baeza, Alberto. Cajas, cajitas, cajones. Sobre lo estereotómico y lo tectónico. En: La idea construida. Buenos Aires: CP67, Librería técnica S.A, 2000, p. 61.

²¹ CAMPOS Baeza: Ibíd.

²² Citado en FRAMPTOM, Kenneth. Estudio sobre la cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX. Madrid: Akal, 1999. p.26.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Estas operaciones con la materia, de orden constructivo, permiten asociarse a otras que vienen del campo netamente artístico, que nacen de la idea de proyecto, como son los conceptos de sustracción y adición. La sustracción se vincula con la idea de estereotomía y nacen originalmente de quitar en forma paulatina material de un volumen inicial compacto y sólido -como tallar una gran roca o perforar un muro-, hasta llegar al material mínimo e indispensable para que dicha masa no pierda su solidez y resistencia. Bruno Zevi decía que “el espacio arquitectónico es como una gran escultura excavada en cuyo interior el hombre penetra y camina”²³ separándola, de este modo, de otras artes como la pintura y la escultura, en donde esta última si bien está representada en tres dimensiones, el hombre siempre queda pasivo y expectante en el exterior. La adición, en cambio, se vincula con lo tectónico en una operación contraria a la sustracción y alude a la construcción mínima necesaria resuelta a través de la combinación de partes unitarias para conformar un espacio habitable.

Es muy interesante la comparación que hace Campos Baeza entre ambas estrategias, al decir de la estereotomía -a través de la sustracción- “que busca la luz, que perfora sus muros para que la luz penetre en ella”²⁴, mientras que la tectónica –a través de la adición- “es la arquitectura que se defiende de la luz que tiene que ir velando sus huecos para ir controlando la luz que la inunda.”²⁵ Vemos en las dos definiciones anteriores como dos términos que nacen opuestos se terminan de confundir en uno solo para llegar al material mínimo indispensable para resistir. En términos arquitectónicos, la estereotomía solo es posible por la superposición –de diversas maneras- de partes unitarias, o sea nacida a partir de la

²³ ZEVI, Bruno. Saber ver la arquitectura. Ensayo sobre la interpretación espacial de la arquitectura. 1ª. ed. Barcelona: Poseidón, 1976. p.19.

²⁴ CAMPOS Baeza: Ibid.

²⁵ CAMPOS Baeza: Ibid.

adición y entonces apta, tal como lo expresa Semper, “para la elaboración de la forma deseada mediante la remoción de partes de la masa y para permitir la unión de piezas regulares conformando sistemas rígidos, en lo que el principio de la construcción es la resistencia a la compresión.”²⁶

Aparecen aquí dos conceptos sumamente importantes como son la posibilidad de generar múltiples combinaciones, que la aparición del hormigón armado se encargó de afianzar y la importancia de la junta en la cual Semper hace especial énfasis, ya que según Campos Baeza “esta fundamental transición sintáctica debe ser entendida como un paso desde la base estereotómica a la estructura tectónica y que dicha transición constituye algo esencial en arquitectura.”²⁷ Hemos visto como estas ideas de Semper han sido retomadas por Cardellach para definir sus principios estructurales basados en los orgánicos de agregación y también la vigencia que poseen estos principios elementales para posibilitar la generación de las más variadas y complejas formas arquitectónicas actuales.

Quizás lo más importante que se desprende de la confluencia final de la estereotomía y la tectónica a través de las juntas necesarias, es que ambos términos son muy abarcativos, combinables entre sí y aplicables a casi todo propósito formal imaginable. El mismo Semper plantea las múltiples relaciones entre ellas que se pueden destacar, según se privilegie lo artístico o lo constructivo:

A cada una de dichas categorías de la técnica le corresponde un determinado territorio propio en el reino de las formas, cuya producción es de alguna manera el trabajo más na-

²⁶ SEMPER: Ibid.

²⁷ CAMPOS BAEZA, Alberto. De la cueva a la cabaña: Sobre lo estereotómico y lo tectónico en la arquitectura. En: Pensar con las manos. 2ª. ed. Buenos Aires: Nobuko, 2009. p.31.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

tural y originario de esa técnica. En segundo lugar, cada técnica tiene un determinado material que puede considerarse su material originario, aquel que ofrece el medio más cómodo para producir las formas que pertenecen a su dominio original. Pero más tarde estas formas han pasado a realizarse también en otros materiales y cada material ha pasado a usarse para formas que pertenecen originalmente a una categoría distinta. Tales configuraciones son atribuibles estilísticamente entonces a ambos dominios de la técnica, según se considere en ellas lo formal o lo material.²⁸

Pensando sustractivamente, estamos automáticamente diseñando tridimensionalmente el concepto estructural, por más que la práctica nos hable de adición de elementos a los cuales necesariamente debemos reducirnos en el momento diseñar tanto la estructura y posteriormente ejecutarla. Si bien vamos a reducir el problema finalmente a la adición de elementos unitarios, no nos obliga a pensar de entrada el problema estructural de manera aditiva. La estereotomía y la tectónica como símbolos uno de la masa estructural portante y el otro de la estructura independiente son representativos de la consistencia material y formal de la obra de arquitectura. El haber enunciado su posibilidad de manipulación que posibilite instancias intermedias de combinación, permite explicar cómo la historia se ha valido de estos recursos como efectos puramente visuales.

Desde los primeros trozos de piedras apiladas una sobre otra en una secuencia trilítica, (Figura 55) hasta el símbolo de la construcción griega como el Partenón, (Figura 56) han adoptado los principios de la construcción tectónica a su arquitectura. De hecho, en este último confluyen en simultáneo la estereotomía de la piedra utilizado como basamento, estructura y cerramientos verticales y la tectónica de la estructura y terminación de la cubierta inclinada. Sin embargo, dentro del propio corazón estereotómi-

55



Figura 55. Ruinas de Stonehenge. Escocia. Uno de las primeras manifestaciones trilíticas de la arquitectura.

²⁸ SEMPER: Ibid.

56



Figura 56. El Partenón como símbolo de la construcción tectónica resuelta con medios estereotómicos.

57

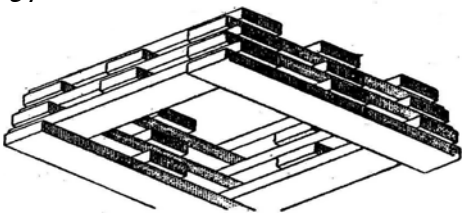


Figura 57. Entrecruzamientos sucesivos para la resolución de cubiertas en la arquitectura oriental

co, las dovelas de las columnas en sus diferentes estilos se apilaban directamente y sobre los capiteles superiores apoyaban directamente piedras, cuya mayor dimensión en sentido horizontal permitía salvar las luces entre apoyos y resistir las flexiones que en ellas se producían. Se comienzan a entremezclar dentro de la técnica del apilamiento los fundamentos estructurales de ambas técnicas constructivas: la compresibilidad lógica por apilamiento de la construcción estereotómica se empieza a entremezclar con la flexión de la construcción tectónica.

De la misma manera, en los primeros armazones de madera de cubierta, los escasos conocimientos de las técnicas de ensamblaje requeridas para las uniones entre elementos unitarios, hicieron que los constructores inicialmente debieran recurrir al apilamiento simple entre elementos. En algunos casos, por entrecruzamientos sucesivos, fueron conformando el entramado necesario para salvar las luces requeridas en forma típica de pagoda. (Figura 57) En otros casos, disponiendo de una especie de armadura, tal como ocurría en la antigua Grecia, que dista mucho -como aclara Choisy- de las modernas: (Figura 58)

“La armadura se reduce a una viga A, que sostiene por intermedio de la pieza B la carga de la cumbre... La armadura carece de pares, el pendolón es un puntal que comprime el tirante en vez de sostenerlo y la viga A, en vez de trabajar a tracción, lo hace a flexión, constituyendo, en rigor de verdad, una viga y no un tirante.... La armadura griega, esencialmente subordinada al empleo de vigas de soporte, patentiza un simple y puro apilamiento, verdadera albañilería de madera.”²⁹

Estas combinaciones entre los fundamentos de construcción estereotómica y la tectónica son los que permiten que el concepto de apilamiento ya no sea exclusivo o sinónimo del trabajo a compresión, sino

²⁹ CHOISY: Op. Cit. p. 154.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

que puede ser comprendido también dentro de los principios de la construcción tectónica a flexión. Cardellach define al empilage de este modo.

La idea principal que subyace de estas consideraciones acerca de la estereotomía y la tectónica y que se asocian con la definición de empilage, es la posibilidad de convertir una estructura de origen estereotómico en una tectónica, utilizando para ello medios estereotómicos basado en la combinación de unidades, con el agregado de ciertos mecanismos internos que le brinden capacidad tensiva, es decir convertirlas en pseudo-elásticas. De este modo, se superan sus limitaciones intrínsecas en cuanto a sus capacidades resistentes.

Los sistemas tendinosos son formas constructivas que tienen su origen en la arquitectura zoológica de los vertebrados, como es la combinación de esqueleto, músculos y tendones. De ellos, el autor reconoce la esencia de todo sistema estructural posible de ser erigido. Sin embargo, hay que aclarar que en los sistemas tendinosos a que se refiere Cardellach, el tirante o elemento que resiste tracciones no actúa completamente libre como el que se utiliza para contrarrestar empujes sino para evitar, como veremos, flexiones peligrosas o para vincular pilares de ladrillos o muros de doble hoja.

Hoy vemos un evidente sistema estructural en las formas constructivas de principio orgánico, realizadas con cemento o mamposterías cohesivas y tendones de metal que las refuerzan estratégicamente en las regiones vulnerables. Hoy comprendemos como todas estas formas que aquí calificamos de “estructuras tendinosas”, vienen en definitiva tan solamente a imitar la arquitectura zoológica de los vertebrados, compuesta por el conjunto de esqueleto, músculos y tendones, y, a pesar de todo, esta solución evidente que llevamos en nuestro ser

58

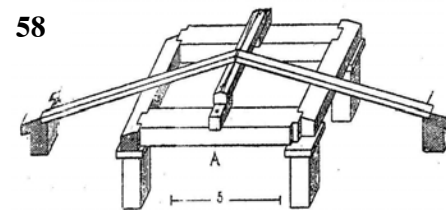


Figura 58. Soluciones por apilamiento de las armaduras en la arquitectura helénica.

Los sistemas tendinosos como articuladores de la continuidad tensional

1.1.4

y que hemos tenido siempre a la vista, ha necesitado de seculares períodos para llegar al estado en que hoy la poseemos.³⁰

El autor diferencia tres tipos de tendones: los tendones por ligamento, los aparentes y los adheridos. Los tendones por ligamento surgen originalmente para unir o “engatillar” -así lo denomina el autor- exteriormente los bloques de piedra o los sillares de la construcción estereotómica y mantener el monolitismo de la masa fraccionada. El agarre o la vinculación se logran por puntos y tienen una aplicación que se limita únicamente a evitar algún tipo de dislocación o deslizamientos parciales por movimientos diferenciales. En los tendones aparentes, el agarre se produce en la totalidad de la superficie de contacto entre elementos a unir, pudiendo de esa manera aumentar las prestaciones mecánicas y resistir mejor los esfuerzos de tracción. En cambio, en los tendones adheridos, la colocación de los mismos se aplica directamente en la propia “entraña” de las estructuras y en íntima reunión con ella. Los tendones adheridos fueron los que posteriormente dieron origen al hormigón armado, asimilándose su trabajo a la de las barras de acero dentro de la masa del hormigón para soportar las tracciones, lo que significa la posibilidad de evitar la pérdida del monolitismo de la masa. Para Cardellach, el hormigón armado era el material más perfecto con el que se podía contar y era el que expresaba con mayor claridad lo que la tecnología podía ofrecer hasta ese momento.

Sin embargo, la utilidad principal que le encontraba Cardellach a dicha técnica era la capacidad de reconocer en un solo elemento estructural las ventajas de los modelos “todo hueso”, asimilable con las armaduras de acero dispuestas en el interior de la masa que formaban el esqueleto, y “todo carne”,

³⁰ CARDELLACH: Op. Cit. pp. 64-65.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

que representaría todo el material macizo –el hormigón simple- que rodeaba a aquel brindándole rigidez y estabilidad.

Los tendones por ligamento o aparentes, son aptos para vincular distintas unidades allí donde las juntas tienen a separarse, o sea en una arquitectura con juntas constructivas. En cambio, los tendones adheridos, al estar ocultos, son aptos para mantener la continuidad de la masa en una arquitectura maciza, con o sin juntas que interrumpen la continuidad tensional, preanunciando las estructuras continuas de hormigón armado del siglo XX. En ellas, los tendones actúan como miembros que se ramifican hacia todos los puntos comprometidos principalmente por los esfuerzos tensivos. De nuevo aparecen ciertas reminiscencias con las teorías Semperianas. El modelo “todo hueso” se puede asimilar con la construcción que hemos identificado como “tectónica”, mientras que el de “todo carne” se asimilaría con la construcción de orden “estereotómico”.

Inicialmente, como dijimos, los sistemas tendinosos han sido utilizados como refuerzo en el interior de la masa estereotómica para mejorar sus prestaciones. Quizás el primer edificio que ha utilizado miembros tensiles adheridos en el interior de la masa pétreo inerte conformada por los mampuestos, ha sido la iglesia de Sainte Genevieve de Souflot en París. Este edificio (Figura 59) representa las limitaciones de la construcción en piedra derivada del templo griego. Símbolo del racionalismo clásico, Souflot intenta demostrar el carácter relativo de las dimensiones y las separaciones de las columnas de orden dórico, que junto con el arquitrabe conformaban el típico sistema trilítico clásico de construcción

pétreo. Mediante la ayuda de métodos científicos de cálculo,³¹ Soufflot propone una estructuración mucho más audaz, distanciando las columnas y generando para los arquivates de mampuestos de piedra un complejo mecanismo resistente que incluía grandes longitudes de hierro a tracción, de manera de garantizar la continuidad tensional del conjunto. Los dibujos presentados dan cuenta de los refuerzos a los que estuvo sometido el arquivate para mantenerse estable. (Figura 60)

La construcción en esqueleto o “Skeleton”, de origen americano, permite adentrarnos en un sistema tectónico puro, es decir cuando todos los elementos se encuentran interrelacionados entre sí formando un sistema continuo: “La estructura americana, en una palabra, representa todo un sistema tendinoso de miembros relacionados y conectados en tal forma, que en conjunto realizan un verdadero esqueleto con sus piezas reunidas por íntima consolidación.”³²

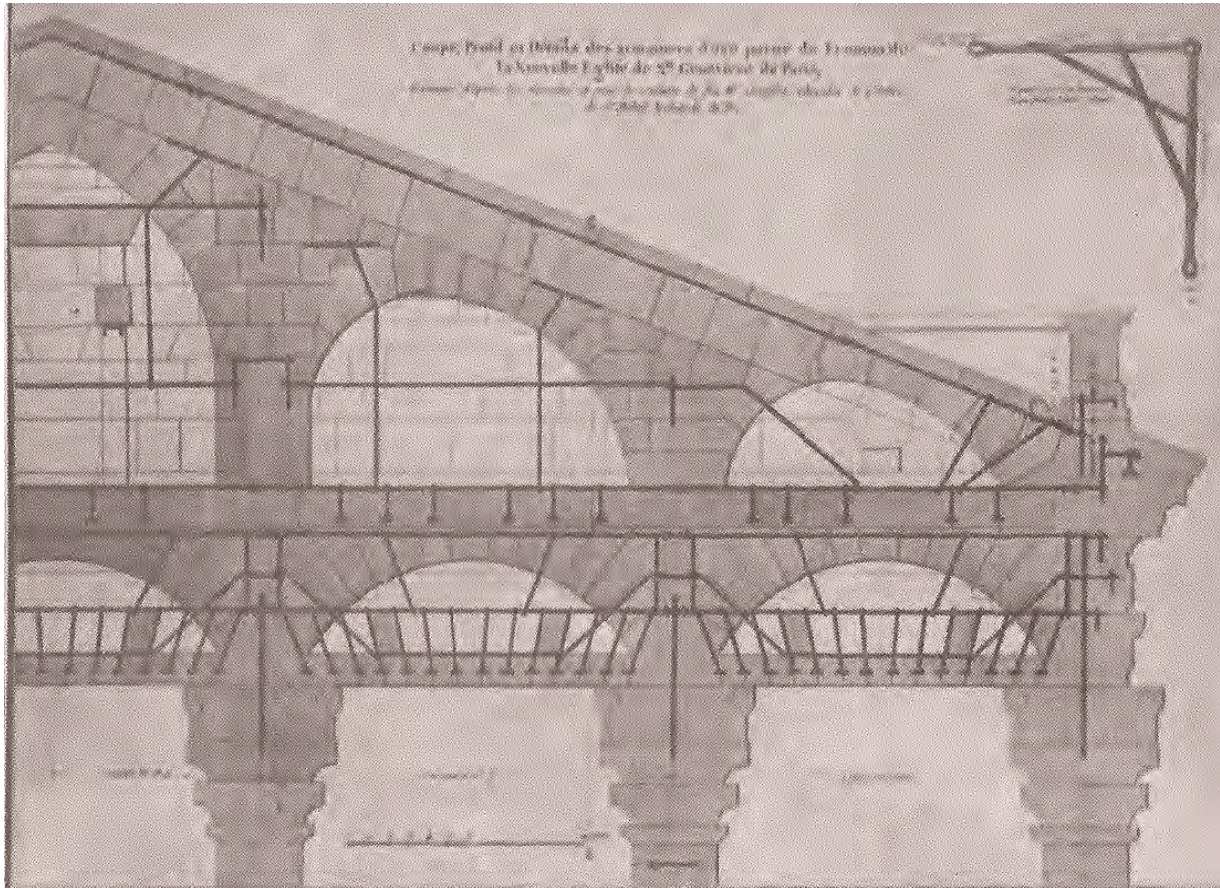
Naturalmente, en función del momento de la publicación, Cardellach solo pudo llegar a definir la aplicación de los tendones adheridos en un elemento unitario –viga- que le permite resistir flexiones. En este trabajo, a partir de esta noción, se utilizará como elemento que permita vincular además varios elementos diferentes entre sí. Los sistemas tendinosos son los que, en definitiva, se comportan como articuladores de aquella constructividad descripta y que, combinados con elementos que aluden a partes del sistema esquelético, –barras rígidas que representen una estructura ósea- pueden permitir la unión de elementos estereotómicos y hacerlos trabajar en conjunto de manera tectónica. Dicho de otro modo,

³¹ Se considera a Sainte Genevieve como el primer edificio en donde se utilizaron métodos científicos de cálculo estructural y donde los ingenieros han tenido una destacada tarea colaborativa.

³² CARDELLACH: Op. cit. p, 70.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

60



59



Figura 59 y 60. Iglesia de Sainte Genevieve. París. (1758-79) Grabado de la época y detalle de los tensores metálicos dispuestos en el interior de la masa estereométrica de piedra para mejorar su capacidad resistente.

la adopción de los sistemas de tendones junto con barras rígidas, posibilita la vinculación de piezas unitarias entre sí como si se tratara de mampuestos, unión que ya no puede depender en exclusividad de la compresibilidad como garantía cohesiva.

Evolución del concepto de empilage en la arquitectura reciente **I.1.5**

61



Figura 61. Pabellón de Japón para la Expo Sevilla de Barcelona en 1992, que utiliza un método constructivo derivado de la tradición oriental.

El empilage como apilamiento más sofisticado resume en su génesis los dos gestos constructivos primigenios: el ensamblar de la tectónica y el apilar de la estereotomía. De esta manera, esta técnica de ejecución permite alejarse de ciertas limitaciones formales inherentes a la propia técnica y que si bien termina definiendo la forma estructural del edificio, la misma ya no está caracterizada por las propiedades del material, ni tampoco se puede decir que el mismo esta usado en función de optimizar sus capacidades estructurales.

Esta flexibilización de los principios, junto a la descripción de los sistemas tendinosos y unas nuevas tecnologías constructivas nacientes, ha permitido una especie de resurrección del concepto de empilage en la arquitectura reciente. La tradición de la arquitectura Oriental basada en dicho principio se mantiene vigente en la actualidad, reconociéndose su modo de construcción en muchos ejemplos. Como ejemplo, el Pabellón de Japón materializado para la expo Sevilla de 1992 por Tadao Ando, (Figura 61) es una especie de empilage utilizando tirantería de madera pero inverso, es decir, desarrollado como una estructura del tipo arbórea, según como la define Marcel Breuer³³, en los cuales la estructura en saledizo en ambas columnas en un sentido se estabilizan entre sí por su simetría, conformando lo que se puede denominar un falsa bóveda espacial.

³³ Breuer se refiere a la concepción tipo arbórea con los miembros trabajando a tracción en contraposición a la concepción tipo piramidal, con los miembros trabajando a la compresión. Ver: Breuer, Marcel. *Sun and Shadow. The Philosophy of and architect*. New York: Dood, Mead and company, 1956. p. 68.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

En el Pabellón de Suiza proyectado por Peter Zumthor para la expo Hannover, (Figura 62 y 63) los tensores de acero que se utilizan para comprimir las pilas de madera –en este caso mediante la técnica del postesado- no son más que los tendones por ligamento preanunciados por Cardellach, los cuales, mediante una tensión previa y un efectivo anclaje, permiten aprisionar cada uno de los tirantes que conforman las pilas. De esta manera, se garantiza la homogeneidad y estabilidad del conjunto de pilas, evitando, además, que no la pierda frente a la aplicación de pesos desfasados de su centro de gravedad. Una vez aflojados los tensores se pueden reutilizar, como de hecho se hizo, todos los tirantes de madera para otra ocasión.

La inserción de miembros tensiles dentro de las unidades compresibles, no solamente ha permitido la revalorización de la técnica del empilage como una entidad que engloba forma y construcción, sino que también ha posibilitado la exploración de nuevas formas estructurales, en los cuales las exigencias asociadas con la estabilidad y equilibrio del conjunto dejan de ser gravitantes. No es intención de este trabajo seguir profundizando acerca del empleo de miembros tensiles para garantizar la estabilidad y el equilibrio de miembros generados desde lo estereotómico, pero es importante hacer notar la gran cantidad de trabajos esparcidos por todo el mundo, cuya lógica formal generativa está basada en esta tendencia a apilar, desde los proyectos de Ensamble Estudio en Europa, pasando por las experimentaciones desarrolladas por arquitectos latinoamericanos como Rafael Iglesia, Solano Benítez, entre otros, hasta concluir con Sou Fujimoto y Kenzo Kuma³⁴.

62



63

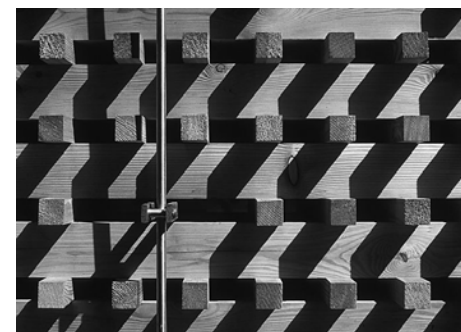


Figura 62 y 63. Pabellón de Suiza en la expo Hannover 2000 de Peter Zumthor. El autor utiliza un empilage de tirantes de madera con el cual conforma toda la materialidad y la expresión del edificio. En la imagen de abajo se acusa uno de los tensores que sirven para comprimir las pilas de madera.

³⁴ Precisamente en la combinación de piezas estereotómicas de madera apiladas con miembros tensiles está desarrollado el sistema constructivo Ecole. Para ampliar la información de este sistema se puede consultar la página web: <http://ecolessystem.blogspot.com>.

La aplicación integral de los principios estructurales enunciados por Cardellach, serán reconocidos en dos obras experimentales que se consideran relevantes para el avance del trabajo. La primera, a la cual ya hemos hecho referencia, el Hábitat Montreal en Canadá de Moshe Safdie, en donde la composición con módulos tridimensionales apilados se puede asociar con las lógicas de vinculación que brinda la tectónica para disponer espacialmente entidades estereotómicas. La otra, más actual, desarrollada a nivel de propuesta no ejecutada de la Torre de la Música en Valencia,, España, del Estudio Ensamble, cuyo denominación denota justamente la importancia concedida a las técnicas de ejecución como puntapié inicial de toda experimentación formal. En este proyecto se reconocerá el empilaje en dos niveles de actuación: por un lado como una sucesión en vertical de elementos unitarios para resolver las cuatro fachadas estructurales del edificio; por otro, la posibilidad de entender el empilaje como una disposición de bloques funcionales apilados y vinculados a la anterior estructura perimetral.

Complejo Hábitat Montreal. Moshe Safdie.

La propuesta de Moshe Safdie, tan controvertida pero no por ello menos novedosa y original del complejo habitacional Hábitat 67, ha sido quizás la que mejor ha logrado unificar hasta el momento los criterios formales que surgen de la composición aditiva, con su resolución a nivel de la estructura resistente. Este sistema de edificación modular tridimensional ha consistido en la prefabricación de células completas de producción masiva repetitivas de hormigón armado, no similares como usualmente se entienda a la prefabricación estandarizada, sino que respondían a una combinación de 16 tipos diferentes de casas, logrando de esta manera una diversidad de situaciones que no es frecuente en la industrialización de viviendas. (Figura. 64) Al ser toda la construcción de hormigón armado, a diferencia de otros proyectos como el caso ya visto de Kurokawa en Japón, estas unidades, al comportarse como cajas

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

auto-portantes, soportan su propio peso y pueden de esta manera superponerse en altura con el gradual aumento de los espesores de los muros en la medida que las cargas se incrementen hasta llegar a la planta baja. Las combinaciones de células, según Safdie, responden no a una forma aleatoria ni a una forma que responda eficientemente a la transmisión de cargas a través de las distintas unidades, sino que fundamentalmente tuvieron en cuenta cuestiones más del tipo contextual, como ser cuestiones climáticas esenciales como el asoleamiento en las distintas caras y los vientos. (Figura 65)

La asimetría formal que resulta de esta propuesta ha necesitado para la optimización estructural del conjunto la ayuda de otras estructuras fijas, como son las estructuras primarias enumeradas por Huth. Estas, como hemos dicho antes, son en este caso las calles peatonales que actúan como vigas para soportar las cargas horizontales de viento y sismos, ascensores y cajas de escaleras. De esta manera, dichas calles recogen parte de los esfuerzos verticales –los de los últimos tres niveles– y todos los esfuerzos horizontales para transmitirlos a los núcleos de circulación vertical. (Figura 66) Es importante indicar también que sin la colaboración de estos núcleos, la estabilidad del conjunto nunca estaría garantizada.

Lo particularmente interesante de esta propuesta es la manera de vincular dichas unidades entre sí. Al no contar con ningún elemento auxiliar al cual se puedan unir, al tratarse de apilamientos directos una sobre otros –y esta es la diferencia con las soluciones anteriores–, se tuvo que recurrir a conexiones dispuestas en la propia masa de hormigón que la propia técnica de prefabricación sugería. Si vemos la planta de alguna de las células, (Figura 67) el engrosamiento en algunos sectores a modo de pequeñas columnas interiores, son los permiten disponer los elementos de conexión interiores previamente determinados en el momento de la fabricación del molde. Estos elementos son barras postesadas de acero

64

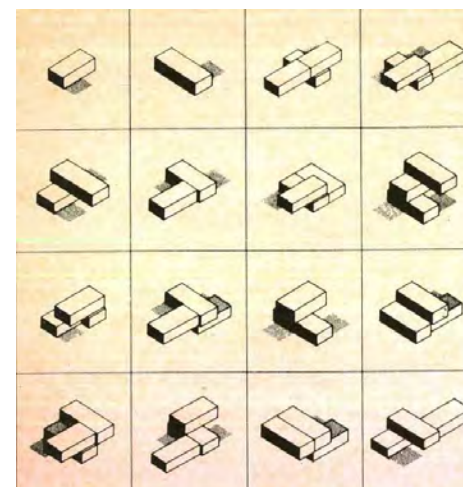


Figura 64. Diferentes tipologías de viviendas utilizadas en Hábítat Montreal.

65



Figura 65. Imagen exterior de conjunto Hábítat Montreal. Según el autor, criterios ambientales han incidido para su conformación espacial.

los cuales, a modo de los tendones adheridos propuestos por Cardellach, garantizan la conexión entre módulos verticales, de manera de evitar los esfuerzos de tracción producto de los excesivos desplazamientos de los módulos según la vertical.

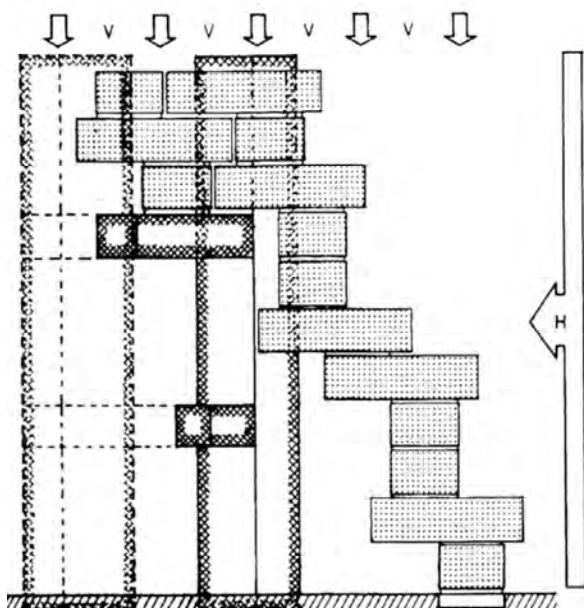
En la figura 68 se muestra el detalle de cómo dichas barras se insertan en el interior del hormigón. Las posibilidades de apilamiento se encuentran previamente determinadas en estos engrosamientos, que son las zonas de posibles vinculaciones entre diferentes células para garantizar la transmisión de cargas en vertical. En estas zonas específicas es donde se concentran todas las cargas de todas las unidades en altura, liberando al resto del tabique de cargas adicionales. De este modo, el cerramiento se pudo resolver en todos los casos con un espesor uniforme –en este caso cinco pulgadas– para soportar únicamente las cargas de la propia unidad.

La diferencia entre esta propuesta y la planteada por Kurokawa, además de que la primera combina la adición directa con la indirecta mientras que la segunda es indirecta, radica en el ocultamiento parcial de la estructura primaria en el proyecto de Safdie. En ésta, según desde la perspectiva en que se observe (Figura 69), parecería que los módulos estuvieran en una situación de total inestabilidad respecto de la exteriorización de la estructura primaria, mientras que en el de Kurokawa son conformados por una estructura indirecta visible que sostiene en voladizo las células livianas.

Safdie, quizás reflexionando acerca de las complicaciones derivadas de la forma de agrupación que exigieron soluciones estructurales complejas, también desarrolló soluciones habitacionales parecidas a Montreal pero menos pretenciosas a nivel formal y más eficiente a nivel estructural, como son las pro-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

66



Sección-alzado

68

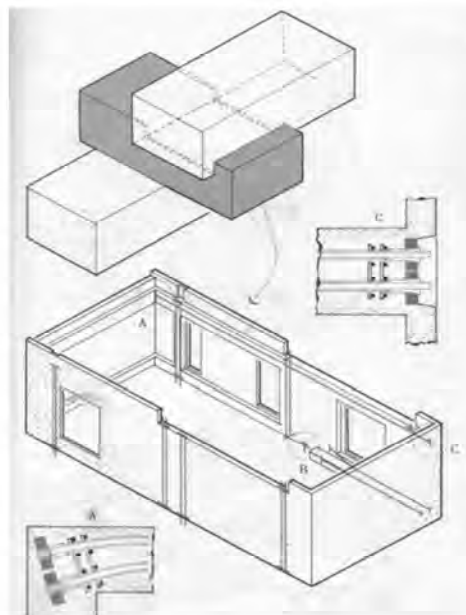


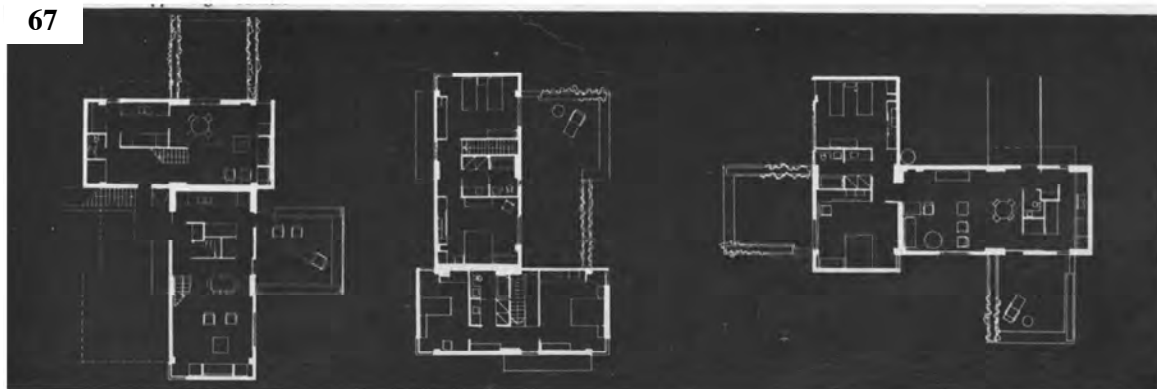
Figura 66. Gráfico que expresa el rol primario estructural de los núcleos y calles de circulación en combinación con las CT.

Figura 67. Engrosamientos en los muros de las viviendas donde se concentran los puntos de transmisión de cargas.

Figura 68. Detalle de la vinculación de las barras de acero insertadas en las CT por postesado.

Figura 69. Vista de un sector del complejo donde se evidencia la estructura primaria que resuelve la inestabilidad formal de los bloques.

67



69



70



Figura 70. Proyecto Hóbitat San Juan de Puerto Rico. Moshe Safdie. 1968 – 1972.

puestas –no ejecutadas- de Hóbitat Puerto Rico y de Israel. En estos casos, el autor plantea una combinación de células escalonadas más simples y de conexión directa, especialmente en Puerto Rico. (Figura 70), Se generan agrupamientos en forma de tiras verticales sucesivas limitadas exteriormente a través de planos estructurales que garantizan una descarga de fuerzas más directa.

Si bien la propuesta de Safdie en Montreal es, por cierto, uno de los casos más logrado de apilamiento constructivo y en donde la relación con la tecnología de ejecución se encuentra más desarrollada, podemos decir también que esta disposición queda más limitada en cuanto a sus posibilidades formales, ya que obliga a definir líneas o planos de transmisión de cargas y zonas de contacto directo entre los distintos módulos auto-portantes que restringe la libertad espacial del conjunto. Asimismo dichos planos, especialmente los que se resuelven con sección maciza, dificultan la flexibilidad funcional y expresiva, situación que va a contramano de las actuales preocupaciones arquitectónicas basadas en la transparencia, flexibilidad y liviandad. La prevalencia de lo estereotómico en la instancia abstracta de configuración estructural subsiste en la instancia concreta de definición y ese es precisamente la causa que permite demostrar la limitada aplicación práctica que poseen las entidades estereotómicas asociadas a la composición con módulos programáticos.

Torre de la Música de Berklee. Valencia. Ensamble Studio.

Trasladándonos mucho más cerca en el tiempo, el caso del proyecto de la torre de Valencia es muy interesante (Figura 71), ya que permite reunir e en sí mismo muchos de los conceptos que hemos vertido en este estudio sobre las implicancias asociadas a la obra de Cardellach. Tanto las especulaciones formales derivadas de las tensiones entre lo estereotómico y lo tectónico provenientes de Semper, la idea de sus-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

tracción y adición de volúmenes, como así la aplicación de sus tres principios se encuentran presentes en este caso. Sin entrar en detalle en la descripción literal de la propuesta arquitectónica y de cada uno de los espacios que el programa propone, básicamente la idea compositiva de los autores consiste en una operación geométrica que apila seis volúmenes funcionales diferentes, cada uno de ellos compuesto por cuatro niveles, desfasados en altura pero circunscriptos y controlados formalmente a su vez dentro de un volumen prismático mayor. (Figura 72) De este modo, se generan dos lecturas compositivas posibles: la primera que utiliza una estrategia agregativa y la segunda, como una estrategia sustractiva a partir de un prisma sólido inicial, el cual se vacían espacios interiores que permiten un control de las relaciones exterior-interior.

La estrategia enunciada contempla además la utilización de una piel estructural perimetral que contiene el espacio interior y que permite a la vez abrirse hacia el exterior a través de los huecos practicados en la envolvente. De esta manera, funciona como un filtro ambiental que regula las condiciones climáticas de los espacios interiores, como así también las visuales. La composición a través de unidades volumétricas apiladas se diluye en el interior de la envolvente, prevaleciendo de este modo la idea de volumen sustraído. En la figura 73 se representan una de las plantas correspondientes a cada uno de los seis bloques funcionales reconocidos en la composición y un corte.

En relación a lo específicamente constructivo-estructural, las unidades funcionales tampoco se resuelven como una unidad autoportante. Si bien dichas unidades quedan circunscriptas y contenidas tanto por la piel estructural exterior como por dos pórticos de hormigón armado que se entrecruzan en el centro del volumen, situación que podría haber resuelto la estrategia portante de cada una de las uni-

71

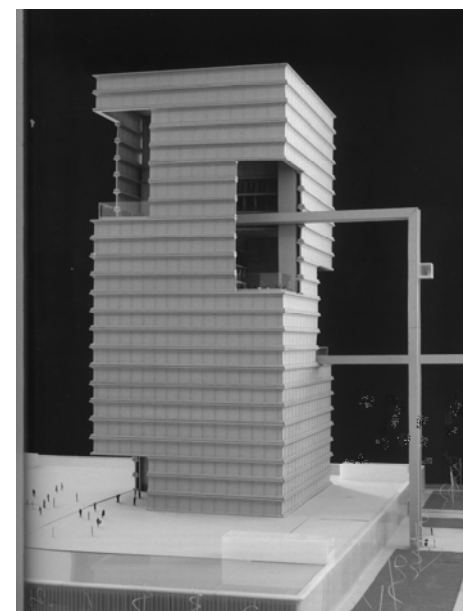


Figura 71. Proyecto de la torre de la Música. Valencia. Ensemble Studio. Imagen de la maqueta.

dades, su descarga hacia los elementos de sustentación y la estabilidad del conjunto (Figura 74), la solución utilizada aprovecha en parte dicha condición. En cambio de utilizar los planos que limitan cada uno de los volúmenes como portantes, lo que se plantea es la utilización de pisos estructurales muy rígidos apoyados en los planos portantes de la envolvente y algunos de ellos, en los pórticos centrales, con lo cual la idea de volúmenes espaciales apilados se diluye. (Figura 75) De este modo, lo que podría haberse contemplado como una sucesión de planos portantes no apilados directamente unos sobre otros, sino descargando en dos estructuras primarias, la perimetral y la interior, –tal como lo propone Huth en sus análisis constructivos a partir de la adopción de células tridimensionales espaciales-, en la realidad se resuelve como una sucesión de planos estructurales horizontales desfasados e independientes entre sí. La composición abstracta consistente en apilar volúmenes funcionales no tiene un correlato constructivo- estructural que lo sostenga, es decir cada una es pensado por separado, situación que sin embargo no ocurre en la definición material de los planos de cerramiento.

Los cuatro planos perimetrales de descarga están pensados como verdaderos empilages de elementos premoldeados de hormigón armado superpuestos horizontalmente, los cuales al ir disponiéndose en saledizos sucesivos, van conformando planos estructurales y luego, por combinación de ellos, el volumen completo estructural que es a su vez cerramiento. (Figura 76 y 77) Sin embargo, la estabilidad general no se encuentra garantizada, debiéndose recurrir a una estructura auxiliar oculta. Las salientes practicadas entre elementos se resuelven mediante un sistema de barras postesadas,³⁵ en este caso insertas en las secciones de hormigón, que van contrapesando la tendencia al giro de ellos con el fin de pre-

³⁵ Esta solución en base a barras postesadas se asemejan a las utilizadas para vincular diferentes piezas de madera en el sistema constructivo “Ecole” sobre el cual ya hemos comentado anteriormente.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

72



Figura 72 Torre de la Música. Esquema compositivo que se identifica tanto con lo sustractivo como con lo aditivo.

Figura 73. Torre de la Música. Plantas representativas de cada uno de los bloques funcionales y un corte transversal

73

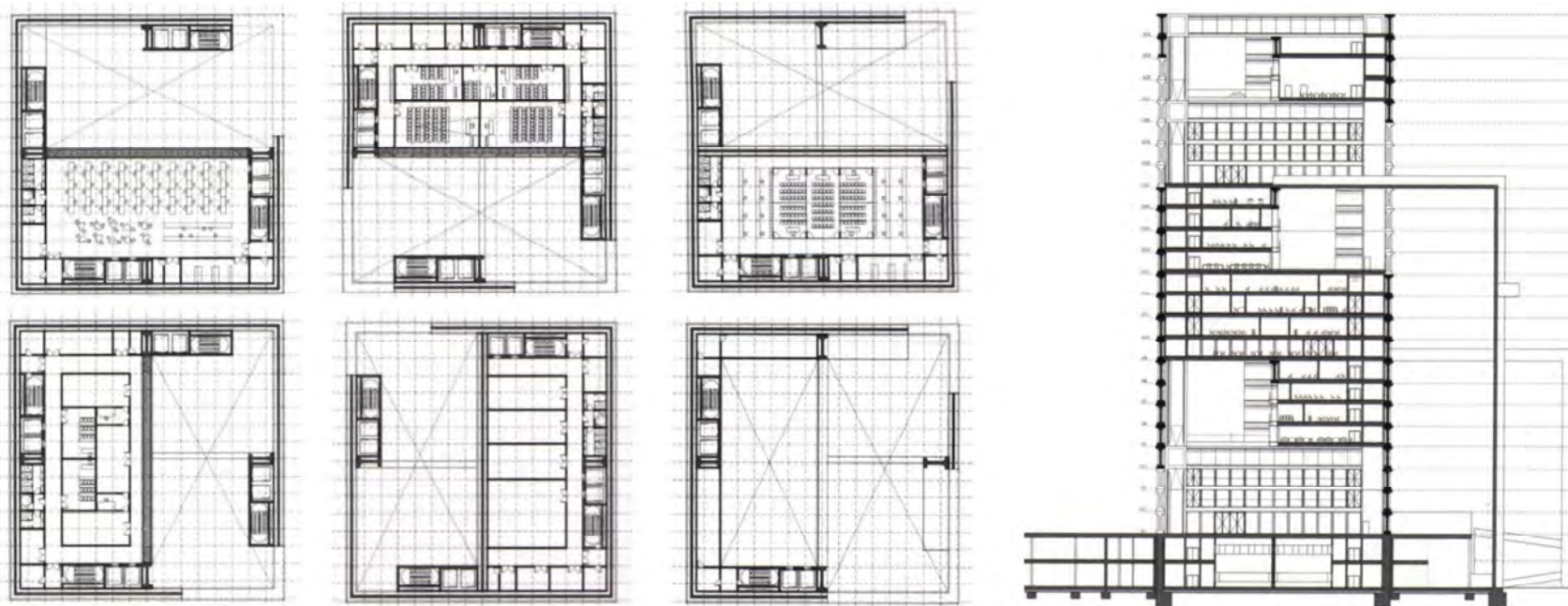
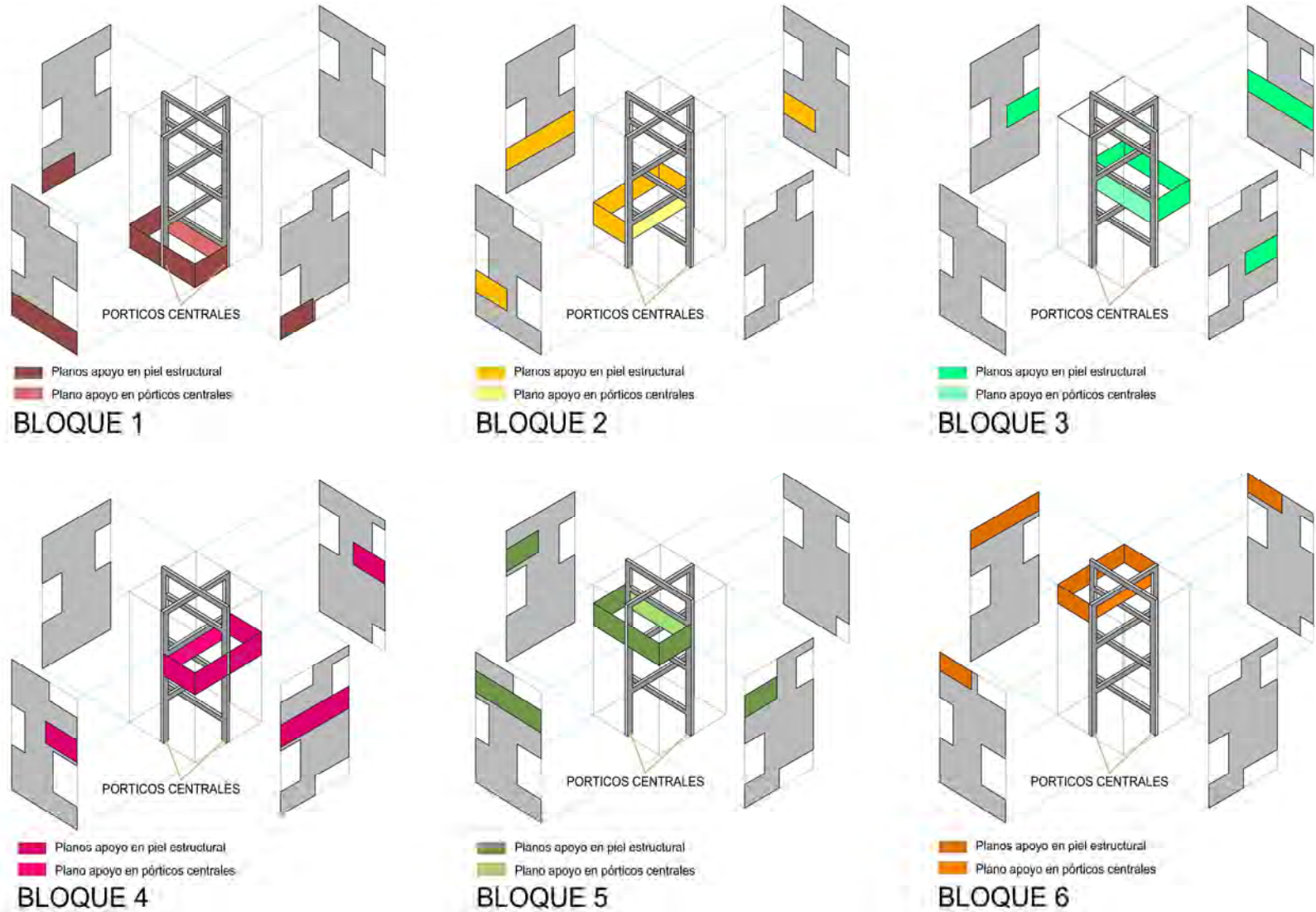


Figura 74. Torre de la Música. En los dibujos sucesivos se expresa la posibilidad de pensar la solución estructural del edificio como una disposición espacial que parta del reconocimiento del apilamiento de volúmenes como estrategia compositiva y la utilice al mismo tiempo como estrategia estructural.

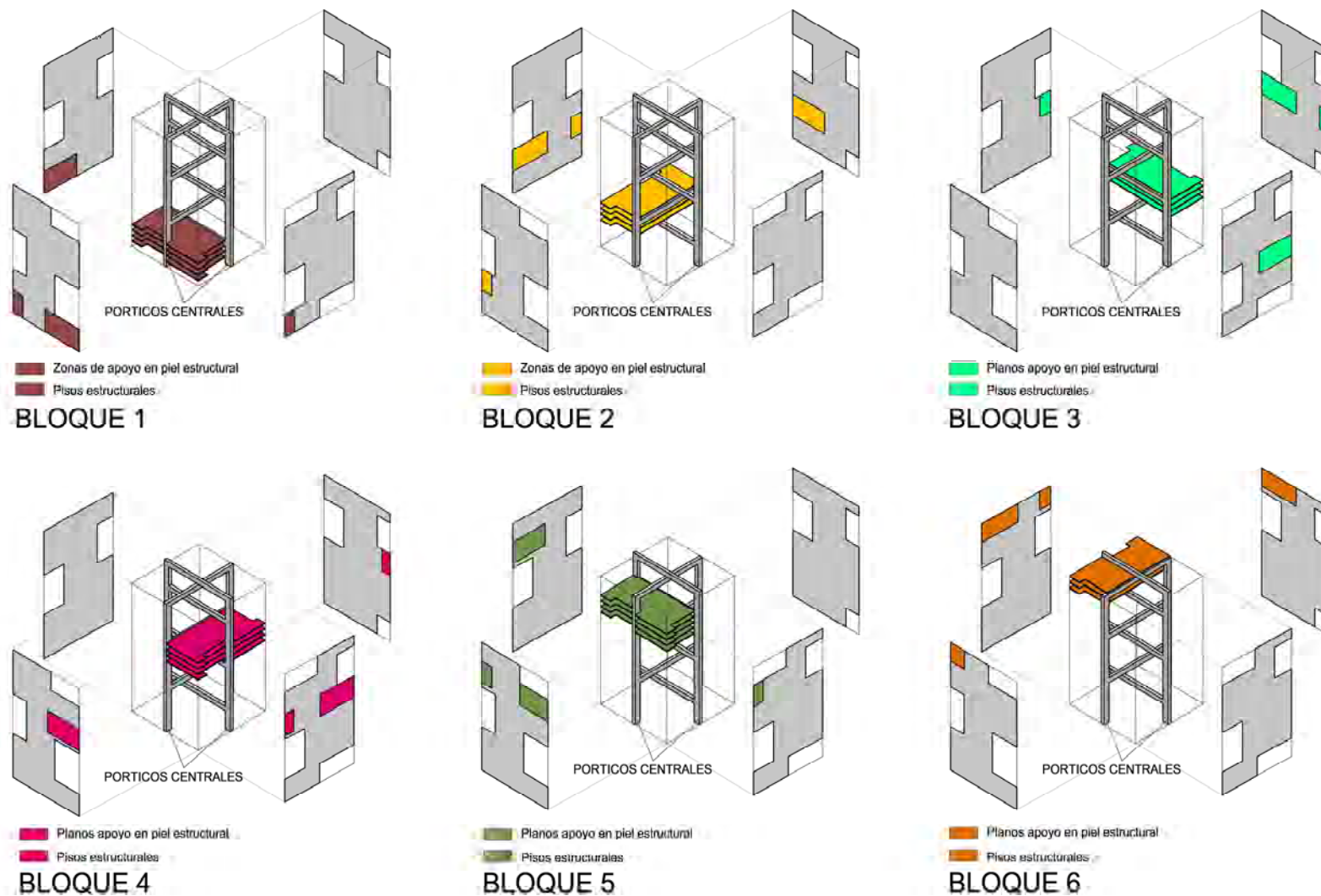
74



COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 75. En los dibujos sucesivos se expresa la solución estructural empleada, consistente en la disposición de planos estructurales auto-portantes que transmiten la carga hacia zonas específicas localizadas tanto en los planos perimetrales como en los pórticos centrales.

75



servar la compresividad de las juntas constructivas. (Figura 76) Sin embargo, es conveniente aclarar que estos tendones se diferencian de los adheridos definidos por Cardellach. Aquellos se emparentaban con los utilizados para resistir las tracciones en elementos flexionados monolíticos mientras que éstos, si bien se hallan también en el interior de la masa, su función es totalmente diferente. Los propuestos para materializar la Torre se asemejan por definición más a los aparentes al encontrarse en su totalidad en contacto con la masa de hormigón, pero en realidad utilizados como elemento de vinculación externo a la pieza propiamente dicha.

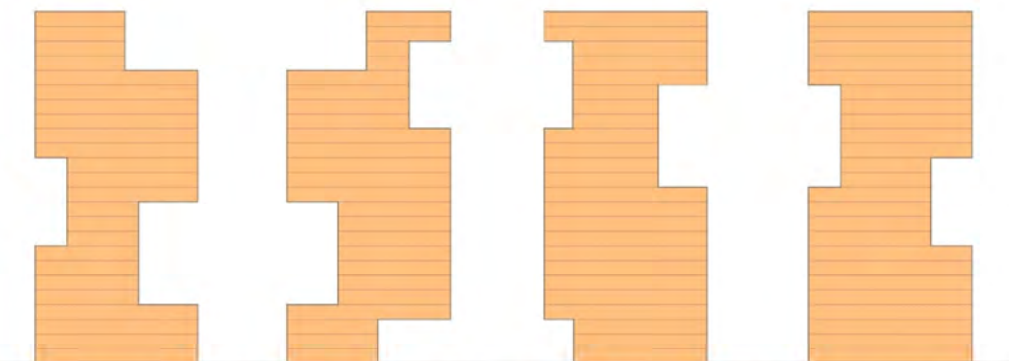
La lectura más interesante que se desprende de la propuesta de Ensamble Estudio es la tensión que se genera entre lo tectónico y lo estereotómico y la posibilidad de que ambas estrategias queden expresadas, tanto en el desarrollo de la propuesta proyectual como en la resolución técnica. Si bien se recurre a la estrategia del apilamiento para componer el espacio arquitectónico, la presencia de los planos de cerramiento brinda un aspecto más de volumen excavado que expresa una idea estereotómica. En lo que se refiere a la propuesta constructiva-estructural, la tectónica se expresa en la solución de los pisos y pórticos estructurales y es ambigua en la solución de los planos de cerramiento exterior. Si bien se debe acudir inexorablemente a la tectónica para materializarlos, quedando expresamente denotada en las juntas constructivas, la lectura que más se adecua es la de un plano único más que una trama de elementos lineales ensamblados.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figuras 76 y 77. Torre de la Música. Dibujos e imagen que representan la conformación material de las cuatro fachadas de la torre a partir de la superposición horizontal de piezas lineales de hormigón premoldeado desfasadas, que le permiten adecuarse a la disposición de los vacíos contemplados en la idea original.

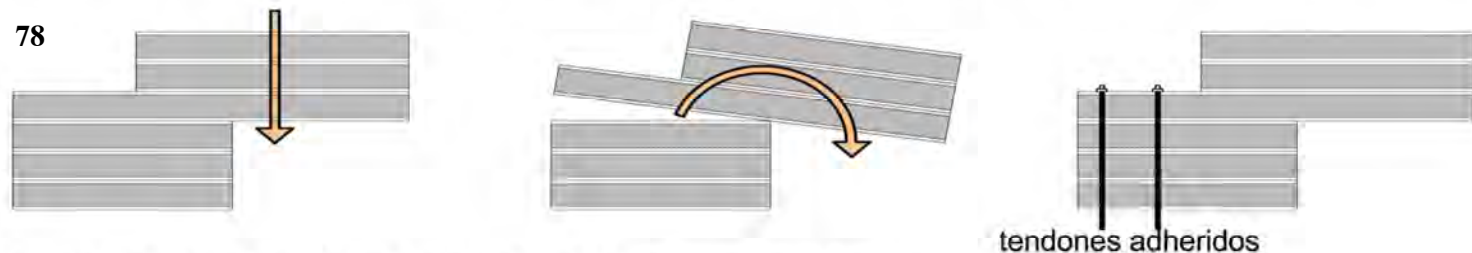
Figura 78. Torre de la Música. Solución utilizada en la Torre de la Música para equilibrar un sistema estereotómico con saledizos a través de la inserción de tendones que recomponen la continuidad del muro.

76



CONCEPCION APILADA DE LAS VIGAS DE LOS PLANOS ESTRUCTURALES

78



SISTEMA EQUILIBRANTE DE LAS VIGAS PERIMETRALES



77

tendones adheridos

II APORTES DESDE LA ARQUITECTURA

II.1 Frank Lloyd Wright: La forma estructural liberada

Mucho se ha escrito y valorado la prodigiosa obra tanto teórica como práctica de Wright que lo ha distinguido como uno de los principales arquitectos contemporáneos, en una época en la que los principios de la arquitectura moderna recién comenzaban a asomar, más como aportaciones a nivel teórico que prácticos, en una arquitectura que en general seguía influenciada por los diseños de la academia. No es la intención aquí analizar en profundidad la profusa obra de Wright, sino que la actividad va a circunscribirse al reconocimiento puntual de algunos de los aportes fundamentales que sean funcionales a nuestro trabajo.

Se puede argumentar que el denominado organicismo en arquitectura nace como una forma de reacción hacia la estética purista, especialmente en lo que se refiere a la reminiscencia de lo clásico en arquitectura. Este movimiento se proponía como intención fundamental, según ya hemos visto, la ruptura definitiva de la caja arquitectónica –sinónimo de aquel período- y su apertura hacia nuevas formas más relacionadas con el neoplasticismo, pensado más como arte conceptual que uno aplicado. El movimiento lo que fundamentalmente se ha propuesto, como dice Zevi, es el de “desmembrar la caja”³⁶ y descomponer el volumen resultante por los planos que lo contienen. El pabellón Alemán de la exposición de Barcelona de 1929 de Mies van der Rohe (Figura 79) es uno de los máximos exponentes que resume la sintaxis neoplasticista. Volviendo al manifiesto “De Stijl”, Theo Van Doesburg escribe:

³⁶ ZEVI, Bruno. El lenguaje moderno de la arquitectura. 1ª. ed. Barcelona: Editorial Poseidón, 1978. pp. 43-49.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

No se trata de combinar todas las células espaciales funcionales en un cubo cerrado sino que proyecta esas células espaciales funcionales en un cubo centrífugamente desde el centro del cubo. De este modo, la altura, la longitud y la profundidad más el tiempo (es decir, una entidad de cuatro dimensiones) adquieren una expresión plástica completamente nueva en espacios abiertos. De esta manera, la arquitectura logra un aspecto más o menos fluctuante, que contrarresta, por así decirlo, la fuerza de la gravedad de la naturaleza.³⁷

La independencia de los planos respecto al volumen permite, como dice Zevi, romper la tercera dimensión de la perspectiva e incorporar la cuarta dimensión que él denomina “la descomposición cuadrimensional del espacio”,³⁸ adquiriendo de esta manera una “imagen dinámica y disonante”. Esta primera descomposición va a permitir luego la fragmentación del propio volumen en cuerpos funcionales menores, cualificándolos semánticamente, según expresión de Zevi, tal como lo entendió parcialmente Gropius en el edificio de la Bauhaus anteriormente citado. Si en el constructivismo ruso las formas se fragmentan rompiendo toda relación con la ortogonalidad del espacio, en el organicismo de Wright, la liberación del espacio tiene lugar a partir de los propios elementos de arquitectura y estructurales que va a permitir, en el caso de estos últimos, romper todo determinismo de la forma estructural.

Estos aportes han sido reconocidos por Wright como esenciales para definir lo que él denominó arquitectura orgánica y es importante aclarar que ninguno de ellos se ha presentado en sus obras por separado sino que, por el contrario, han estado casi siempre agrupados en sus trabajos cada uno como consecuencia del otro. Solamente como una cuestión de ordenamiento propio vamos a agruparlos de la siguiente manera para su posterior análisis:

³⁷ VAN DOESBURG, Theo. Manifiesto De Stijl, Undécimo punto, texto: Hacia una arquitectura plástica. Citado en: FRAMPTON, Kenneth. Historia crítica de la arquitectura moderna. 3ª. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. p.147.

³⁸ Bruno Zevi lo define como la cuarta de las invariantes del lenguaje moderno en arquitectura. Ver: ZEVI: Ibid.

79

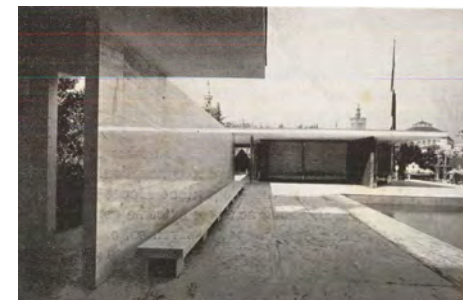


Figura 79. Mies Van Der Rohe. Pabellón Alemán en la exposición de Barcelona. 1929.

La composición basada en la utilización de módulos espaciales
II.1.1

80

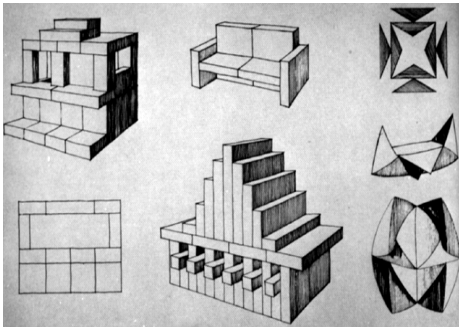


Figura 80. Reproducción de las formas derivadas de la combinación de figuras geométricas planteadas por Friedrich Froebel como recurso didáctico para los niños en edades iniciales.

- La composición arquitectónica basada en la utilización de módulos espaciales.
- La ruptura de la caja arquitectónica y la “liberación” espacial.
- La liberación de la estructura resistente.
- La continuidad tensional entre miembros estructurales.

Desde la propia infancia, Wright ya había sido educado en el dominio de las formas básicas a través de la disciplina geométrica que le brindada los juegos Froebel³⁹, cuya influencia ha sido fundamental para el posterior desarrollo de una sistematización y composición abstracta a partir de un orden geométrico de figuras simples. (Figura 80) Froebel enseñaba que a partir de unas formas básicas, en un principio unidades lineales en dos dimensiones como el cuadrado, círculo, rectángulo y polígonos, se podían diseñar nuevas formas significativas en la tercera dimensión, cubos, esferas, poliedros, a partir de su yuxtaposición, encastre, crecimiento, etc.

Ya desde alguna de las obras tempranas de Wright se puede reconocer el empleo de la composición a partir de prismas espaciales dispuestos según distintas combinaciones. Bruno Zevi ha incluido dentro de las invariantes de la arquitectura moderna un reagrupamiento de los volúmenes que el clasicismo o el período por él denominado “pseudo moderno”⁴⁰ los había encajonado bajo una simple superposición y yuxtaposición de funciones. Las invariantes modernas le brindaban un nuevo valor semántico al conjun-

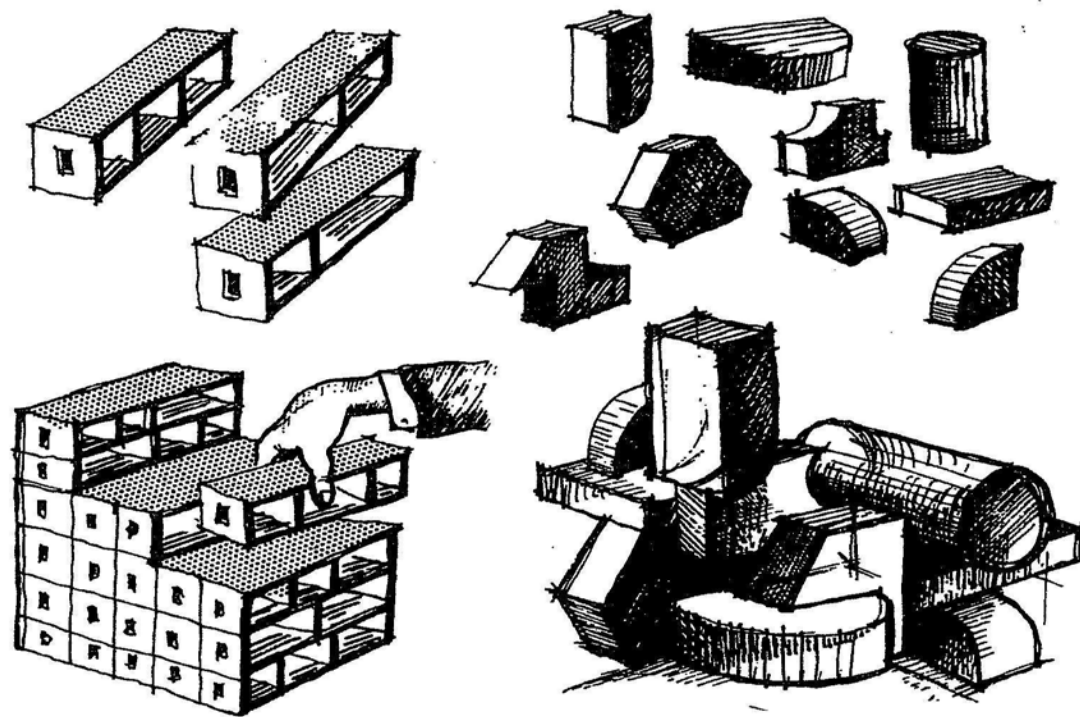
³⁹ Nos referimos a Friedrich Froebel, pedagogo alemán (1782 -1852) que acuñó el término “Kindergarten” –jardín de infancia– para describir un sistema de enseñanza fundado en el juego.

⁴⁰ Varios autores entre ellos Zevi, Collins y Banham describen al pseudo-moderno como un período anterior al denominado “estilo internacional” donde la arquitectura no había podido liberarse totalmente de la influencia de la academia, tanto en la práctica como en la enseñanza de la arquitectura.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 81. Libre reagrupamiento de las cajas arquitectónicas (a la derecha) que el clasicismo encerró bajo un estricto orden geométrico. (a la izquierda)

81



to y sus partes, reagrupándolas según variadas composiciones.⁴¹ (Figura 81) Estas composiciones espaciales no han sido solamente simples experimentaciones abstractas sino que por el contrario, han sido pensadas como verdaderas células volumétricas ligadas al mismo tiempo tanto a las definiciones funcionales como a su propia sustentación.

En este punto se establece una diferencia notoria respecto del método compositivo que planteaba Le Corbusier, que si bien se refiere en algún momento a la ideación en arquitectura como un “choque de los volúmenes en el espacio,”⁴² en realidad lo que más privilegiaba era la composición basada paradójicamente en la descomposición del prisma puro mediante la sustracción de la masa interior.⁴³ De este modo, la forma se identifica como bloque compositivo único y ortogonal, en donde la estructura no tiene injerencia alguna en su definición espacial. Solamente introduce más tarde el módulo como síntesis formal, funcional y constructivo en sus desarrollos de las casas en serie mediante la prefabricación.

***La ruptura de la caja arquitectónica y
la continuidad espacial
II. 1.2***

Uno de los aspectos más importantes de la arquitectura orgánica de Wright, ha sido la idea de ruptura de la caja tridimensional cerrada y compacta. Para ello, Wright plantea una serie de operaciones básicas cuya función será la de ir liberando los límites de la caja hasta llegar a concebir un espacio totalmente diáfano donde disponer casi de manera arbitraria los elementos de cerramiento y estructurales. El proceso de liberación del espacio propuesto por Wright ilustra muy bien la transformación lingüística operada a partir de los elementos arquitectónicos, muchos de ellos con funciones estructurales. (Figura 82)

⁴¹ ZEVI: Op. Cit. p. 23.

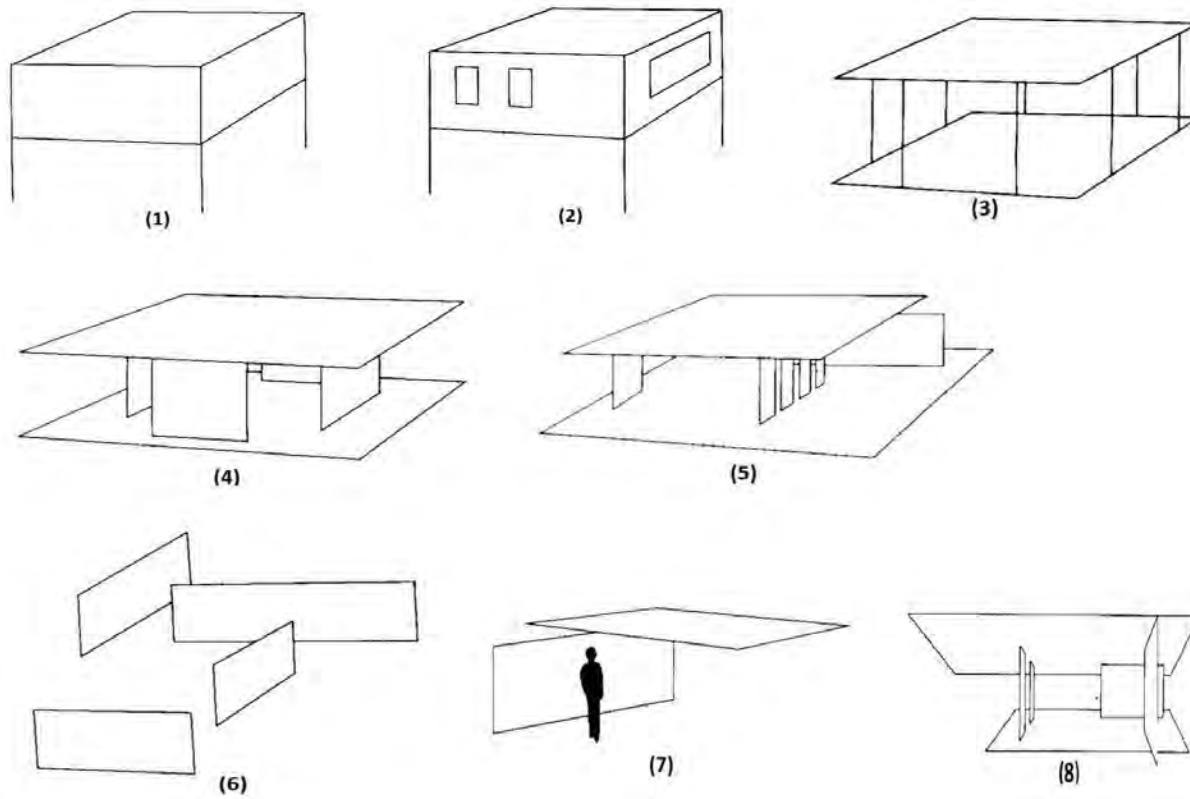
⁴² LE CORBUSIER. Hacia una arquitectura. 1ª. ed. Buenos Aires: Poseidón, 1965. p.145.

⁴³ En este sentido, recordar lo dicho en capítulo 1 en relación a los gráficos explicativos de las cuatro composiciones, en donde tres de ellas estaban basadas en métodos compositivos planteados justamente como descomposición de un prisma único.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 82. Dibujos de Wright que expresan el proceso de liberación de la caja cerrada arquitectónica, hasta hacerla prácticamente irreconocible como tal.

82



Ahora os demostraré por que la arquitectura orgánica es la arquitectura de la libertad democrática.... He aquí la caja de la construcción (1): podéis hacer un gran agujero a la derecha, o bien una serie de agujeros más pequeños a la izquierda (2), como queráis; subsiste siempre la envoltura de un paquete, algo extraño a una sociedad democrática... Yo he estudiado suficiente ingeniería para saber que los ángulos de la caja no constituyen los puntos más económicos para los puntos de apoyo: tales puntos se encuentran situados a una cierta distancia de los extremos (3), porque así se crean unos pequeños saltos laterales que reducen la luz de las vigas. Además, se puede aportar espacio a la caja (4) sustituyendo el viejo sistema de sostén y de viga por un nuevo sentido de construcción, calificado por los saltos y la continuidad. Es un proceso de radical liberación del espacio, cuya manifestación se ve únicamente en las ventanas angulares; en cambio, en él se encuentra la sustancia del paso de la caja a la planta libre, de la materia al espacio... Sigamos adelante. Las paredes son ya independiente, ya no cierran, pueden acortarse, ampliarse, perforarse, a veces eliminarse (5). Libertad y no encarcelamiento; podéis disponer las paredes-diafragma como os parezca (6), porque ha desaparecido el sentido de la caja cerrada. Es más: si es válido en lo horizontal este proceso de liberación, ¿por qué no ha de serlo en lo vertical? Nadie ha mirado al cielo a través de la caja precisamente en aquél ángulo superior, porque allí estaba la cornisa, puesta en aquel lugar precisamente para que la caja pareciera más caja... Yo he eliminado la opresión del encierro en todos los ángulos, en lo alto y en las demás partes (7). Ahora puede estallar el espacio y penetrar hasta allí donde se vive la vida, como un componente de la misma (8).⁴⁴

Esta operación liberadora del espacio produce, sin duda, una modificación perceptiva del módulo tridimensional compositivo, el cual se presentaría solamente como una operación en un nivel abstracto, sin la necesidad de definir algún registro de lo concreto.

En Wright, la composición se materializa entonces por yuxtaposición e interpenetración de volúmenes

⁴⁴ Extraído de ZEVI, Bruno. El lenguaje moderno de la arquitectura. 1ª. ed. Barcelona: Poseidón, 1978. p.51. El texto original pertenece a la publicación de Edgar KAUFMANN. An American architecture. Frank Lloyd Wright. 1ª ed. New York: Horizon press, 1955.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

diferentes, que si bien asumen cada uno su individualidad, nunca alcanzan a identificarse por sí mismos, producto justamente de esa descomposición espacial que impide su lectura como módulos individualizables combinables. Wright destruye la caja dando lugar al espacio orgánico continuo, pero al mismo tiempo utiliza el volumen abstracto que encierra dicho espacio para componer.

Las consecuencias de la ruptura de la caja a nivel de la conformación estructural han sido muy significativas ya que el espacio, ahora liberado, deberá estar necesariamente compenetrado con el sistema estructural con el que interactúa mutuamente. Colin Rowe, refiriéndose a Wright, define muy bien esta relación diciendo que la estructura crea el espacio o lo que es lo mismo, el espacio es el que crea la estructura.⁴⁵ Al mismo tiempo, Wright critica también la conformación de la estructura en forma de esqueleto la cual, al acentuar sus límites, acusaría más la lectura como caja que disiparla.

Por qué no se eliminan por completo las inferencias de la columna y la viga? Ni vigas, ni columnas ni cornisas ni accesorios, pilares o entablamientos como tales. En lugar de dos cosas, una cosa. Dejar que las paredes, techos, pisos se conviertan unos en parte de los otros, confluyan, dándole continuidad a todo, eliminando todo rasgo artificial.⁴⁶

Para Wright, entonces, la clásica configuración en forma de esqueleto que definía una trama regular de vigas y columnas, debía ser eliminada y ser reemplazada por soluciones que enfatizen la tridimensionalidad del espacio. Ya desde sus primeras obras, Wright evitó la aparición de un esqueleto definido, que como tal determinaba los contornos de las formas y de esa manera el espacio resultante se convertía en una especie de jaula, que en vez de liberarlo, lo contenía. En vez de la estructura de esqueleto, proponía

⁴⁵ ROWE, Colin. La estructura de Chicago. En: Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos. Barcelona: Gustavo Gili. S.A, 1978. p.101.

⁴⁶ WRIGHT, Frank Lloyd. El futuro de la arquitectura. 2ª ed. Buenos Aires: Poseidón, 1958. p.148.

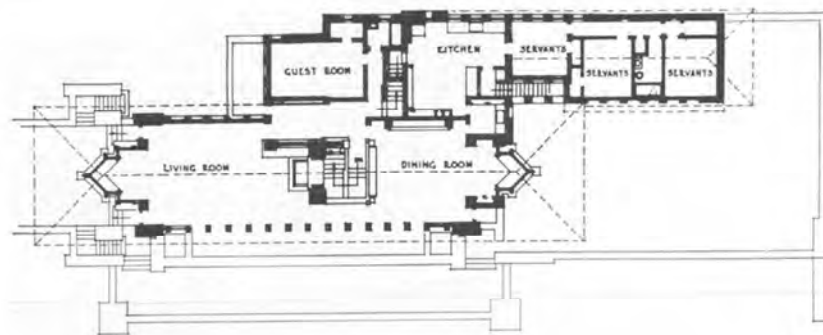
la utilización de otros sistemas de sustentación que han ido variando a lo largo de sus obras. En sus primeras casas de la pradera como la casa Robie, (Figura 83 y 84) los mismos muros o pilares soportantes no se disponen en las esquinas de los prismas compositivos, porque de esa manera hubieran acentuado los límites del mismo. Los elementos estructurales eran los propios elementos de arquitectura, los cuales o enmarcaban las aberturas exteriores, definían diversas separaciones funcionales en el interior, o eran elementos que a su vez contenían ciertos espacios de infraestructura⁴⁷. Estos pilares o sectores de muros no estaban dispuestos según un ordenamiento estructural determinado, sino que la identificación de los mismos quedaban definidos por la previa distribución funcional de los espacios y sus límites. Del mismo modo, la determinación del sector del voladizo como fuelle o espacio de transición entre interior y exterior lograba que en realidad los elementos estructurales se repliegan hacia el interior, lo cual garantizaba la expansión del espacio hacia el exterior, dando como resultado una acentuación de su horizontalidad y una disipación de los límites.

Más adelante, Wright recurre a un entramado del tipo textil en la casa Millard (Figura 85), de clara referencia Semperiana, en donde el mismo muro exterior de mampostería se desmaterializa como una estructura de huecos, un verdadero tejido que permitían fluir el espacio libremente entre exterior e interior. En otras instancias, especialmente en sus casas usonianas en madera desarrolladas en Estados Unidos como la casa Pew, (Figura 86) Wright propone un entramado de madera como elementos soportantes, herencia que sin duda ha rescatado de las experiencias ya vistas de los sistemas ballón y Plataforma.

⁴⁷Era muy común en Wright la utilización estructural de los espacios en forma de gran pilar hueco, que se usaban para calefaccionar el ambiente principal de la casa y que a su vez era acusado como uno de los volúmenes compositivos principales que influían en la forma final.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

83



84



85



86



Figura 83 y 84 Casa Robie, Frank Lloyd Wright. 1908 – 1909. La estructura comienza a liberarse de su condición de jaula contenedora para definir espacios mucho más fluidos. Asimismo, los elementos que la conforman no se reconocen como tales, dispersándose entre los muros de cerramiento.

Figura 85. Casa Millard, Frank Lloyd Wright. Pasadena, EE.UU, 1923. Empleo del bloque textil en los muros portantes de la casa de manera de crear una relación más nítida entre exterior e interior y potenciar la desmaterialización de la caja.

Figura 86. Casa Pew, Frank Lloyd Wright. Wiscosin, EE.UU, 1938-40. La estructura se desmaterializa en el cerramiento exterior a través de un entramado de madera que se integra con las aberturas.

***La continuidad tensional entre
miembros estructurales
II.1.3***

Como una consecuencia directa del proceso de liberación del espacio y con él de la estructura, Wright ejemplifica la tensigradidad o el principio de continuidad estructural de una manera muy clara, utilizando sus manos para expresar la diferencia entre los sistemas triliticos anteriores respecto del que él define como la construcción futura. (Figura 87)

Usted ve la antigua construcción de columna y viga –digamos que éstas son las columnas y las vigas-. Columna y viga era una especie de superposición, y si usted quería obtener divisiones, tenía que cortar, y tenía que apoyar, y si quería tensión, tenía que remachar algo con algo y hacer una unión que podía ceder. Bien, la arquitectura orgánica reunió todos estos principios para que el edificio se pareciera más a esto... usted ve, tenía resistencia y se podía hacer tracción sobre la estructura.⁴⁸

A esta continuidad tensional Wright la ha identificado gráficamente como la bandeja del mozo equilibrada en el centro sobre su mano, que es también el principio del voladizo y este recurso lo utiliza con frecuencia en sus obras. Con este principio, Wright termina finalmente de desmaterializar por completo los límites de la caja, utilizando para ello un sistema de transferencia de cargas que direcciona todo el andamiaje estructural hacia un núcleo central portante, lugar donde comúnmente se disponen todos los sistemas circulatorios, preanunciado el ahuecamiento de los elementos estructurales que Kahn va a desarrollar después. Todas las soluciones desarrolladas para los proyectos de rascacielos⁴⁹ utilizan estos mismos criterios, conformando un núcleo central portante con amplios voladizos que permitían una libre disposición de las fachadas. Estas soluciones anticipan los grandes planos vidriados de cerramiento que distinguen a los modernos rascacielos.

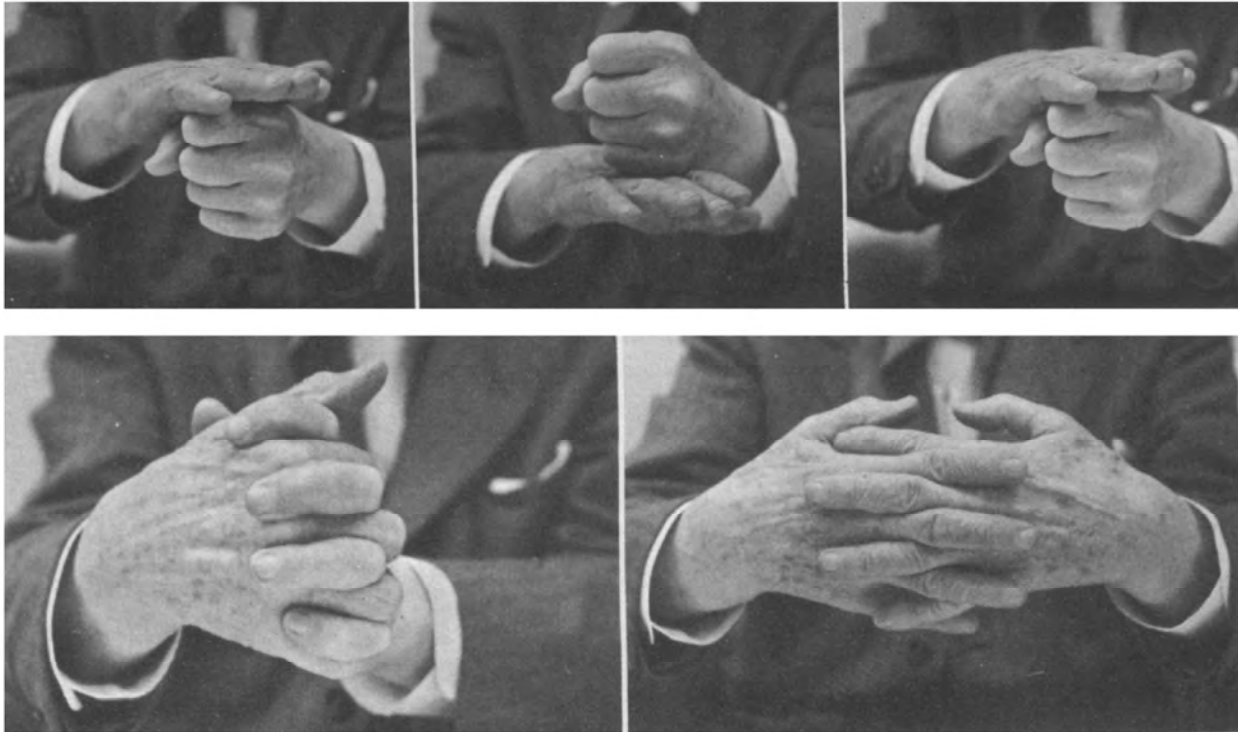
⁴⁸ WRIGHT: Op. Cit., p. 13.

⁴⁹ Entre ellos podemos citar a los proyectos para la Home Insurance Building, Chicago, EE.UU, 1920 -1925; Saint Mark's Tower, New York, 1929; Price Tower, Bartlesville, 1956 y la sede administrativa de la Wax Johnson Company, Racine, Wisconsin, 1947.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 87. Explicación por parte del mismo Wright de la importancia que adquiere para la arquitectura la posibilidad de brindar continuidad tensional a los elementos estructurales.

87



***La casa de la cascada como síntesis
de la forma estructural liberada***
II.1.4

La casa en la cascada para el doctor Edgar Kauffmann, también llamada “Falling Water”, (Figura 88) se ha convertido en uno de los ejemplos más claros que engloba todas las actitudes reconocidas dentro de la arquitectura orgánica propuesta por Wright. En ella podemos enumerar uno a uno los aportes enunciados anteriormente.

Respecto del primer punto, la composición abstracta en base a módulos espaciales es fácilmente reconocible observando esas masas que se proyectan hacia el vacío desde todas las direcciones y que Renato de Fusco lo define como un “juego de equilibrio aparentemente inestable entre sólidos macizos rocosos y volúmenes facetados y estereotómicos”⁵⁰. En la figura 89 se representa la generación espacial de estos prismas, que en general reproducen o contienen sectores funcionales específicos.

Respecto del segundo punto, la ruptura del concepto de caja arquitectónica aparece cuando la composición primaria en base a esos prismas cerrados comienza a desmaterializarse y progresivamente va cediendo paso a las condicionantes contextuales. Para ello, la forma se descompone en una sucesión de planos, algunos que se acusan expresivamente hacia el exterior, como por ejemplo las losas que se prolongan horizontalmente formando voladizos y otros, como los planos verticales, que son barandas de protección que se transparentan, de manera de garantizar una relación fluida con el exterior. En la figura 90 se representa como la liberación del espacio propuesto por Wright modifica la percepción de los volúmenes compositivos previos.

Respecto del tercer punto, la liberación de la estructura se presenta cuando los límites exteriores de e-

⁵⁰ DE FUSCO, Renato. Historia de la arquitectura contemporánea. Barcelona: Celeste, 1996. p. 392.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA



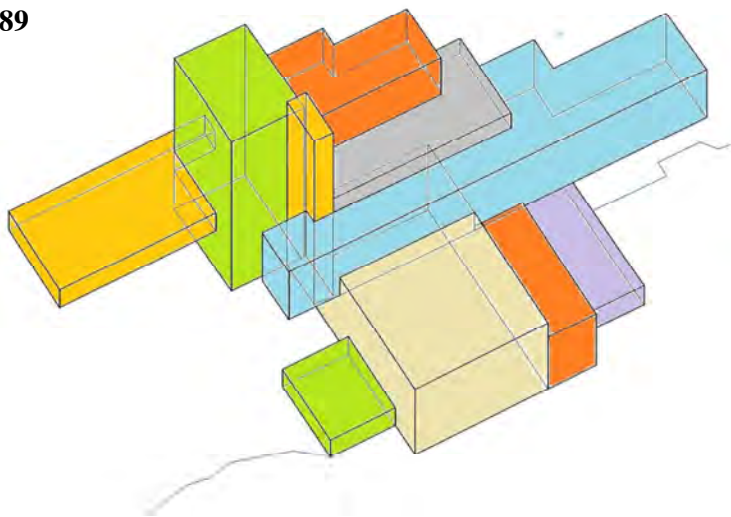
88

Figura 88. Frank Lloyd Wright. Casa Kaufmann. 1936-1939. Pensilvania, EE.UU. Imagen exterior. Los planos horizontales fluyen libremente en el espacio, desmaterializando la caja arquitectónica.

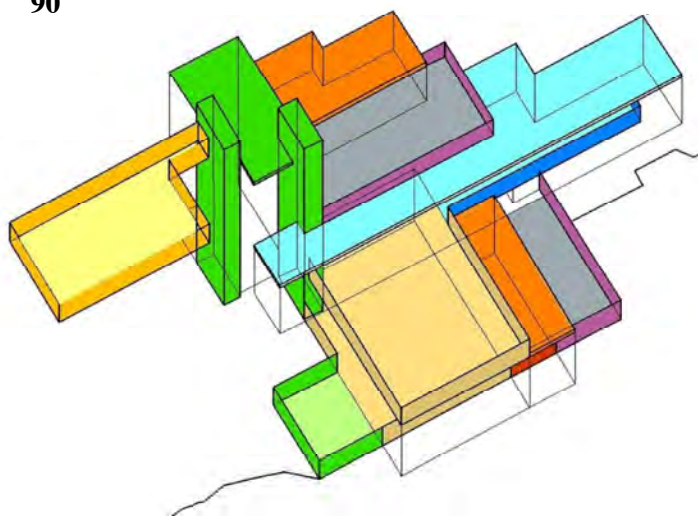
Figura 89. Casa Kaufmann. Composición basada en prismas interconectados que representan cada uno una función determinada.

Figura 90. Casa Kaufmann. Descomposición de los volúmenes en planos conformantes que definen su estructuración en llenos y vacíos.

89



90



sos prismas desaparecen por completo y con ella la jaula estructural que los acusaba. Los elementos verticales de apoyo se distribuyen en función de las necesidades distributivas de los locales habitables y no tienen una configuración ni modulación precisa. De este modo, aparecen pilares de mampostería cuadrados, rectangulares, secciones huecas que contienen espacios de infraestructura, muros continuos divisorios entre locales o de contención, etc. En la axonometría de la figura 91 se reconocen los elementos de sustentación que surgen de la disposición de cuatro planos paralelos apoyados en la barranca, complementándose además con las pantallas paralelas a la misma que contrapesan y anclan el conjunto al terreno.

Respecto del cuarto punto, la continuidad tensional entre miembros estructurales se reconoce en la secuencia estructural que parte de los grandes voladizos de las terrazas y cubierta, se apoyan puntual o linealmente en los muros descritos anteriormente y terminan por anclarse por detrás en los muros transversales contenedores, de manera de garantizar la estabilidad. De este modo se cierra el circuito tensional continuo descrito. En las figuras 92 y 93 se representa un corte donde se identifica como los voladizos solicitan y tienden a volcar los muros de sostén y como la configuración geométrica de éste y los muros transversales contrarrestan ese efecto.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

91

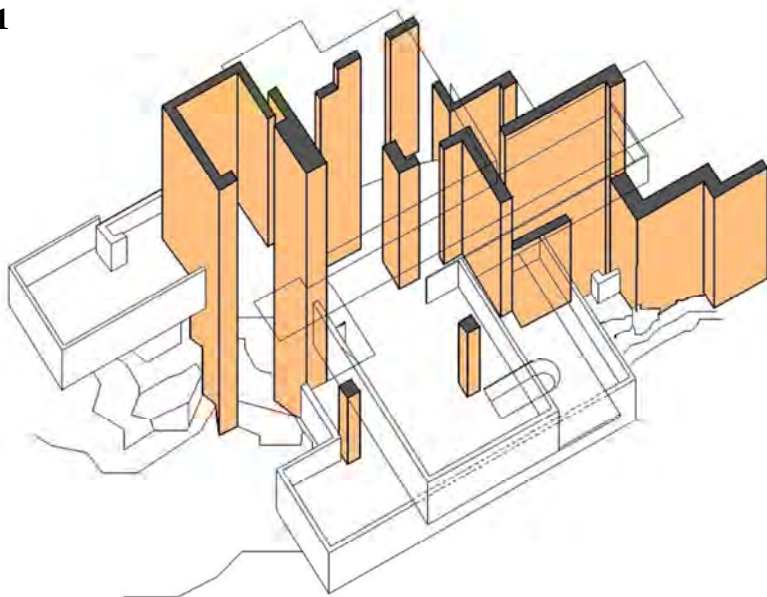
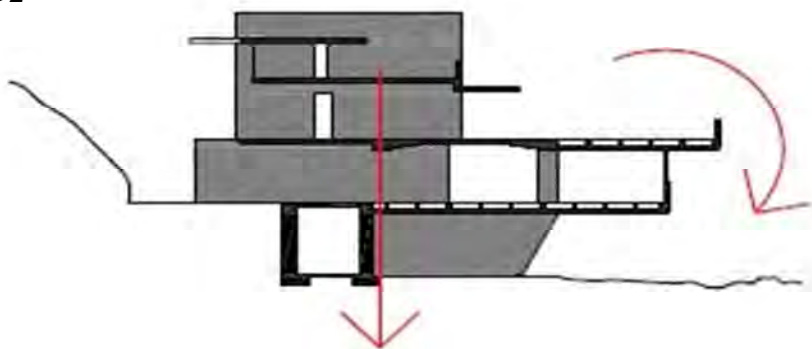


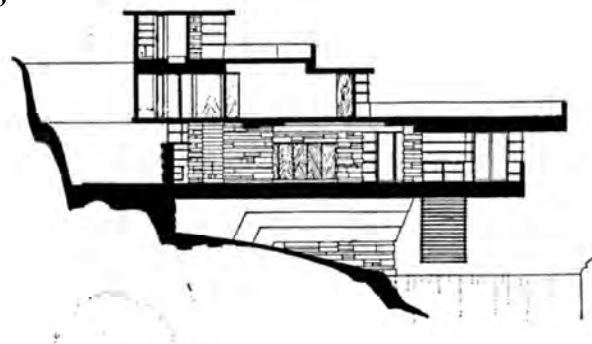
Figura 91. Casa Kaufmann. Identificación de los elementos estructurales verticales distribuidos según dictados estrictamente funcionales.

Figura 92 y 93. Casa Kaufmann. La continuidad tensional es necesaria para lograr que los grandes voladizos se contrapesen y se equilibren a través de los muros de carga.

92



93



II.2 Louis Kahn: La estructura contenedora

Hemos podido notar que en Wright la estructura no era vehículo de expresión arquitectónica, sino más bien un instrumento del cual se vale para concebir formalmente un edificio. Si bien se servía de la composición abstracta, la misma no era expuesta tal como fue concebida, ya que la estructura liberaba el espacio dándole una continuidad. Su objetivo consistía en diluir los límites visuales de las unidades modulares, de manera de que la forma estructural no quede expuesta y le reste autonomía a las decisiones expresivas. Podemos decir entonces que si para Wright la estructura debía disolverse para que de ese modo aparezca el espacio liberado en cambio, en la arquitectura de Louis Kahn, el legado estructural va a ser esencial, define el espacio, quedando de este modo compartimentado y, por consecuencia, se convierte en vehículo de expresión arquitectónica. Kahn, al igual que Wright, se va a servir de la composición abstracta -que la define como pre-forma-, para proponer unidades espaciales interconectadas -las unit systems-, donde la estructura lo que hace es contener formalmente los módulos. La unidad estructural entonces creada define la parte y a su vez organiza el conjunto.

En el profuso pensamiento teórico de Kahn, así como a través de su obra, podemos reconocer dos actitudes fundamentales en lo relativo a lo compositivo. En la primera de ellas, introduce el concepto de pre-forma como una instancia previa al diseño propiamente dicho. En el segundo, intenta lograr una relación más fructífera entre la discontinuidad del espacio que se produce por la composición en células independientes interconectadas entre sí, con la necesidad de introducir el espacio continuo moderno, cuya influencia deriva claramente del pensamiento de Wright.

El nexos entre lo discontinuo y lo continuo del espacio va a ser logrado en Kahn a través de la genera-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ción de un sistema estructural integral basado en la idea de ahuecamiento, que permite al mismo tiempo definir tanto las células espaciales autónomas como dotarlas de cierta continuidad espacial.

Kahn define la pre-forma como una instancia previa al diseño, en donde ella misma se convierte en una entidad abstracta –esquema conceptual- del tipo de las formas ideales platónicas. Luego, a partir de la disciplina constructiva que impone sus propias leyes reguladoras, permite llegar a la forma final, el diseño propiamente dicho. Esta diferencia entre lo que podemos llamar “pre-forma” y diseño es expresada claramente por Kahn:

La forma es el “qué”. “El diseño es el “como”. La forma es impersonal, el diseño pertenece al Diseñador. Diseñar es un acto circunstancial, depende del dinero de que se disponga, del sitio, del cliente, de la capacitación. La forma nada tiene que ver con las condiciones circunstanciales. En arquitectura caracteriza una armonía de espacios adecuada para cierta actividad del hombre.”⁵¹

El concepto de pre-forma posee entonces un significado arquetípico y tiene una dimensión inconmensurable, ya que no posee ni contornos ni dimensiones previamente establecidas, a diferencia del diseño que sí es conmensurable. Es una existencia previa, de orden mental y se expresa a través de lo que él llama un dibujo de forma, (Figura 94 y 95) o sea un dibujo que de algún modo muestre la naturaleza de algo y que representa las partes inseparables de un edificio⁵². Estos bosquejos no tienen relación con la representación de un programa específico, el cual es producido por alguien externo a la disciplina arquitectónica propiamente dicha. Se trata más bien de la naturaleza de un problema, de lo que “una

*Los conceptos de Pre- forma y de
“unit systems”
II.2.1*

⁵¹ KAHN, Louis Isadore. Forma y Diseño. 1ª. ed. Buenos Aires: Nueva visión, 2007. p. 8.

⁵² KAHN, Louis Isadore. Conversaciones con estudiantes. 1ª. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. p.30.

cosa quiere ser”⁵³, alejado de toda preexistencia anterior y que precede a la tipología y al programa.

Las pre-formas, a nivel gráfico, quedan expresadas a través de formas geométricas puras y elementales, siendo representados en planimetría a través de cuadrados, círculos y triángulos, mientras que en volumetría se muestran a través de cubos, pirámides y prismas. Estas pre-formas actúan entonces como principios de organización abstractos, muy parecido a los que generaban los métodos compositivos convencionales.⁵⁴ Lo importante que se deduce de dicho concepto es la idea de que la pre-forma es modificable por el proceso de diseño propiamente dicho hasta llegar a lo concreto, a la forma final, pero que en cierto modo conserva la esencia de la idea inicial.

Del concepto de pre-forma se desprende lo que Kahn ha denominado el “Unit system”, una unidad básica elemental que ha utilizado como método para componer o, si se quiere, organizar distributivamente el edificio por adición o combinación de los mismos. Estos módulos tridimensionales no era simplemente una modulación estructural sino más bien una malla compositiva total que con el tiempo consiguió surgir de la propia construcción, que sería lo mismo que decir que la forma -o pre-forma- esta previamente determinada por los elementos estructurales que surgen de la misma idea de forma. Kahn siempre ha pensado en la integración entre función, forma y construcción, dándole la característica de una sola unidad independiente que luego, por adición, era posible combinarla de diversas maneras. Sin embargo, –a diferencia de Wright– Kahn sigue atado al rigor geométrico para desmaterializar el espacio, al imponerle la estructura como una retícula en esqueleto o como grandes paños portantes que ge-

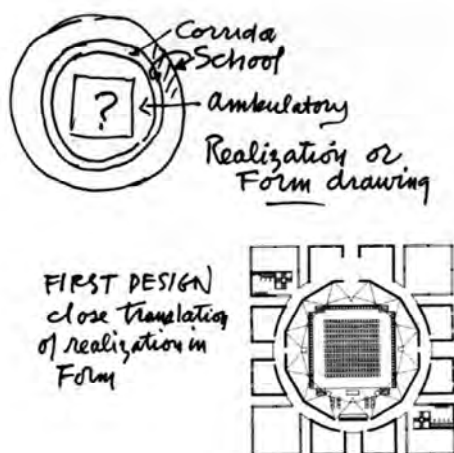
⁵³ KAHN, Louis Isadore: Forma y Diseño. 1ª. ed. Buenos Aires: Nueva visión, 2007. p. 8.

⁵⁴ Kahn, como ya dijimos en el primer capítulo, se ha negado permanentemente a utilizar el término composición, ya que este le remitía más a una subdivisión interna de espacios definidos dentro de una forma previa preconcebida y utilizar en su reemplazo el término generación más asociado a la idea de crecimiento.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 94 y 95. Louis Kahn, Iglesia unitaria de Rochester, N.York, 1959 -1967. Diagrama de pre-forma y su traducción en un primer diseño donde se mantiene la esencia de la idea pero no su forma inicial. Luego este diseño continuara evolucionando hacia otro diseño diferente (versión definitiva, derecha).

94

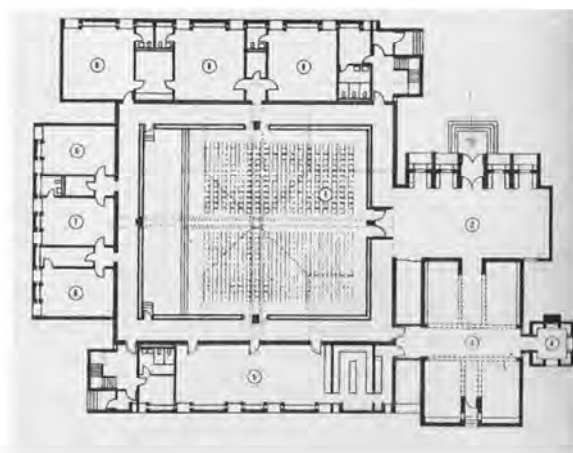


96

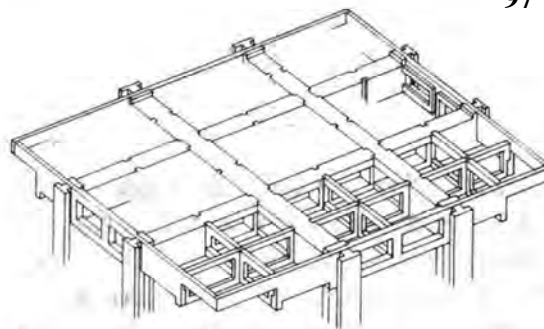


Figura 96 y 97. Louis Kahn. Laboratorio 'de investigaciones médicas Alfred Newrton Richards, Filadelfia, 1957-1961. Composición aditiva de unidades funcionales y estructurales volumétricas. Izquierda: Planta general; Derecha: Detalle estructural del módulo.

95



97



neralmente coinciden con los límites externos de cada célula y que son los que mejor se adaptan a las formas ideales que propone para sus edificios.

El proceso constructivo en Kahn es esencial y es llevado a su materialización a través de la exaltación de la junta constructiva como rastro o huella de ese proceso. La junta lleva también a expresar las separaciones entre módulos, de manera que cada célula sea autónoma aunque interdependiente respecto de las demás, de manera de no perder la idea de continuidad espacial. De este modo, la junta se convierte en el origen del ornamento, no un simple efecto de la construcción.

Esa unidad conceptual de espacio, estructura y función queda por ejemplo expresada en los laboratorios Richards, (Figuras 96 y 97) en donde el proceso constructivo es denotado a través de la prefabricación de unidades estructurales tridimensionales, que son ensambladas en el sitio para generar por adición el módulo repetitivo. Por otro lado, este proceso constructivo es claramente identificado al exterior e influye en la definición de los cerramientos exteriores. De este modo, la composición en Kahn se refiere en un principio más al concepto de adición de módulos idénticos que conserva cada uno de ellos su propia independencia formal y expresiva que luego se repiten, pudiendo reconocer inequívocamente cada parte dentro del conjunto.

La estructura ahuecada como articulación entre el espacio fragmentado y continuo.

II.2.2

Kahn ha reconocido la existencia de una tensión entre las unidades autónomas que ha utilizado en sus primeros proyectos y la continuidad orgánica del espacio, proveniente de Wright, que el primer movimiento moderno definió como el espacio universal ininterrumpido. La historia de la arquitectura ha demostrado constantemente dicha tensión entre este espacio universal Miesiano y las unidades autó-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

nomas propias del período académico. En función de este reconocimiento, ha habido una preocupación en Kahn por resolver esta tensión mediante la fusión de ambas a través del estudio de lo que él llama el estudio de las conexiones⁵⁵ o vinculaciones entre las partes, que en apariencia creaban la idea de un espacio discontinuo. Dicho de otro modo, lo que ha buscado es la creación de una continuidad dentro de la discontinuidad del espacio. En un primer momento, las estrategias de las que se ha valido para dotar de continuidad a una sucesión de espacios discontinuos son las yuxtaposiciones, las conexiones a través de elementos adicionales que unen las diferentes estancias o cuartos –los laboratorios Richards se encuentra dentro de esta estrategia- y las interconexiones, que son intersecciones espaciales entre dos módulos contiguos. (Figura 98)

En otra instancia Kahn invierte esta ecuación y se enfoca en el proceso inverso, es decir la búsqueda de discontinuidad en la continuidad de los espacios para permitir el reconocimiento formal y espacial de aquellas estancias o cuartos diferenciados. Aparece entonces la diferenciación entre espacios sirvientes, que son precisamente esos espacios no residuales, –término que en general se asocia despectivamente con lo reductivo en cuanto al carácter secundario de esos espacios- claramente diferenciables en lo que se refiere a sus dimensiones de los espacios a los que sirve –los servidos-. En el proceso de definición de la forma, aquellos son precisamente los encargados de dotar la continuidad espacial necesaria a las células agrupadas en función de la ubicación estratégica de dichos conectores. Funcionalmente en estos espacios se disponen corredores, sectores de servicios, espacios de distribución, etc. (Figura 99)

Kahn termina de perfeccionar esta idea incorporando directamente a la estructura dentro de esta dife-

⁵⁵ En relación a esto Kahn siempre se ha preocupado por las cuestiones topográficas que precisamente estudia las ciencias de las conexiones, preocupación que según Efrén Grenda ha procedido de su vinculación con el Ingeniero Robert Le Ricolais. Ver: GRINDA, Efrén G. Naturaleza y topología en L.I. Kahn. *Fisuras de la cultura contemporánea*, (3): 4-13, 1995.

renciación de espacios, proponiendo una valoración de la definición estructural mediante la interpretación del espacio a partir de la estructura o mejor dicho, el mismo espacio como vaciado en la estructura.

El mismo lo plantea expresamente al decir que el espacio procede del muro al abrirse, al desmaterializarse, o sea que la estructura contiene el germen del espacio arquitectónico. Si la función de la estructura resistente era la definir espacialmente y formalmente estas estancias individuales y los espacios sirvientes que servían de conectores quedaban por fuera de estos módulos estructurales, ahora la estructura termina involucrándose en la totalidad del espacio continuo. En la propia entraña de la estructura se alojan los espacios sirvientes y los servidos parecen estar vaciados dentro de la misma como una verdadera estructura “ahuecada”. Kahn piensa entonces en una estructura ahuecada que permite definir las unidades espaciales individuales dentro de una continuidad espacial y estructural ordenadora de ese espacio⁵⁶.

El concepto de espacio vaciado de la estructura proviene de la influencia que ha tenido en Kahn los estudios del ingeniero Robert Le Ricolais. Este ha desarrollado el concepto de estructura habitable a través de lo que llama “esponjamiento o ahuecamiento de la estructura”. En éstos y aprovechando la diferenciación de los espacios servidos y de servicios, propuso el empleo de configuraciones tridimensionales en forma de tetraedros y octaedros y, fundamentalmente, el empleo de grandes vigas alivianadas para poder desarrollar dentro de ellas todo el andamiaje requerido para las instalaciones de servicios. Así lo plantea el propio Le Ricolais cuando decía que si se piensa en los vacíos en lugar de los ele-

⁵⁶ Los espacios vaciados de la estructura se pueden relacionar con el concepto de poché de planta característica de la composición sustractiva académica al cual aludimos en el capítulo anterior. A diferencia de los que propone Kahn, aquellos eran espacios residuales en planta que se pintaban de negro. Estos surgían como producto de la variabilidad dimensional y geométrica de las habitaciones que dejaban sectores vacíos que eran reservados para disponer posteriormente en ellos los elementos portantes.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

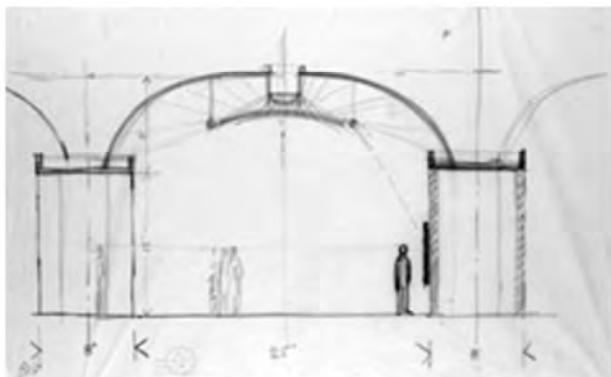
Figura 98. Louis Kahn: Residencias de estudiantes Eleanor Donnelly, Erdman Hall, colegio Bryn Mawr, Pennsylvania, 1960- 1965. La conectividad entre las estancias individuales en este caso se resuelve a través de la interconexión o superposición espacial entre las mismas.

Figura 99 y 100. Louis Kahn: Museo Kimbell de Bellas Artes, Fort Worth, Texas, 1967 – 1972. Corte esquemático e interior de la galería, donde se reconoce las unidades espaciales principales separadas entre sí por los espacios sirvientes de menor altura.

98



99



100



mentos sólidos, la verdad aparece. El autor lo plantea textualmente cuando dice que “el arte de la estructura consiste en cómo y dónde colocar los agujeros”⁵⁷. Del mismo modo, la lapidaria frase que propone Buckminster Fuller “no hay sólidos en estructuras”⁵⁸ es tomada en sentido literal por Kahn:

En la edad Media los arquitectos construyeron las catedrales góticas con piedra maciza. En la actualidad disponemos de materiales de construcción huecos. Estos elementos constructivos tienen la misma importancia que los espacios que definen. Según el tamaño de estos espacios, observamos desde los huecos en los paneles aislantes.... hasta los espacios más grandes en donde el hombre puede moverse y hasta realizar alguna actividad. El interés cada vez mayor por las estructuras espaciales evidencia el deseo de aprovechar al máximo estos espacios. Las formas con que se experimenta actualmente surgen de un mayor conocimiento de la naturaleza y son consecuencia de esa constante búsqueda de un ordenamiento general.⁵⁹

Así mismo y tal como hemos visto, Yona Friedman diferenciaba dentro de las soluciones técnicas para resolver sus bloques de encabalgamiento de su arquitectura móvil las estructuras de contención como oposición a las estructuras de sustentación. En las estructuras de contención, las cargas soportadas se disponen entre los huecos que definen el esqueleto tridimensional, mientras que las de sustentación soportan las cargas a través de una plataforma inferior o superior. Sin embargo, la utilización de los espacios ahuecados en Friedman distan mucho de parecerse a lo que plantea Le Ricolais y que utiliza Kahn, los cuales se enfocan más en el problema de la forma estructural del volumen y no solamente en la disposición de la infraestructura de contención, ya que la misma no define por sí misma la forma

⁵⁷ JUÁREZ, Antonio. Reflexiones en torno a Robert Le Ricolais. Revista CIRCO 39, la cadena de cristal. [en línea]. (s.f). [fecha de consulta: 03 Mayo 2009. Disponible en: www.arranz.net/web.arch-mag.com/3/circo/39.html.

⁵⁸ BUCKMINSTER Fuller, Richard. Design science – engineering, an economic success of all humanity. *Zodiac* (19): 64, 1967.

⁵⁹ Citado en GIURGOLA, Romualdo. Louis I. Kahn. GG. Estudio Paperback. 3ª. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1982. p. 187.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figura 101, Louis Kahn. Instituto Salk para investigaciones biológicas, La Jolla. California, 1959–1965. Secciones del edificio donde se reconoce la disposición final de las vigas Vierendeel puestas piso por medio con una altura apta para el paso de personas, liberando totalmente, de este modo, los niveles intermedios.

101

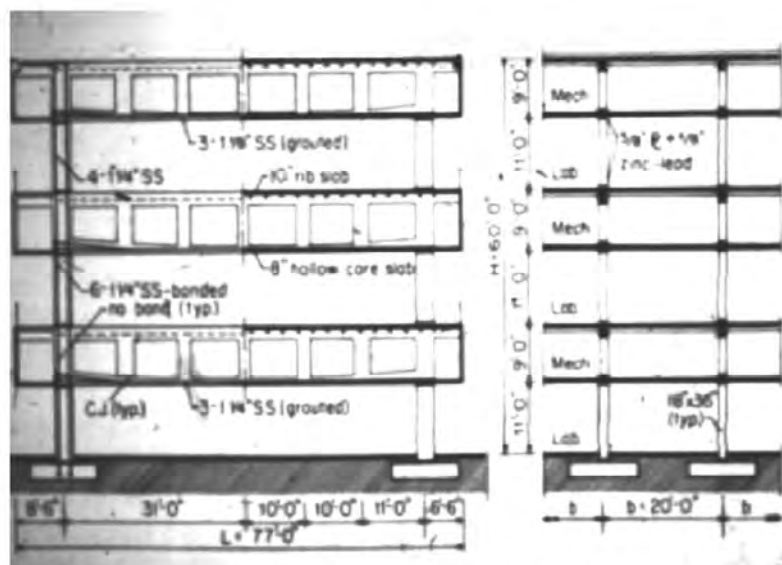
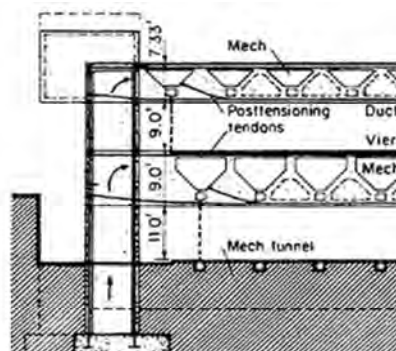
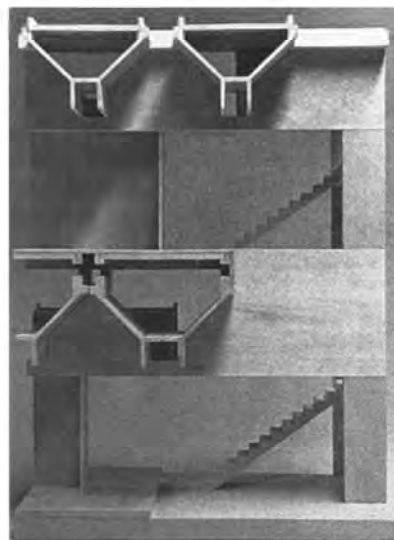


Figura 102 y 103. Louis Kahn. Instituto Salk para investigaciones biológicas, La Jolla. California, 1959–1965. Ideas previas con diferentes configuraciones internas de los huecos en las vigas, limitados a la disposición de la infraestructura.

102



103



estructural del mismo.

El Instituto Salk para investigaciones biológicas (Figuras 101, 102 y 103) se convierte en uno de los ejemplos más explícitos donde una viga Vierendeel⁶⁰ adquiere la altura necesaria para el paso de personas, convirtiéndose en un verdadero entrepiso para la disposición de los servicios. Incluso el acceso al mismo está previsto desde el mismo núcleo vertical de circulación, definiendo entonces a través de la estructura horizontal y el núcleo circulatorio vertical todo el andamiaje continuo de los espacios sirvientes. Este ahuecamiento inicial que reconocemos en la estructura de los laboratorios posibilitó posteriormente ser profundizado más aún hasta llegar a conformar grandes vigas como un gran tubo ahuecado en donde, en función a su gran tamaño, se pueden desarrollar usos arquitectónicos.

***La “City Tower” de Filadelfia como
síntesis de la estructura de contención
II.2.3***

En el estudio para un edificio en torre de oficinas en Filadelfia, más comúnmente reconocida como “City tower”, desarrollado entre 1952 y 1957 en colaboración con Anne Tyng –de gran influencia en Kahn- es donde el autor pudo ver plasmado su ideal de combinar en una sola entidad lo discontinuo de la composición modular con la continuidad del espacio que fluye dentro de una estructura contenedora. Esta idea ya la había ensayado en una sección alternativa para la Galería de Arte de la Universidad de Yale. (Figura 104) En este proyecto emplea una estructura triangulada generada a partir de un elemento estructural unitario, el cual consistía en un tetraedro base que se va repitiendo indefinidamente en el espacio, suprimiendo toda distinción entre soporte y forjado. Se conforma de este modo, una continuidad estructural completa que permitía adecuarse a diferentes configuraciones de los espacios

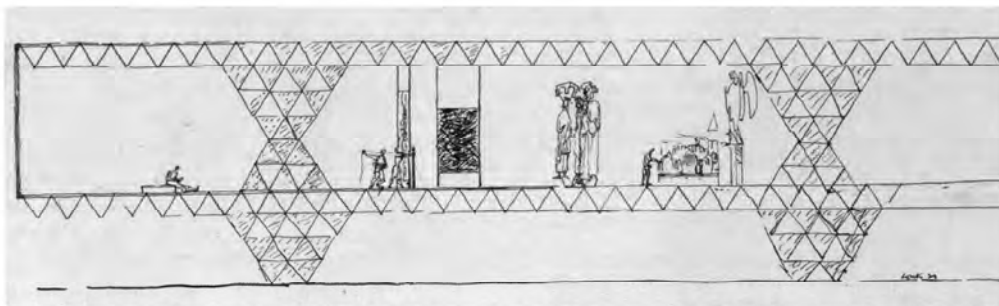
⁶⁰ Término acuñado por el ingeniero Vierendeel para hacer referencia a un elemento estructural de grandes prestaciones mecánicas, que a diferencia de los sistemas triangulados, permitía vincular los cordones superiores e inferiores a través, no de barras diagonales como en los sistemas triangulados, sino a través de barras verticales para conformar un único elemento estructural mucho más adaptable a requerimientos funcionales.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

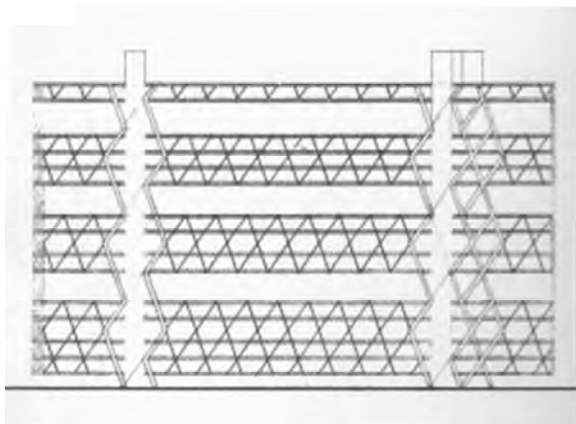
Figura 104. Louis Kahn. Sección alternativa propuesta para la galería de arte de la universidad de Yale una vez construida, 1954. La malla espacial de tetraedros contiene el espacio interior.

Figura 105 y 106. Louis Kahn. Versiones iniciales del proyecto para la City Tower, Filadelfia, 1952 – 1953.

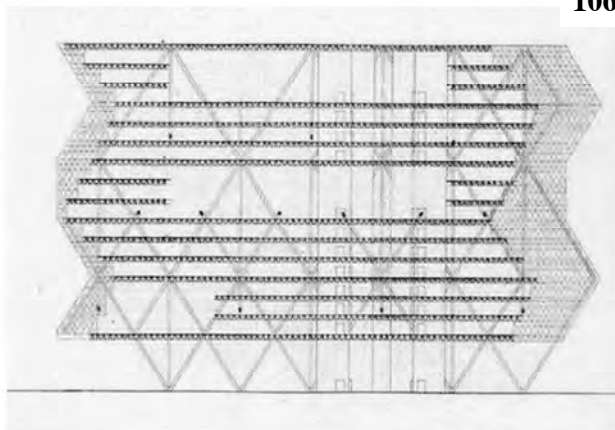
104



105



106



interiores a partir de alteraciones geométricas.

El proyecto ha tenido varias versiones iniciales (Figuras 105 y 106) y en todas ellas se han planteado diferentes combinaciones de estructuras trianguladas del tipo espacial en varios niveles en simultáneo, dejando de este modo liberados niveles intermedios. En la versión final (Figura 107, 108 y 109) se dispone una estructura en forma de trama triangular, donde cada uno de los niveles del edificio se encuentran desfasados unos de otros siguiendo la geometría de la malla triangular. Cada 20 metros se disponen forjados portantes de una altura de 3.35 metros donde se hayan alojados los espacios de servicios: depósitos, sanitarios e instalaciones técnicas. Los conductos y cañerías verticales se disponen dentro de pilares huecos. De esta manera, se genera una estructura portante generativa continua la cual, mediante el concepto de ahuecamiento, va conformando espacios servidos dispuestos dentro de esta malla estructural. Esta malla es suficientemente flexible y capaz de deformarse en función de la capacidad inherente de los sistemas triangulares para alojar ciertas discontinuidades o estancias dentro de la totalidad de la estructura.

Se asocia entonces la idea de una estructura espacial continua que contiene en su interior los espacios sirvientes y que define dentro de sus celdas ahuecadas los espacios de servicios principales. (Figura 110) Estas celdas son tratadas como aquellas unidades espaciales con cierta autonomía funcional, no totalmente desvinculadas del resto de la forma, ya que es la propia estructura, en este caso, la que funciona como nexo y conector de todas las partes. El espacio es al mismo tiempo continuo y a su vez discontinuo a partir de la definición espacial de las estancias autónomas vaciadas en la estructura. Del mismo modo, esta “ausencia de estructura” permite disponer estas estancias libremente en el espacio interior.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Figuras 107, 108 y 109. Louis Kahn: City Tower. Maqueta, planta y corte sectorial de la versión definitiva de la torre de oficinas de Filadelfia, 1957. En el corte se distingue la ubicación de los espacios sirvientes colgados desde el forjado superior.

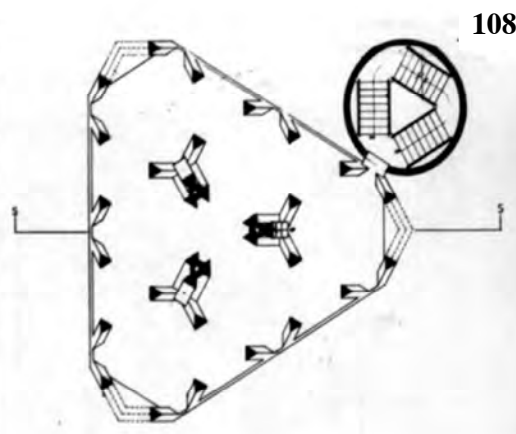
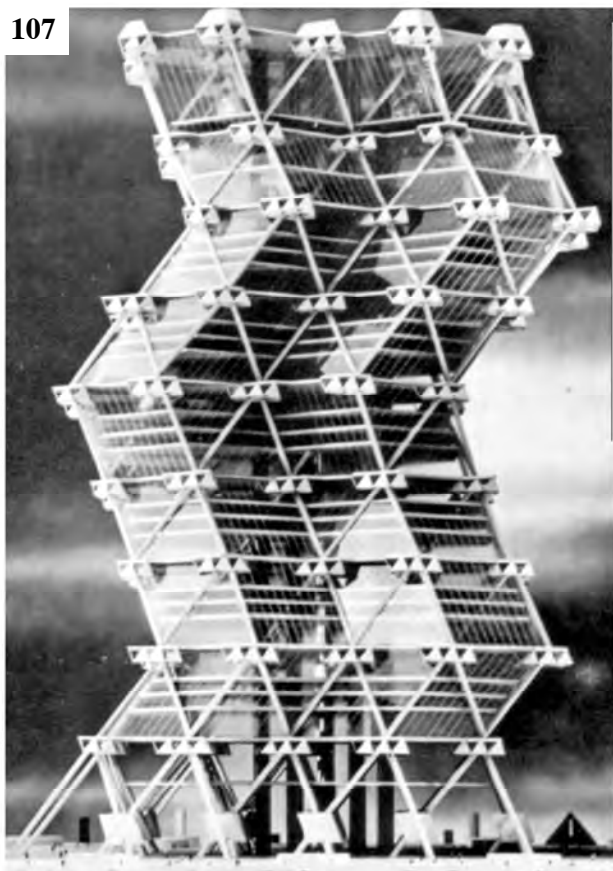
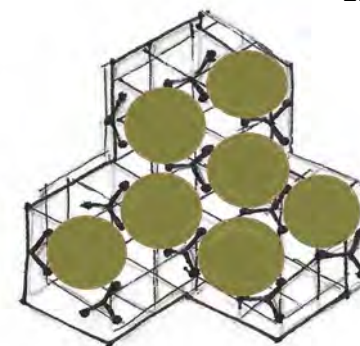


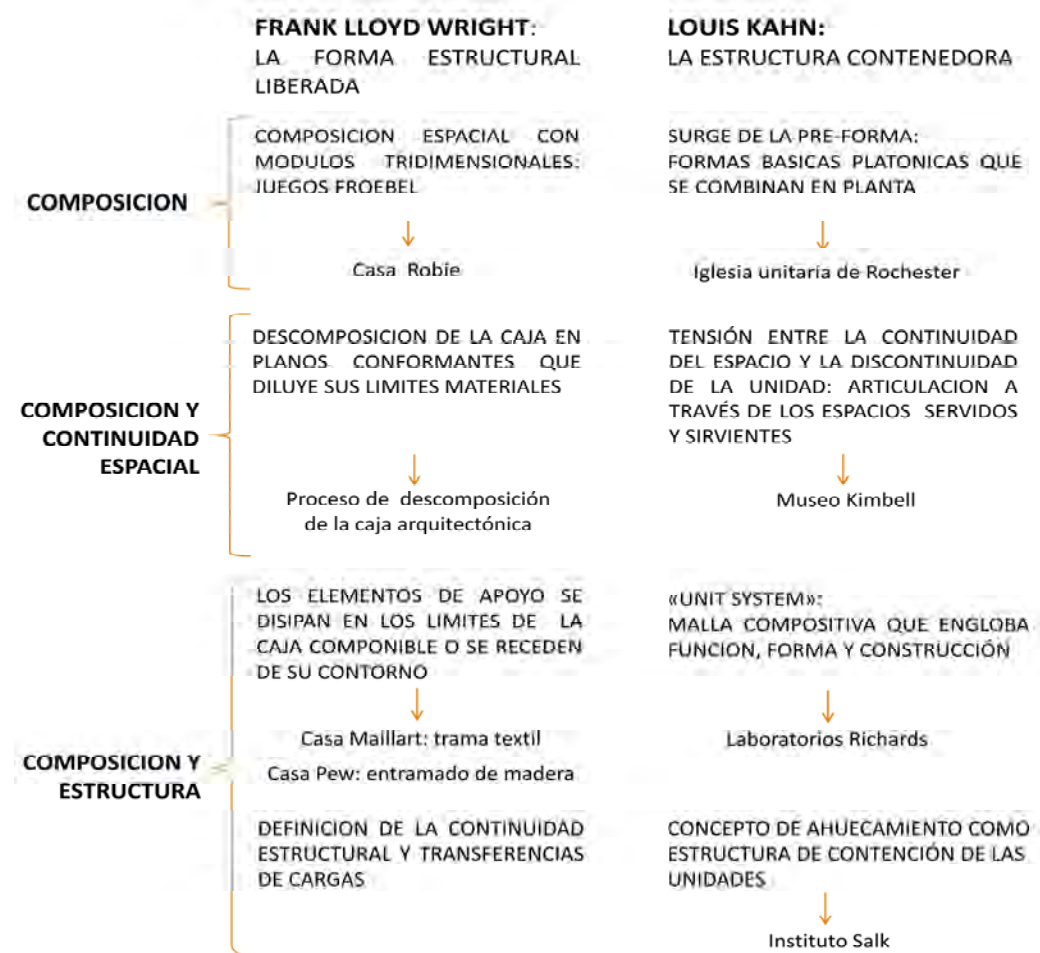
Figura 110. Planta y sección esquemáticas de la City Tower de Filadelfia entendida desde una estrategia de sustracción de espacios servidos conformados por el ahuecamiento de la estructura.



LA “VISION” ARQUITECTONICA DE LA ESTRUCTURA

Se puede realizar, para clarificar contenidos, un cuadro resumen acerca de las estrategias con módulos compositivos por parte de Wright y Kahn asociando la estrategia estructura:

LA “VISION” ARQUITECTONICA DE LA ESTRUCTURA



COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

SINTESIS

COMPOSICION
Y ESTRUCTURA

FRANK LLOYD WRIGHT:
LA FORMA ESTRUCTURAL LIBERADA



Casa Kaufmann (de la Cascada), Pensilvania

COMPOSICIÓN
CON MÓDULOS
TRIDIMENSIONALES

Juego de volúmenes combinados en el espacio. De características aditivas

RUPTURA DE
LA CAJA Y
LIBERACIÓN
DEL ESPACIO

Planos conformantes que diluyen los límites de los módulos

LIBERACION DE LA
ESTRUCTURA

Elementos resistentes verticales no coincidentes con planos de cerramientos

CONTINUIDAD
TENSIONAL

Circuito tensional continuo que posibilita la disposición de las grandes ménsulas

SINTESIS

COMPOSICION
Y ESTRUCTURA

LOUIS KAHN:
LA ESTRUCTURA CONTENEDORA



City Tower, Filadelfia

COMPOSICIÓN
CON MÓDULOS
TRIDIMENSIONALES
(SUSTRATIVA)

Enmarcados dentro de una estructura de contención, (trama triangular)

CONTINUIDAD Y
DISCONTINUIDAD
DEL ESPACIO

Espacios técnicos (sirvientes) integran y a su vez separan las unidades componibles (servidos)

ESTRUCTURA
AHUECADA

Unidades componibles contenidas dentro una estructura espacial triangulada. Espacios sirvientes alojados en las «entrañas» de la estructura.

3. ESTRATEGIAS COMPOSITIVAS Y ESTRUCTURALES BASADAS EN EL CONCEPTO DE UNIDADES ESPACIALES APILADAS

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

La totalidad de los aportes técnicos desarrollados por Cardellach que hemos visto en el capítulo anterior y reconocido en algunos proyectos emblemáticos, serán fundamentales para poder comenzar a indagar acerca de posibles alternativas de agrupamiento espacial. El objetivo de estas indagaciones será el de englobar todos esos principios enunciados que se originan en el empilaje constructivo y poder establecer relaciones con las experimentaciones compositivas de la actualidad basadas en apilamientos de orden distributivo. Para ello, en la primera parte de este capítulo se propondrán diferentes configuraciones estructurales posibles de ser desarrolladas a partir de ciertas lógicas de apilamiento de unidades espaciales, con el suficiente grado de abstracción que les posibilita ser desarrolladas conjuntamente, en la instancia generativa de la concepción estructural, con la propuesta de arquitectura.

Del mismo modo, estos principios de Cardellach, vinculados además con otros que hemos reconocido en Wright y en Kahn, nos va a posibilitar englobar y analizar en la segunda parte del capítulo, bajo una lógica de apilamiento estructural, tres obras emblemáticas de la arquitectura contemporánea de uno de los arquitectos más renombrados en este tiempo como Rem Koolhaas, asociado bajo el nombre de Office Metropolitan Architecture. En Wright hemos reconocido la utilización de las estructuras de transferencia de cargas que libera el determinismo formal de los dispositivos resistentes utilizados para com-

poner y vincular los módulos espaciales, desplazándolos del contorno de la caja arquitectónica. El aporte fundamental de Kahn ha consistido en el desarrollo del concepto de estructura ahuecada, que permite disponer en los espacios sirvientes todo el andamiaje resistente para liberar las unidades funcionales estereotómicas, planteando sus nexos a través de una estructura tectónica de barras.

Al mismo tiempo, esta desvinculación de la transferencia directa de cargas que aparece con la estructura ahuecada, permite asociarse con lo sustractivo a partir de un volumen unitario. De ese modo se ha identificado en la torre de Filadelfia con lo cual, las estrategias compositivas que parten de adición de unidades volumétricas, como el reconocimiento de esas unidades a partir de un volumen sustraído, vuelven a entremezclarse como dos alternativas válidas de generación formal. La consideración de estos últimos aspectos permite justificar la disparidad en cuanto a la selección de los casos de estudio y la posibilidad de ampliar el abanico de alternativas posibles de ser analizadas bajo la lógica de unidades compositivas y estructurales apiladas, sin que originalmente hayan sido pensados de esa manera. Esto se logra incorporando casos que no responden específicamente a un apilamiento directo y explícito formalmente, sino que responden a una lógica de unidades sustraídas de un prisma unitario basadas en apilamientos indirectos, es decir a unidades que no descargan unas sobre otras, sino que lo hacen a través de una estructura primaria contenedora.

El ampliación del Museo de Arte Contemporáneo de Quebec, Canadá, parte de un apilamiento directo y explícito desde lo aditivo; la biblioteca de Seattle, EE.UU, se puede entender como un apilamiento indirecto que parte tanto de una lógica de adición de volúmenes como de unidades sustraídas de un volumen unitario, mientras que el teatro Dee & Charles Wylys de Dallas, también en EE.UU, parte

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

directamente de un apilamiento indirecto generado desde lo sustractivo. Independientemente de esa disparidad y ambigüedad de su lectura, en todos ellos lo que se reconocerá, dentro de las lógicas estructurales que van a ser individualizadas luego de un minucioso relevamiento planimétrico, son los recursos estructurales directos o indirectos capaces de generar los mecanismos resistentes necesarios para englobar los tres casos dentro de la estrategia de apilamiento, por más que visualmente no lo sean y ni siquiera el autor los haya pensado de esa manera.

3.1 Posibles configuraciones estructurales basadas en apilamientos

La interpretación del texto de Cardellach más operacional a nuestro trabajo se refiere al no reconocimiento de formas estructurales previamente establecidas, sino que las mismas van surgiendo a partir de principios cohesivos básicos. A partir de estos principios, se pueden ir disponiendo entidades constructivas elementales y a través de su manera de vincularlos -su constructividad-, poder generar por adición entidades formales mayores. Aquí un poco se encuentra la justificación del porque Cardellach no introduce ningún esquema o dibujo que represente sus ideas, quedando éstas completamente abiertas a variadas interpretaciones. A partir de estas consideraciones, la intención es poder plantear posibles configuraciones estructurales de orden espacial que en cierta manera se comporten como traducciones gráficas de todas sus ideas reunidas.

Alfonso Corona Martínez ha planteado la subsistencia en la actualidad de dos maneras casi antagónicas de componer espacios arquitectónicos: la composición sustractiva heredada del viejo academicismo, continuada luego en parte por la arquitectura moderna y la composición aditiva emparentada con los

requerimientos de orden funcional.¹ En el primero, la forma prevalece a la función; mientras que en el segundo, la función prevalece respecto de la forma.

Lo particularmente interesante que plantea el autor es la búsqueda de posiciones intermedias entre ambas, pudiéndose darse una combinación de partes resueltas sustractivamente que se organizan en un todo aditivo o también, de partes aditivas que se organizan en un contenedor sustractivo.² A través de la reducción del problema compositivo en los conceptos de sustracción y adición de unidades modulares y su posibilidad de combinación, el próximo paso será el ir analizando cómo estas dos operaciones básicas se pueden entrelazar con los principios enunciados por Cardellach.

El concepto de partida que se propone entonces es diametralmente opuesto al que usualmente se desarrollan a modo de presentación las tipologías y sistemas estructurales, que en general se muestran como un repertorio acotado de opciones. Según Enrico Tedeschi, la forma arquitectónica se percibe según tres esquemas: el espacio, la plástica y la escala³. El espacio es el carácter formal del volumen atmosférico físico delimitado por elementos contruidos: paredes, pisos y techos. La plástica trata acerca del carácter formal de dichos elementos y que se ofrecen al espectador como elementos pictóricos o es-

¹ CORONA MARTÍNEZ, Alfonso. La composición en la 2ª mitad del siglo XX. *Summa* + (70): 98, 2005. Rafael Moneo también plantea esta dualidad en un artículo en la revista *Arquitectura Viva* y las denomina como formas fragmentadas y formas compactas. Ver: MONEO, Rafael. Paradigmas fin de siglo. Los noventa: Entre la fragmentación y la compacidad. *Arquitectura Viva* (66): 17-24, 1999.

² Del mismo modo, tal como vimos, Gottfried Semper planteaba las posibles combinaciones entre la construcción basada en la estereotomía –que se puede asimilar con la manera de componer sustractiva– y la tectónica, que corresponde al modo aditivo. Es necesario aclarar que Semper utilizaba estos términos en su función netamente constructiva de vinculación de partes y no como lo planteamos aquí como estrategias compositivas. Hemos visto también que estos modos de disponer las unidades compositivas han aflorado en Kahn a partir de sus experimentaciones en el proyecto de Filadelfia.

³ TEDESCHI, Enrico. Teoría de la arquitectura. 3ª. ed., Buenos Aires: Nueva visión, 1977. pp. 208- 209.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

cultóricos, según prevalezca en ellos el valor de la línea y de la superficie o el valor del volumen. Le Corbusier en sus tres advertencias a los arquitectos se refiere al volumen y a la superficie, expresados a través de formas simples, como los elementos por los cuales se manifiesta la arquitectura:

Nuestros ojos están hechos para ver las formas bajo la luz.
Las formas primarias son las formas bellas puesto que se leen con claridad.
Los arquitectos de hoy ya no realizan las formas simples.
Guiándose por el cálculo, los ingenieros utilizan las formas geométricas, satisfacen nuestros ojos mediante la geometría y nuestro espíritu mediante la matemática; sus obras marchan por el camino del gran arte.⁴

Estos volúmenes son revelados plásticamente bajo el ámbito de las formas simples y puras, –y por sí mismas bellas como las denomina el autor– que son las formas primarias platónicas. La superficie, como envoltura del volumen, es la que debe acusar dicha sensación y utiliza la geometría como factor que le brinde consistencia.

Un volumen está envuelto por una superficie, una superficie que está dividida según las directrices y generatrices del volumen, que acusan la individualidad de ese volumen.
Hoy los arquitectos temen los constituyentes geométricos de las superficies.
Los grandes problemas de la construcción moderna tienen que ser solucionados mediante la geometría.
Sometidos a las estrictas obligaciones de un programa imperativo, los ingenieros emplean las generatrices y las acusatrices de las formas. Crean realidades plásticas, límpidas e impresionantes.⁵

⁴ LE CORBUSIER. Hacia una arquitectura. 1ª. ed. Buenos Aires: Poseidón, 1965. p. 13.

⁵ LE CORBUSIER: Ibid. p. 23.

ESTRATEGIAS COMPOSITIVAS Y ESTRUCTURALES BASADAS EN LA IDEA DE UNIDADES ESPACIALES APILADAS

En función de lo anteriormente expresado, podemos comenzar con la exploración de nuevas configuraciones estructurales. Estas se deberían exponer sobre módulos espaciales básicos, lineales, superficiales o volumétricos, o sea que los mismos permitan su generación a partir de la consideración de un volumen inicial auto-portante, que posteriormente a través del cambio de parámetros, -de escala, proporción, cantidad de plantas y/o altura y de sistemas estructurales y materiales- puedan servir de disparador de posibles alternativas combinatorias. Estas combinaciones, por tanto, permiten considerar en general casi todas las formas arquitectónicas reconocibles en la actualidad y, lo que es más importante, no suprimir en absoluto ninguna alternativa distinta o complementaria que puede ser planteada en función de la propia creatividad del proyectista.

El punto de partida que se plantea sería pues el módulo auto-portante inicial, ya no aquella unidad mínima que en forma de mampuestos generaba por cohesión una unidad mayor, sino considerado como una unidad compositiva, una célula hueca en donde se pueda alojar un determinado tipo de función. Siguiendo el razonamiento de la construcción estereotómica, la unidad básica sería entonces la pieza maciza que permite asimilarse con un elemento que conserve sus propiedades estructurales. (Figura 111) La cohesión que posee esa pieza interpretada como una unidad elemental espacial lo podemos lograr básicamente de tres maneras posibles en escalas muchos mayores, a partir de la sustracción o ahuecamiento de masa hasta llegar a lo mínimo imprescindible para generar espacios habitables en su interior.⁶ En la primera posibilidad, conformando una unidad del tipo celular, o sea subdividiendo la masa en planos unitarios vinculados entre sí de manera similar a lo que ocurrió con la aparición del ladrillo hueco (Figura 111 b); en la segunda, conformando una celosía del tipo reticular con puntales

⁶ En este sentido, el proceso que describimos tiene su similitud con el desarrollado por Steffen Huth acerca de los posibles tipos de sistemas estáticos para materializar las células tridimensionales, aunque en aquel caso no se hayan considerado los sistemas de plano estructural continuo como las grandes vigas reticuladas o las de marco rígido -Vierendeel-.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

comprimidos y barras traccionadas; (Figura 111 c) en la tercera, generando una estructura del tipo “Vierendeel”, cuya gran rigidez es en cierta forma resultado de una combinación efectiva de las dos primeras. (Figura 111 d)

Una vez logrado el monolitismo de la pieza, o sea una unidad cohesiva autónoma auto-portante con gran capacidad de resistir cualquiera de los esfuerzos que se pueden producir en una estructura, podemos interpretar el problema de manera inversa. Esto significa que por sustracción de volumen material o de elementos unitarios lineales, según sea el caso, podemos llegar en cierta forma al límite de sus exigencias de rigidez y resistencia, o sea del mínimo material necesario para conformar una “estructura de huecos”, que se emparentan a su vez con las estructuras celulares de los organismos.

La importancia de dotar a los sistemas estereotómicos de capacidad tensional queda establecida a través de la inserción de miembros tensiles como son los sistemas tendinosos, los cuales permiten lograr una continuidad constructiva y estructural a este conjunto de piezas que en un principio aparecen desarticuladas e inestables. Cuando aquellas piezas se intentan disponer en posiciones superpuestas y se alejan de su verticalidad van conformando unidades en saledizo de reacción vertical. Para mantener la compresión en todas sus juntas y la cohesión de todos los elementos primarios se necesita desarrollar sistemas combinados de cohesión por compresión y los tendinosos adheridos, aparentes o por ligamento que permitan, por su trabajo a tracción, mantener la homogeneidad de la masa.

En la figura 112 vemos cómo se puede generar un apilamiento sencillo a partir de la interpretación e inversión de las interacciones entre piezas individuales que conforman un sistema cohesivo como la mampostería. En la figura 113 se muestra la traducción gráfica de las ideas de Cardellach para resolver

sistemas en saledizos, con la solución de tendones por ligamento o adheridos. Podemos notar en la figura 112, que la compresión que produce el bloque superior sobre los inferiores tiende a abrir la junta entre los de abajo, al igual de lo que ocurriría con los ladrillos superiores respecto a los inferiores. Si al conjunto lo hacemos trabajar como un elemento flexionado, o sea disponiendo los apoyos hacia los extremos, el concepto no difiere, siendo mucho mayores las exigencias resistentes del elemento, ya que se suma la tracción por flexión. Para evitar estos corrimientos o estiramientos deberíamos recomponer el monolitismo de la masa a través del agregado del tendón aparente o por ligamento.

Reduciendo ahora las posibilidades a la gestación de elementos bidireccionales que conformen planos estructurales, las combinaciones son las mismas que las anteriores. Precisamente aquí es donde se puede entremezclar el pensamiento sustractivo con el aditivo. Los casos de la figura 114 pueden plantearse tanto como una sustracción para conformar un sistema plano como al contrario, partiendo de las características básicas del sistema cohesivo aditivo, dando como resultado el mismo elemento final.

La técnica del empilage permite una gran variedad de alternativas de superposición de dichas unidades, con lo cual a nivel bi-direccional podemos generar planos estructurales por este principio de apilamiento, vinculados y rigidizados entre sí por alguno de estos tendones según el material que se trate. Las alternativas de combinación en relación a las necesidades funcionales hacen ampliar las posibilidades a un número mucho mayor. Si estos planos se conforman de una manera espacial, es decir como si se tratase de una gran viga de sección hueca, pasaríamos a conformar unidades autónomas tridimensionales con alternativas de yuxtaposición mucho más grandes todavía, es decir, una unidad pensada sustractivamente que se agrupa con sentido aditivo. (Figura 115)

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

111

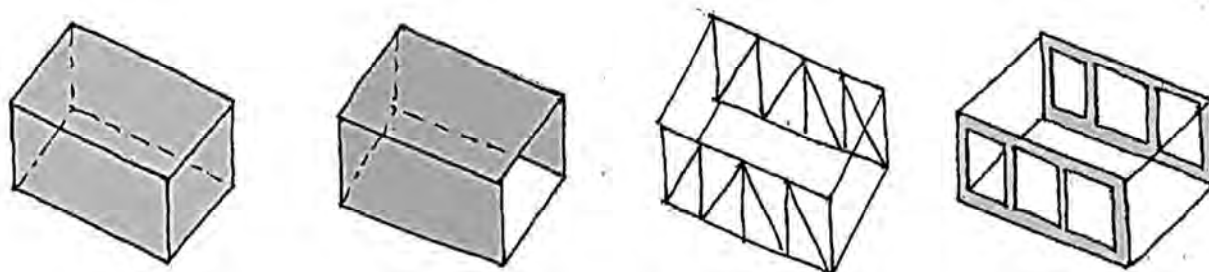


Figura 111. De la unidad maciza elemental (a) hasta el ahuecamiento por planos unitarios macizos (b), por planos unitarios resueltos como celosías trianguladas (c) ó por planos unitarios resueltos como marcos rígidos. (d)

112

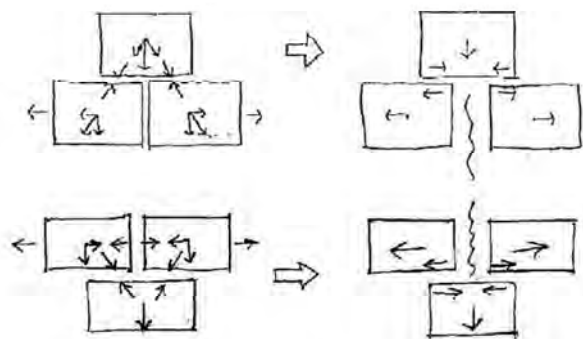


Figura 112. El apilamiento es generado a partir del sistema cohesivo de la mampostería, indicando las interacciones entre unidades.

113

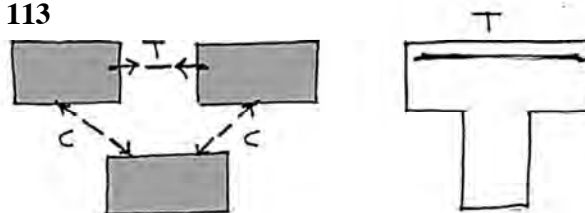


Figura 113. El apilamiento interpretado como piezas individuales unidas por tendones y puntales, (a) o como pieza monolítica adherida con tendones. b)

ESTRATEGIAS COMPOSITIVAS Y ESTRUCTURALES BASADAS EN LA IDEA DE UNIDADES ESPACIALES APILADAS

Si estos elementos unitarios, que por sucesivos apilamientos van conformando una estructura completa, en vez de ser elementos lineales macizos relativamente pequeños, pasan a ser ya unidades que pueden albergar por su tamaño alguna función y que estructuralmente sea auto-portante, –es decir que en cualquier posición en el espacio posea indeformabilidad– podemos hablar ya de empilages tridimensionales más sofisticados. En algunas configuraciones, la función del tendón la puede cumplir el mismo forjado de piso, con lo cual éste cumple una doble tarea, como placa flexionada horizontal y como diafragma para mantener la estabilidad y rigidez del conjunto, optimizando de esta manera su función estructural. (Figura 116)

Si quisiéramos separar las unidades de manera que el apilamiento ya no sea directo, deberíamos mantener en principio este monolitismo por alguna de las tres combinaciones anteriores. Logrado esto, debemos recomponer el conjunto a través de elementos lineales que funcionen algunos como puntales a compresión y otros como verdaderos tendones por ligamento a la manera de los esqueletos de los vertebrados. (Figura 117) Las alternativas de combinación de estas unidades, ya a nivel tridimensional, son ilimitadas.

114

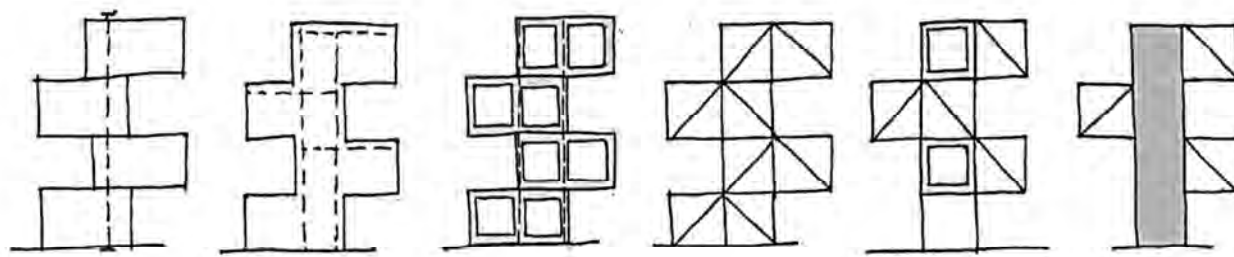
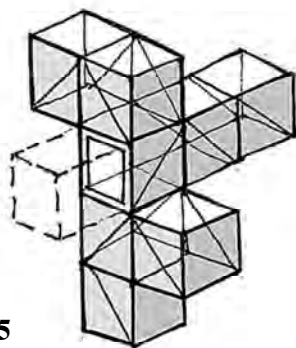


Figura 114. Sistema cohesivo por disposición de tendón adherido por postesado. (a). Sistema cohesivo monolítico con tendones adheridos. (b). Sistema cohesivo alivianado conformado por marcos rígidos. (c). Sistema cohesivo alivianado conformado como celosías. (d) Sistemas cohesivo mixtos, conformado por celosías y marco rígido (e) ó plano macizo y celosías. (f).

115



117

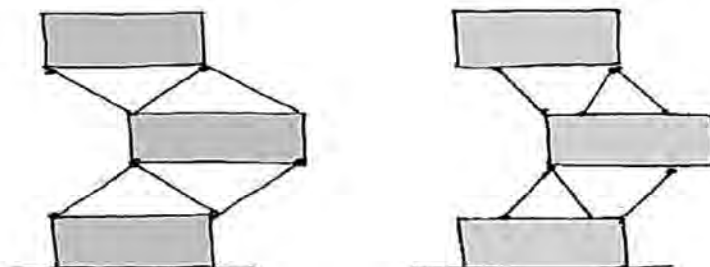


Figura 115. Apilamiento de unidades tridimensionales auto-portantes en dos direcciones, con combinaciones de celosías y marcos rígidos.

Figura 116. Estabilización de una unidad monolítica: por empotramiento en su base (a); por vinculación a otro bloque rígido, con tendones por ligamento o aparentes (b); por tendones adheridos en la misma placa horizontal. (c)

116

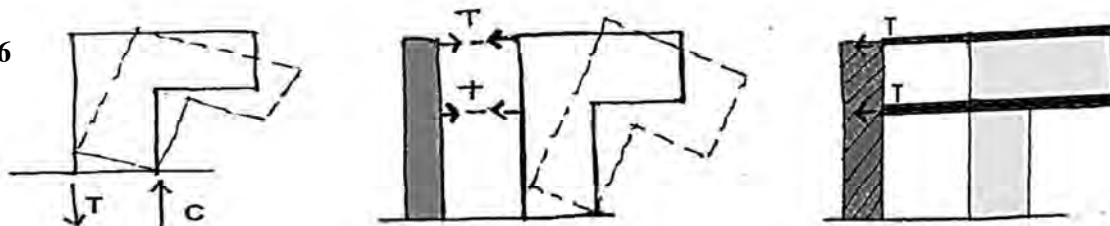


Figura 117. Unidades bi o tri-dimensionales vinculadas entre sí por tendones y puntales, conformando una triangulación completa (a) o parcial, (b) pudiendo disponer libremente los vínculos.

3.2 Aplicaciones en tres proyectos de la obra de Rem Koolhaas

Si en primer capítulo se ha afirmado que la estructura estática debería operar entre los niveles de forma abstracta y concreta, la estrategia compositiva del apilamiento, entendida como la disposición de unidades espaciales elementales superpuestas en altura, aparece como una opción factible de ser considerada al actuar al mismo tiempo tanto en el nivel abstracto como en el concreto de la forma arquitectónica. En el nivel abstracto, la forma estructural queda implícita a partir de la consideración de unidades estructurales básicas definidas a través de prismas geométricos simples que contienen las unidades funcionales compositivas. Luego, en el nivel concreto, se materializan a través de alguno de los sistemas que hemos ido enunciando anteriormente y de los cuales hemos practicado algunas configuraciones posibles, con un mayor o menor grado de relación con la estructuración estética.

Si atendemos a los planteamientos reconocidos en Wright, el aspecto de los prismas abstractos, al iniciarse el proceso de ruptura de la caja arquitectónica -tal como pueden entenderse estos prismas básicos-, puede variar hacia otras configuraciones que muy poco conservan de la imagen inicial, aunque esto no signifique que el germen de dicha forma inicial no pueda seguir operando dentro de la forma final. Dicho en otras palabras, al inicio del proceso proyectual, la lectura como apilamiento en el nivel abstracto de la forma puede llevarnos a plantear una igualdad entre la estructura técnica -considerando dentro de ella la estructura estática- y la estructura estética. En el nivel de la forma concreta, esta percepción como forma estructural básica pueda alterarse o directamente desaparecer, cuyo resultado o aspecto final puede presentarse como una separación entre la estructura técnica y estética. No es excluyente entonces que las unidades sean apiladas explícitamente, sino unidades que pueden ser compositivas y auto-portantes, sin que esto signifique que la estructura estática determine su forma concreta.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Este cambio de percepción de la estructura estática, según se trate de la forma abstracta o la concreta, es la que permite entonces que la forma estructural, entendida a través de los apilamientos, pueda operar en ambos niveles de la forma a la vez. Esta doble lectura de la estructura resistente es el gran aporte que puede brindar la técnica del apilamiento reinterpretada en clave moderna: dejar sin efecto el problema acerca de la cuestión de la estructura, que ha quedado reducida actualmente a la discusión de que si la misma debe situarse antes o después del proceso generativo de la forma arquitectónica y si debe o no ser determinante en su configuración como tal.

Es en este punto donde se abre un abanico mucho más amplio de casos que pueden ser incluidos dentro de composiciones espaciales considerando funciones apiladas, ya que no se trata solamente –aquí incorporamos los aportes teóricos que hemos enunciado también con Cardellach y Kahn- de apilamientos técnicamente directos sino de apilamientos que pueden interpretarse del mismo modo como indirectos, sin que por ello –y esto ha sido también una gran limitación-, la estructura deba plantearse en directa relación con el orden visual. Podemos entonces distinguir casos que permiten reconocerse como apilamientos de funciones, considerando unidades espaciales auto-portantes estructuralmente vinculadas de manera indirecta, sin que el diseñador originalmente lo haya pensado necesariamente como tal, sino como una estructura independiente del tipo convencional deformada, tal como vimos en muchos de los casos analizados en este trabajo.

En este sentido, el arquitecto Rem Koolhaas junto con la Office Metropolitan Architecture ha sido quizás el máximo exponente a nivel mundial en relación a la cantidad de obras ejecutadas que se pueden englobar dentro de las estrategias de apilamientos de módulos estructurales auto-portantes. En tres de estos proyectos es en donde vamos a poder distinguir los diferentes grados de percepción de la es-



Figura 118. Ampliación del Museo de Bellas Artes de Quebec, Canadá. Concurso 2010. OMA – Rem Koolhaas.



Figura 119. Biblioteca Municipal de Seattle. 1999-2004. OMA – Rem Koolhaas.



Figura 120 Teatro Dee & Charles Wyllys. Dallas 2006- 2009. OMA/REX.

estructura visual respecto de la estructura técnica y en el caso que nos importa, de la estructura estática. Si al concepto de forma definido a partir del reconocimiento de su contorno exterior propuesto por Bacon y ubicado en el nivel concreto de la forma se le incorpora además su estructuración interna que le da sentido, ubicado en un nivel abstracto, podemos reconocer dos posiciones básicas.

En la primera de ellas la forma final remite tanto a la estructura interna como al contorno exterior. Es el caso de la ampliación del Museo de Bellas Artes de Quebec (Figura 118), en donde el apilamiento de orden compositivo es totalmente congruente con el apilamiento de orden estructural, siendo ambos expuestos como formas concordantes. En el museo, el aspecto de la forma abstracta se mantiene casi inalterable dentro de la forma concreta, planteándose de este modo una adecuación entre la estructura estática y la estética, dando como resultado un apilamiento estructural que la evidencia.

Si, en cambio, el contorno exterior de la forma no evidencia su lógica de estructuración interna, nos encontramos en casos que permiten ser interpretados como casos particulares de apilamientos estructurales. En éstos, además de no responder de manera literal al apilamiento, la evidencia de la forma abstracta que surge de especulaciones funcionales basadas en apilamientos, prácticamente no es reconocida en la forma concreta, mostrándose una casi completa disociación entre la estructura estática y la estética. A esta posición se adhieren tanto la Biblioteca Municipal de Seattle (Figura 119) como el teatro Dee & Charles Wyllys en Dallas. (Figura 120) En ambos casos, la mediación de la envolvente exterior impide la lectura de los módulos apilados, con lo cual la estrategia del apilamiento compositivo planteada como forma abstracta inicial queda totalmente anulada en la instancia de la forma final. En el caso de la biblioteca, además, los volúmenes auto-portantes no descargan unos sobre otros sino que

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

lo hacen a través de una estructural secundaria que los vincula, algunos entre sí mismos y otro directamente hacia el suelo. En el teatro, debido a una exigencia funcional que plantea componentes apilados despegados del suelo, el apilamiento estructural no responde a un ordenamiento lógico de transferencia de cargas en vertical, descargando indirectamente hacia una estructura primaria perimetral.

Para ordenar el análisis particular de cada una de las obras y fundamentalmente clarificar las relaciones que se establecen entre los apilamientos compositivos y estructurales, se plantean dos instancias analíticas diferentes. Por un lado, la específicamente arquitectónica, que consiste en identificar las estrategias de composición que surgen de una interpretación particular del programa, como es común en la oficina de arquitectura atendida por Koolhaas. Por otro lado, la específicamente estructural, que consiste fundamentalmente en poder dilucidar como la estrategia compositiva adoptada puede traducirse en una propuesta estructural válida. Para ello, se han generado para cada una de las obras los gráficos y esquemas necesarios por parte del autor de la tesis que sean representativos de esta relación entre composición y estructura.

El proceso de análisis parte entonces de la identificación de las unidades compositivas funcionales y estructuralmente auto-portantes; continúa con la manera de vincularse entre sí con las otras unidades, identificando el recorrido de fuerzas por el continuo de la estructura, hasta llegar a reproducir la propuesta estructural final. Del mismo modo, como complemento de lo anterior, se han representado todos los esquemas estructurales en planta y corte, generadas a partir de la información disponible en diferentes publicaciones de arquitectura, que permite reconocer el diseño específico de la estructura resistente en cuanto a la distribución interna de los elementos que lo conforman.

***Ampliación del museo de Bellas artes
de Quebec, Canadá***
3.2.1

El proyecto de la ampliación del Museo de Bellas Artes de Quebec, Canadá, (caso A) ha sido realizado tras haber ganado la oficina el concurso en 2010. El edificio ha sido proyectado para albergar en él diversas salas. Programáticamente el edificio consta de tres niveles elevados del suelo y dos subsuelos, cubriendo una superficie total de 12.000 metros cuadrados.

Análisis arquitectónico.

En función de los estudios de forma que surgen del análisis minucioso del programa arquitectónico y que definen una forma abstracta inicial, la volumetría se propone a partir de tres cajas apiladas desfasadas entre sí, generando de esta manera la integración urbana buscada que se logra a través del espacio mediador del hall transparente de 14 metros de altura. Esta disposición responde a una idea de que el escalonamiento generado permita que, tanto la ciudad como el parque, una por debajo y uno por arriba, interactúen con el edificio, de manera de integrarlos a través de la masa edificada. (Figura 121)

121

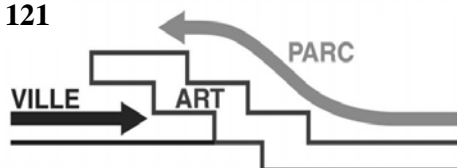


Figura 121. Esquema conceptual que representa como ha sido pensado formalmente el edificio en relación a las presiones exteriores del contexto.

122

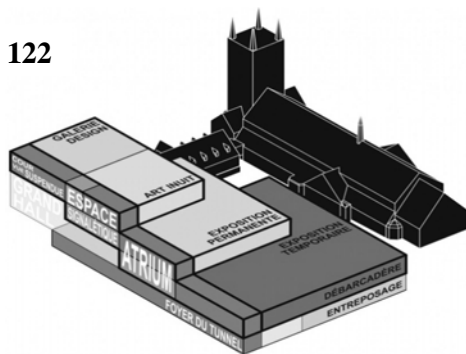


Figura 122. Volumetría general que muestra la composición arquitectónica basada en apilamientos funcionales.

El diseño responde entonces a la idea compositiva basada en apilamientos de volúmenes, concentrándose los requerimientos programáticos en tres bloques funcionales que se definen en relación a los niveles del edificio y que se manifiestan con total claridad al exterior. (Figura 122 y 124) Las tres cajas en las cuales se subdivide formalmente el edificio son congruentes con las subdivisiones funcionales y son apilables, como hemos dicho, siguiendo criterios contextuales.

Los requerimientos programáticos se encuentran concentrados en cuatro bloques funcionales que responden cada uno de ellos con los niveles del edificio: En el subsuelo se ubican, dentro de los espacios principales, el Auditorio, los archivos y el túnel de conexión con el edificio existente; en el primer nivel

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

123

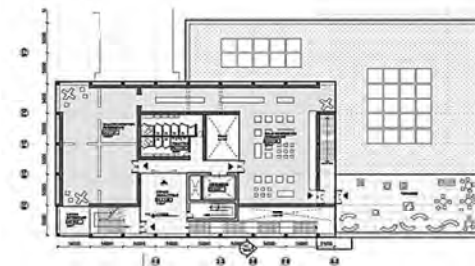
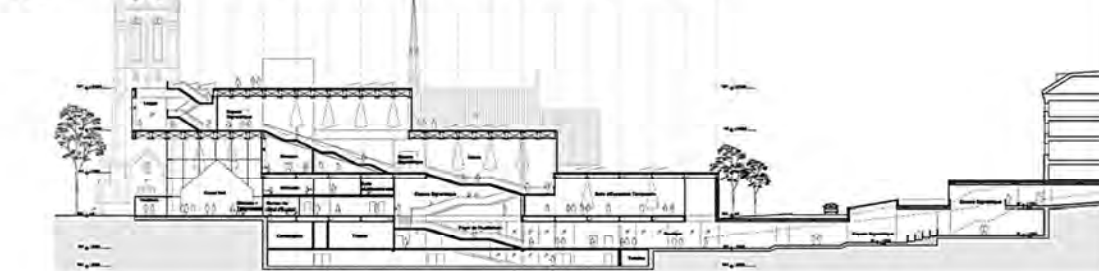
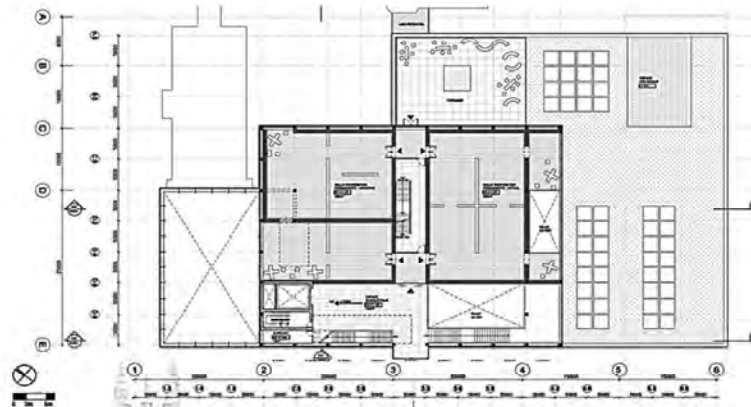
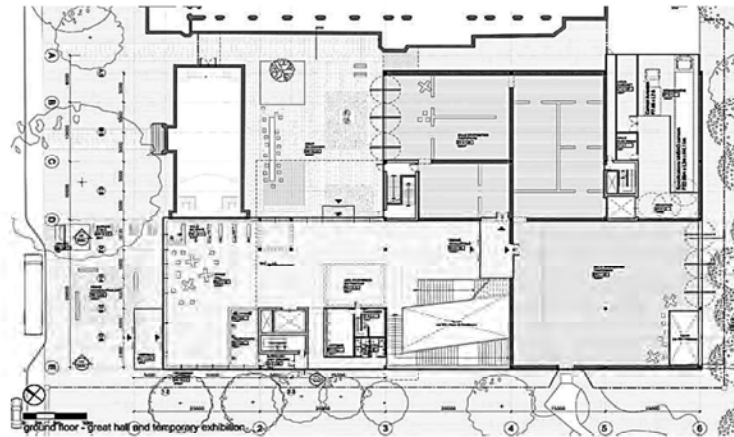
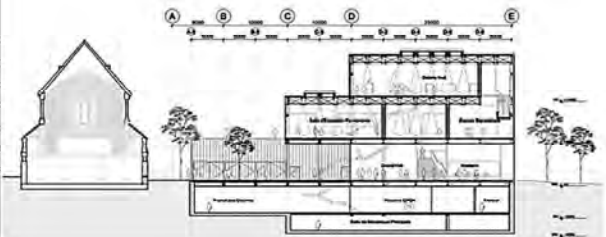


Figura 123. Museo de Bellas Artes de Quebec. OMA – Rem Koolhaas. Plantas niveles 3°, 2° y 1°. Cortes longitudinal y transversal.



124



Figura 115. Museo de Bellas Artes de Quebec: Imagen exterior que muestra como los apilamientos definen a su vez la forma final del edificio.

(Planta Baja) se ubican, además del hall distribuidor de doble altura, las salas de exposiciones temporales; en el segundo nivel (Primer Piso) se alojan las salas de exposiciones permanentes; mientras que en el tercer nivel (Segundo Piso) se aloja las salas de exposiciones del arte autóctono. La estrategia del apilamiento solamente se visualiza a partir del volumen concentrado en la planta baja. (Figura A-1) Esta composición escalonada define también en uno de los laterales todo el sector destinado a la circulación a través de escaleras longitudinales que enlazan los tres niveles programáticos, mientras que la circulación mecánica se sitúa en el interior, siendo la misma no perceptible como bloque compositivo.

Análisis y propuesta estructural

A nivel de la concepción de la estructura resistente se reconoce una inequívoca relación entre las cajas funcionales y su condición estructural auto-portante. Esta situación queda expresada en las figuras de la hoja A-1. En ella se definen primeramente los esquemas en axonometría que indica la ubicación de los volúmenes compositivos con las funciones que alojan y como se relacionan con cada una de las plantas del edificio. En el esquema siguiente se representa la correspondencia de las unidades compositivas con el sistema estructural auto-portante planteado para cada uno de ellos. Se define la envoltura de dichas cajas como planos estructurales abstractos, situación que se produce en los dos niveles superiores, siendo la planta baja resuelta con una estructura convencional de vigas y columnas.

Respecto de la vinculación entre cada uno de los volúmenes se representa en la primera figura de la hoja A-2 la manera en que se producen dicha conexiones y la transferencia de cargas entre ellos hasta llegar al suelo. Cada uno de estos planos apoya de manera directa sobre otros ubicados en el nivel in-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ferior de manera que las cargas se transfieran directamente hacia una serie de columnas independientes ubicadas en el nivel 1. En el dibujo de la derecha se identifican los planos portantes que delimitan cada caja y su vinculación espacial respecto de las inferiores. Dos de los tres planos portantes en que se puede descomponer el bloque superior, que en este caso se corresponden a los dos paralelos entre sí, sirven para apilar el volumen sobre el inferior. Como el desfase de los volúmenes se da también en horizontal uno de los planos descarga indirectamente sobre el transversal inferior, mientras que el otro apoya directamente en voladizo sobre uno de los planos portantes del bloque inferior. Respecto del bloque inmediato inferior, los tres planos portantes identificados apoyan directamente en las columnas que definen parte del contorno del bloque inferior de planta baja.

Debido al gran desfase en horizontal entre estas cajas que tiende hacia la inestabilidad del bloque estructural, se requiere también de una estructura adicional que los mantenga unidos e impida que los bloques superiores puedan volcarse, además de girar, respecto de los inferiores. Estos elementos adicionales que se muestran en el borde inferior derecho de la hoja están conformados por dos disposiciones complementarias. La primera de ellas la brinda una serie de columnas que, según el estado de cargas, pueden trabajar a su vez como tensores impidiendo el vuelco. La segunda, que queda definida por la identificación de un nuevo mecanismo estructural interior que delimita la circulación vertical mecánica. Esta puede ser interpretada como un bloque espacial contenido estructuralmente por cuatro planos portantes que, trabajando a torsión permite, además de vincular las tres cajas compositivas, soportar el vuelco del conjunto.

Una vez identificada la concepción general de la estructura, la cuestión próxima a considerar se refiere solamente al diseño particular de los elementos estructurales que permiten ser identificados a partir de

125

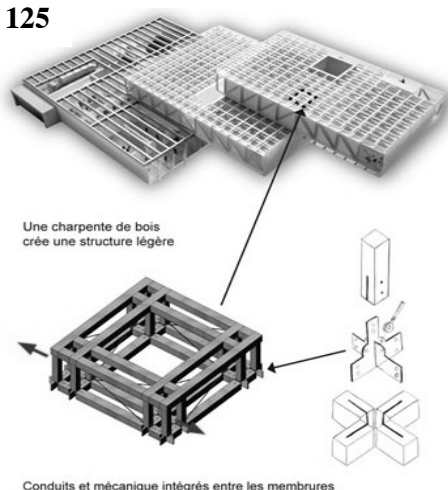


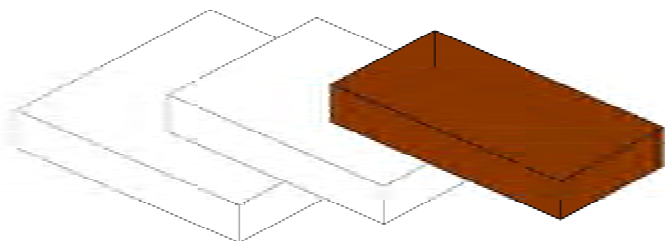
Figura 125. Imagen que representa la resolución interna de los forjados en forma de un entramado de doble capa, compuestos por elementos de madera y detalle del módulo completo y su armado.

aquellos planos portantes. En la figura de la hoja A-3 se representa en axonometría la resolución estructural completa que muestra la conformación interna de los planos portantes. Evidentemente ha existido la necesidad de que estos planos sean lo suficiente permeables tanto al exterior como al interior del edificio y de esta manera la solución estructural no se convierta más en un impedimento que un posibilitante de que las cuestiones arquitectónicas sean expresadas al máximo. Esto se logra a partir de resolver materialmente estos planos como cerchas metálicas que cubren toda la altura del nivel correspondiente. La caja central rigidizadora también queda conformada por una estructura triangulada, al igual que las columnas que trasladan la carga de las cajas hacia el terreno. En las imágenes exteriores del proyecto se evidencia con total claridad la disposición de las cerchas metálicas dentro del conjunto que definen, a su vez, su imagen expresiva.

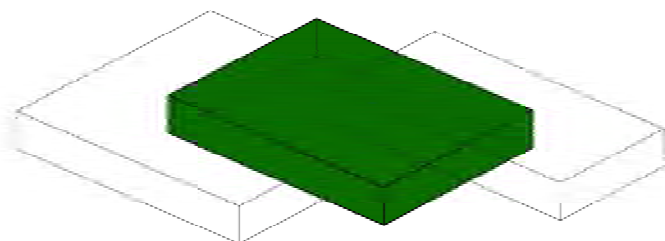
Podemos culminar diciendo que en el museo se produce una total congruencia entre los aspectos expresivos de la forma arquitectónica respecto de los aspectos estáticos que brinda la forma estructural. Esto permite integrar claramente el concepto de apilamiento compositivo con el apilamiento estructural, el cual es denotado expresamente al exterior a través de la semi-transparencia de las fachadas que deja traslucir los elementos estructurales. Sin embargo, es necesario acotar que al igual de lo ocurrido cuando se analizó la propuesta de Habitat Montreal, no todo el mecanismo estructural queda completado con el simple apilamiento ni queda a su vez evidenciado. En aquel caso, además de la necesidad de conformar estructuras secundarias que ayuden a la estabilidad general, los elementos puntuales de descarga se camuflaban al exterior dentro de los espesores de muros. En el caso de Quebec, al no contemplarse formalmente ni el bloque central rigidizador ni las columnas en las que descargan alguno de los planos estructurales, la comprensión de la solución estructural es parcial e incompleta.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

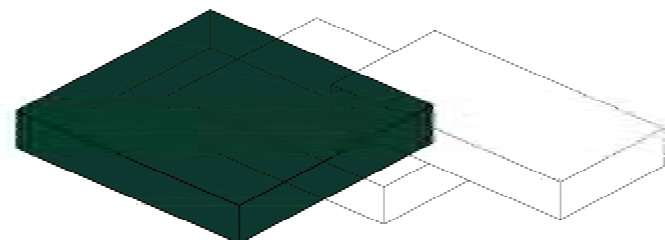
Definición de las unidades funcionales compositivas



Nivel 3: galería de diseño

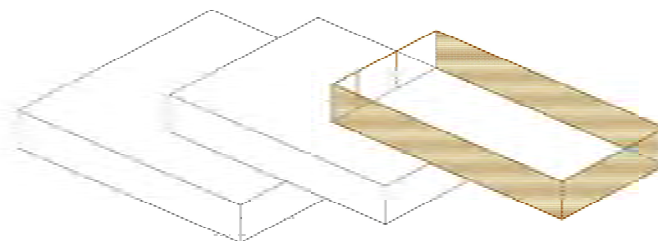


Nivel 2: exposiciones permanentes

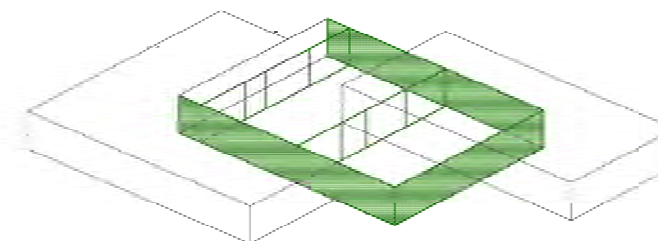


Nivel 1 : exposiciones temporarias

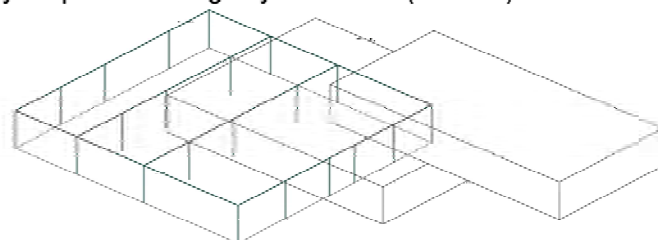
Definición de las unidades funcionales compositivas autoportantes



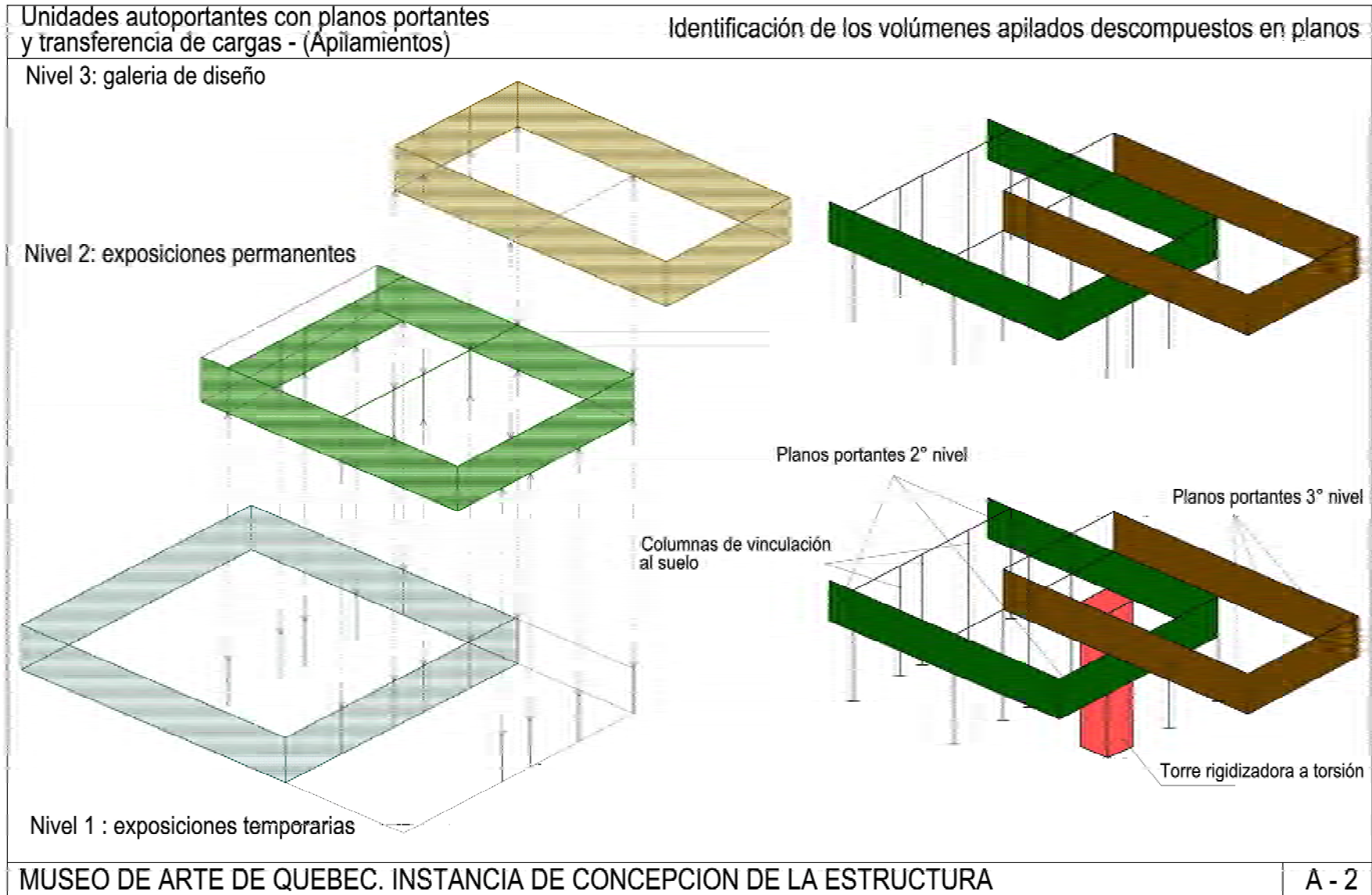
Nivel 3: galería de diseño
Planos portantes: cerchas metálicas perimetrales (3 bordes) y esqueleto de vigas y columnas (1 borde)



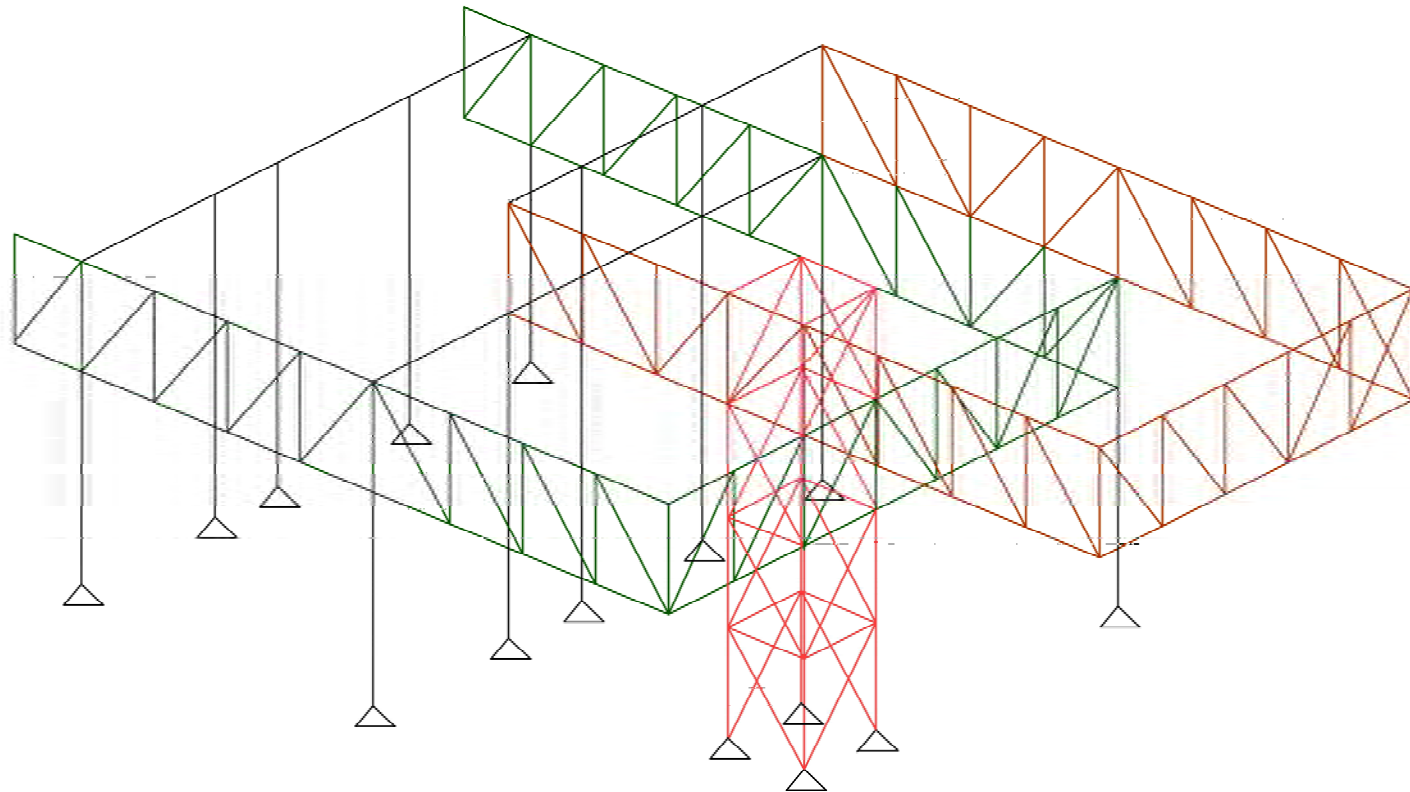
Nivel 2: exposiciones permanentes
Planos portantes: cerchas metálicas perimetrales (3 bordes) y esqueleto de vigas y columnas (1 borde)

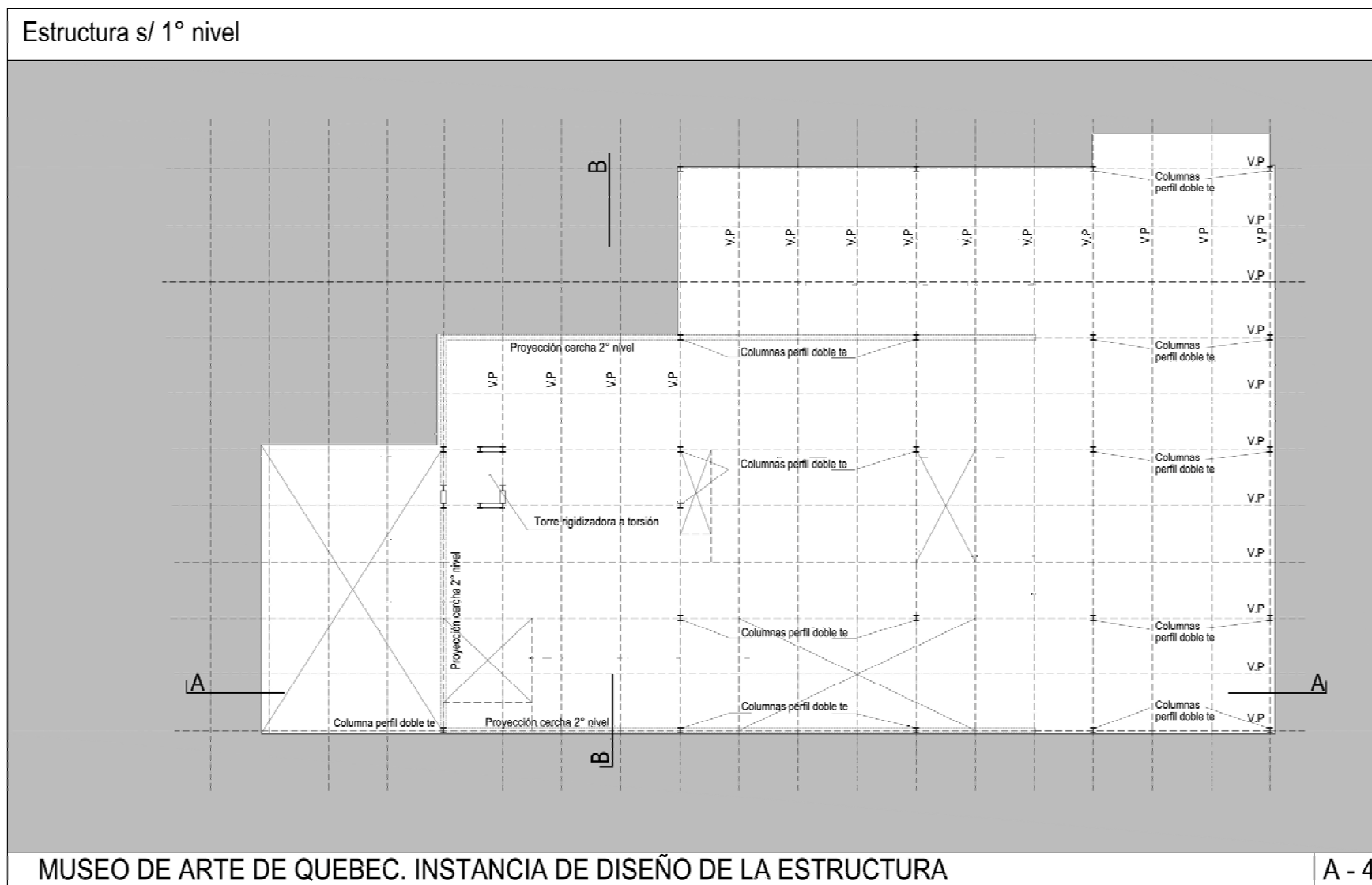


Nivel 1: exposiciones temporarias
Planos portantes: esqueleto de vigas y columnas (4 bordes)

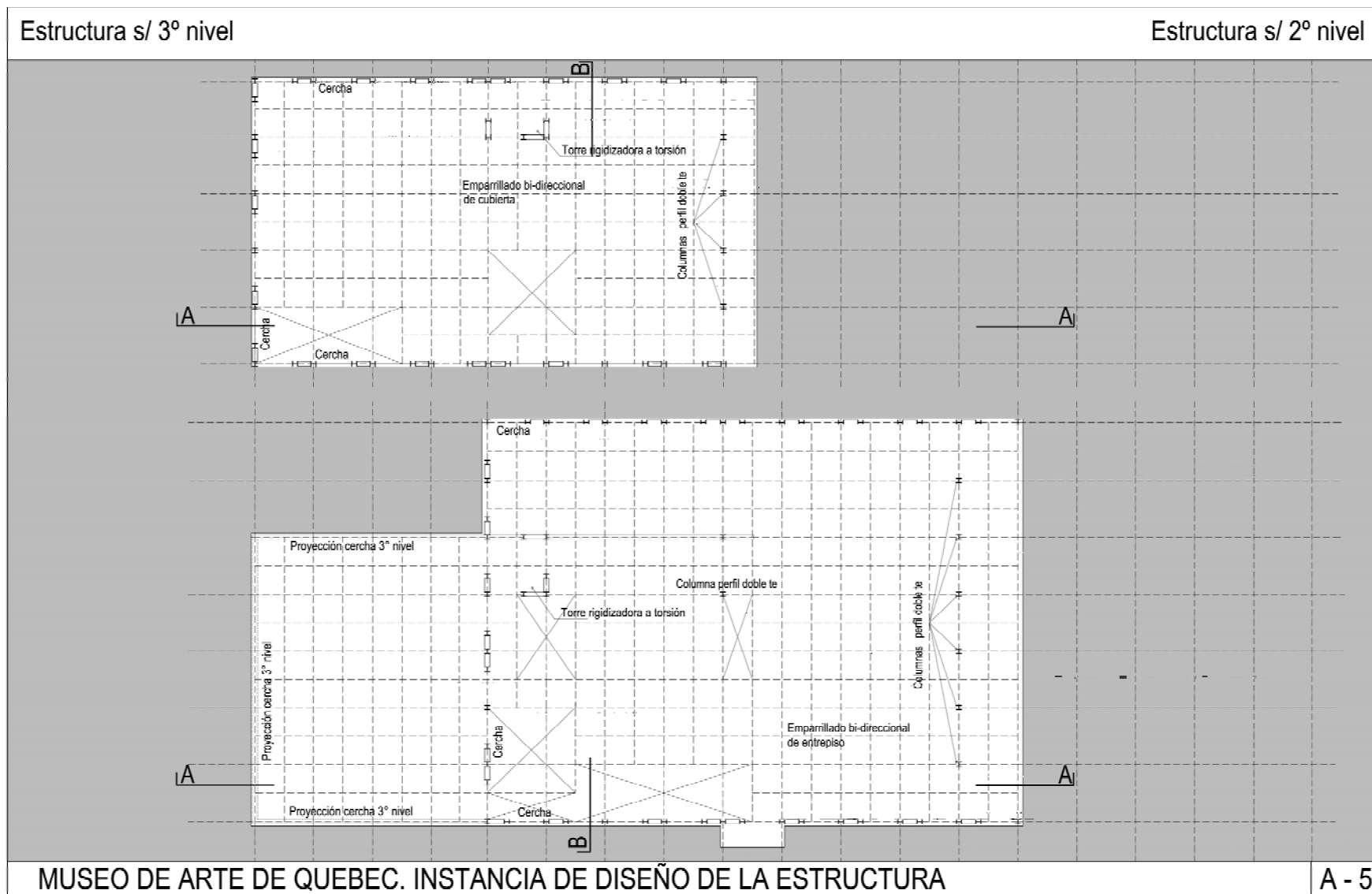


Axonometria de la estructura con resolución de los planos portantes



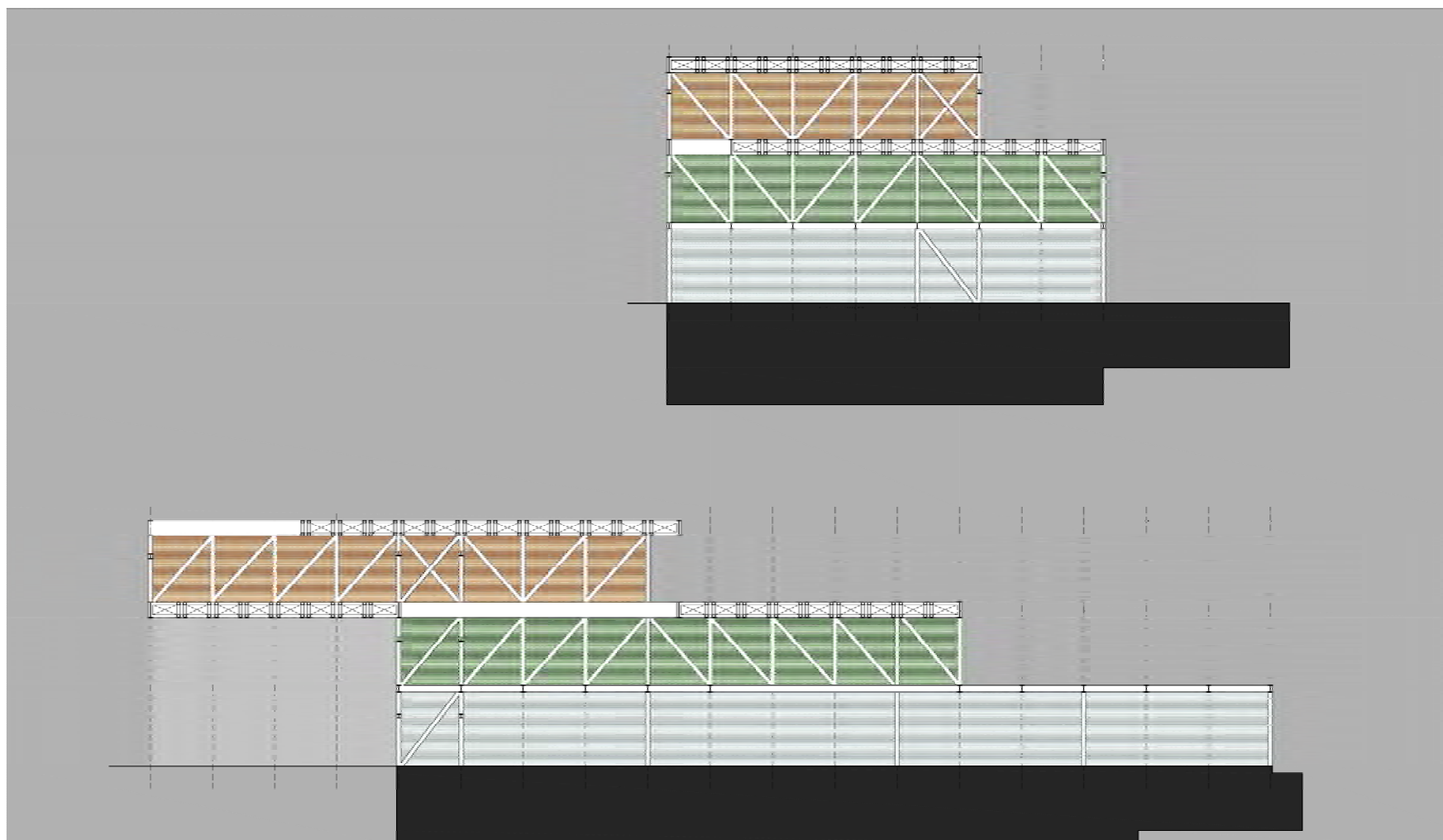


COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA



Corte estructural A-A

Corte estructural B-B



MUSEO DE ARTE DE QUEBEC. INSTANCIA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

A - 6

126



Figura 126. Proyecto del Museo de arte de Quebec. Representaciones desde el exterior y del interior del edificio que muestran la magnitud del hall de ingreso transparente de doble altura, el sistema de conectividad vertical entre niveles, como así la resolución del forjado de piso.

La biblioteca central de Seattle
EE.UU
3.2.2

El edificio de la biblioteca ha sido diseñado por la Office for Metropolitan Architecture a cargo de Rem Koolhaas (OMA) y por Joshua Prince-Ramus, (LMN), entre los años 1999 y 2004 y cubre una superficie de 33.000 m² repartidos en once niveles y un subsuelo. Esta edificación ha tenido un impacto muy importante como un referente urbano en relación a su forma retorcida y su expresividad en cuanto a la tecnología constructiva utilizada, que es denotada mediante la transparencia de su envolvente exterior.

Análisis arquitectónico

En relación a la idea arquitectónica, en líneas generales lo que los autores plantean es una diferenciación de los paquetes funcionales en altura que conforman la biblioteca a partir de su desfase en horizontal. Esta situación surge a partir de un exhausto estudio programático y contextual, de manera de que a partir de estos movimientos, las presiones externas que provienen del sitio relacionen la forma con el entorno urbano. Al mismo tiempo, la intención es que estos desfases en altura, representativos cada uno de ellos de una unidad espacial, no sean totalmente autónomos y diferenciados entre sí, sino que por el contrario, mantengan un cierto grado de conexión entre ellos de manera de lograr una continuidad espacial que atravesase en sección al edificio. Esta continuidad se logra mediante la disposición de espacios intermedios que Koolhaas ha dado en llamar de “flexibilidad compartimentarizada”.

Es importante aclarar que estas “libertades” que se proponen a partir de estos desfases no son meras especulaciones cercanas a caprichos formales de los proyectistas, sino que tiene un sustento emparentado con una lógica formal derivada de aquellos estudios programáticos y contextuales. No en vano Koolhaas comienza siempre contando su obra a partir de gráficos o esquemas funcionales que son los que define a su vez la forma previamente. Debido a eso, todas sus volumetrías resultan controlables

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

geométrica y espacialmente, particularidad que termina convirtiéndose casi en una constante en todo su trabajo.

Las áreas funcionales principales derivadas de este estudio programático y que son representadas por un diagrama de forma al estilo de Kahn, pero en sección, son de abajo hacia arriba: (Figura 127)

- Estacionamiento
- Espacio público de lectura y cafetería, compuesto por un gran atrio.
- Información.
- Colecciones y zona de lectura.
- Administración.

Estos espacios principales, que el autor denomina “de estabilidad programática” se encuentran, dentro del edificio, funcionalmente aislados y separados entre sí a través de otra serie de espacios continuos entre sí -“de inestabilidad programática”-, que son las áreas más públicas del edificio y son las que determinan una continuidad espacial dentro de una compartimentación funcional. (Figura 128)

Dentro de estas unidades programáticas principales, solamente el sector de información en el nivel cuatro, la espiral de libros que ocupa desde el nivel seis al nueve y la administración del nivel once, son los que se expresan como volúmenes independientes a nivel de preforma inicial. (Figura 129)

Las tres unidades principales descritas son las unidades compositivas que se desfazan verticalmente y que posteriormente tendrán un peso importante, aunque no definitivo, dentro de la caracterización de



Figura 127. Diagrama funcional en corte de la biblioteca, indicando la posición espacial de cada uno de los espacios principales de “estabilidad programática” y su modo de vinculación.

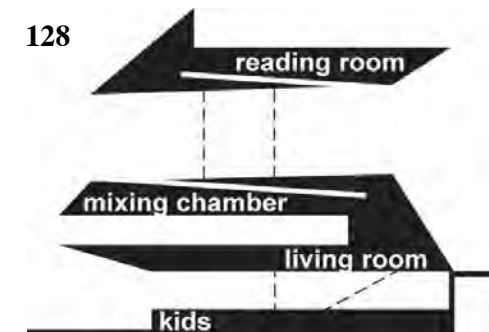


Figura 128. Diagrama funcional de la biblioteca que representa la disposición de los espacios de conexión pública de “inestabilidad programática” a través de los cuales se logra la conectividad espacial del conjunto.

129

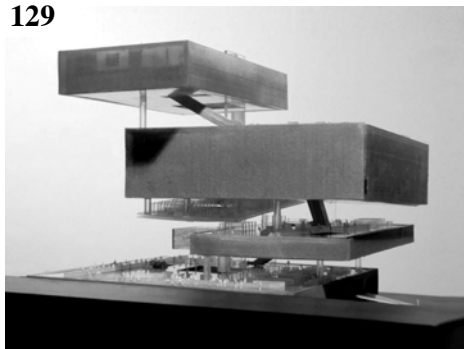


Figura 129. Maqueta esquemática que representa la conformación de las tres unidades compositivas del edificio y que son expresadas como una idea de forma inicial.

la forma final. En la maqueta de la figura se observa el determinismo formal que adquieren estas tres unidades programáticas como estrategia compositiva. En la figura de la izquierda de la hoja B-1 se representan dichas unidades en axonometría según el lugar que ocupan dentro de la silueta exterior del edificio.

En cuanto a la resolución expresiva del conjunto, las tres unidades compositivas básicas quedan incorporadas dentro de una piel continua exterior metálica que copia los contornos que definen aquellas. Este exo-esqueleto, junto a un núcleo de concreto interior que contiene las circulaciones mecánicas, le brinda al edificio la rigidez necesaria a esfuerzos horizontales, ya que el edificio está localizado en un área sísmica catalogada como UBC zona 3, una de las más importantes del país. Esta piel continua exterior deja entrever casi la totalidad del espacio interior que encierra, contradiciendo de cierto modo la imagen de las unidades de estabilidad programática que establecen respecto de las de inestabilidad una relación de opaco-transparente o si se quiere de llenos y vacíos. De este modo, la diversidad espacial en el interior que define el desfase y la separación de las unidades compositivas no se percibe tal como fue planteado en la forma inicial, con lo cual la imagen de las tres unidades compositivas independientes queda anulada en el exterior, que es dominado por la piel continua zigzagueante.

El problema que se presenta posteriormente a nivel estructural surge en como conformar una configuración estructural que responda de manera efectiva a la forma inicial expresada en la imagen. Por lo tanto, la estrategia a considerar debe contemplar, tanto las distintas variaciones de las plataformas compositivas, como la ubicación de los componentes necesarios para vincularlos entre sí hasta llegar al suelo.

130

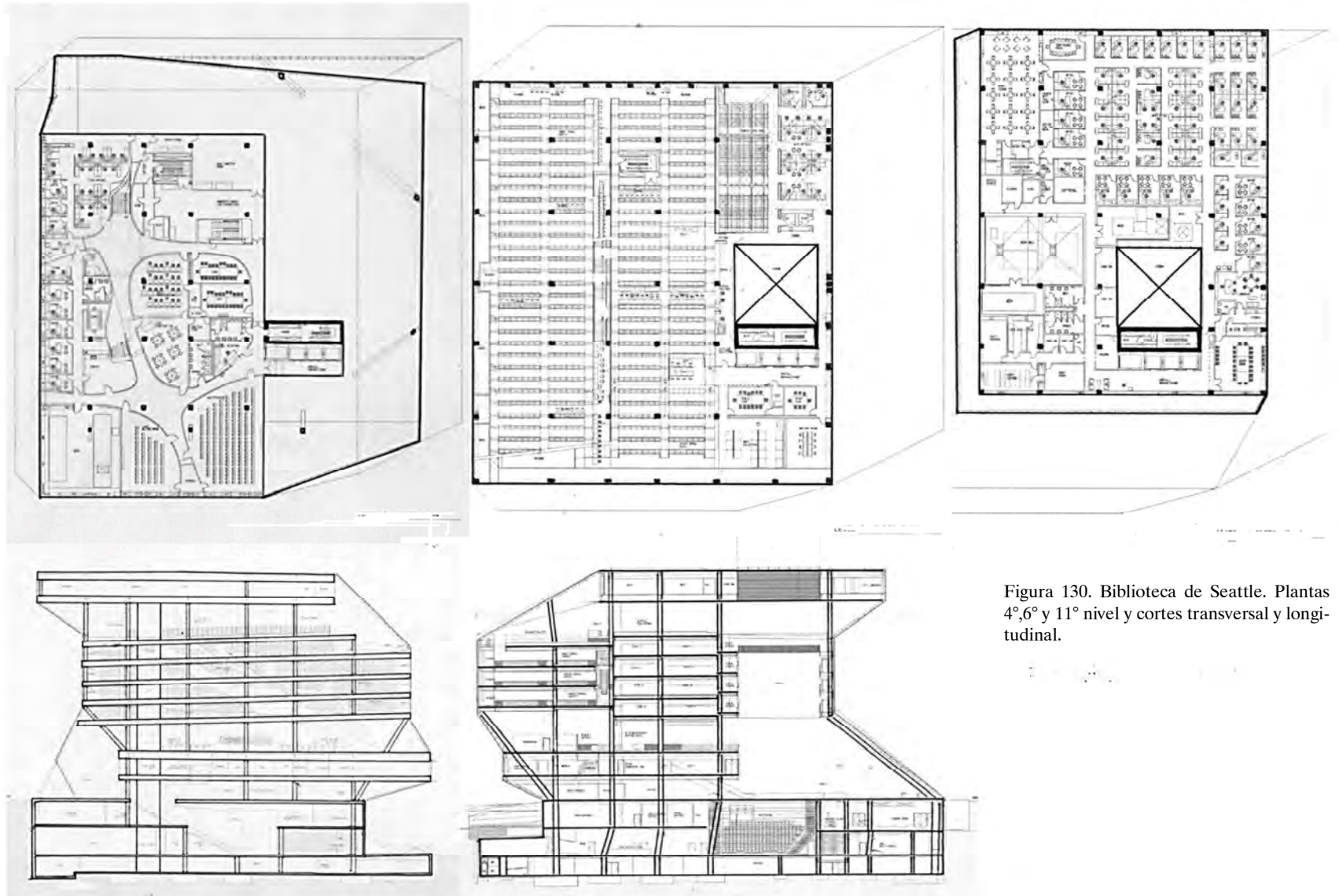


Figura 130. Biblioteca de Seattle. Plantas 4º, 6º y 11º nivel y cortes transversal y longitudinal.

Análisis y propuesta estructural

Según lo visto, la propuesta estructural se encuentra sobre-exigida y condicionada por las pautas formales y funcionales del edificio. El diseñador de la estructura el ingeniero Balmond, al cual ya nos hemos referido anteriormente, comienza por analizar el problema del desfase de los módulos funcionales proponiendo a nivel esquemático, en la etapa de concepción, diferentes aproximaciones al problema de una manera similar a la que se propone como estrategia. De este modo, establece espacialmente los volúmenes considerados y plantea las posibles combinaciones de puntales y tensores para vincular aquellos. (Figura 131) Por un lado, divide el problema en garantizar la transmisión de las cargas gravitatorias al suelo, que se realiza de forma convencional a través de una serie de pilares intermedios que atraviesan cada una de las plataformas, juntamente con unas potentes celosías metálicas laterales de gran altura que transmiten la carga a unos puntales inclinados solidarizados a los pilares verticales. Por otro lado, la estabilidad del conjunto para absorber las acciones horizontales de viento y sismo queda garantizada por la misma piel estructural del edificio, conformado un entramado de barras de acero indeformable que garantizan la transparencia de las fachadas. Estas ocupan todo el perímetro del edificio y son reforzadas localmente en aquellas zonas de mayores exigencias estructurales.

Podemos ver entonces la superposición en una misma configuración de un esqueleto independiente tradicional, que con el fin de ir salvando las irregularidades de la forma, se va complementando con cerchas perimetrales, que en forma de ménsula, transmiten la carga al esqueleto principal a través de puntales inclinados. Además, el entramado rígido que circunda el volumen, superpuesto en varios sectores con las cerchas anteriores, soluciona la inestabilidad lateral del conjunto que se potencia por las

131

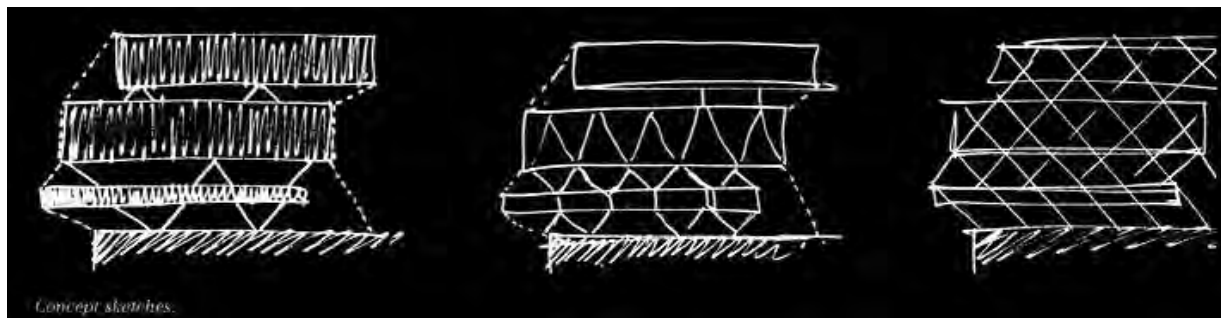


Figura 131. Esquemas conceptuales de posibles propuestas estructurales para la Biblioteca de Seattle realizados por Cecil Balmond. Es notoria la similitud que se establecen con los esquemas desarrollados en el capítulo anterior para la generación de posibles configuraciones estructurales.

132

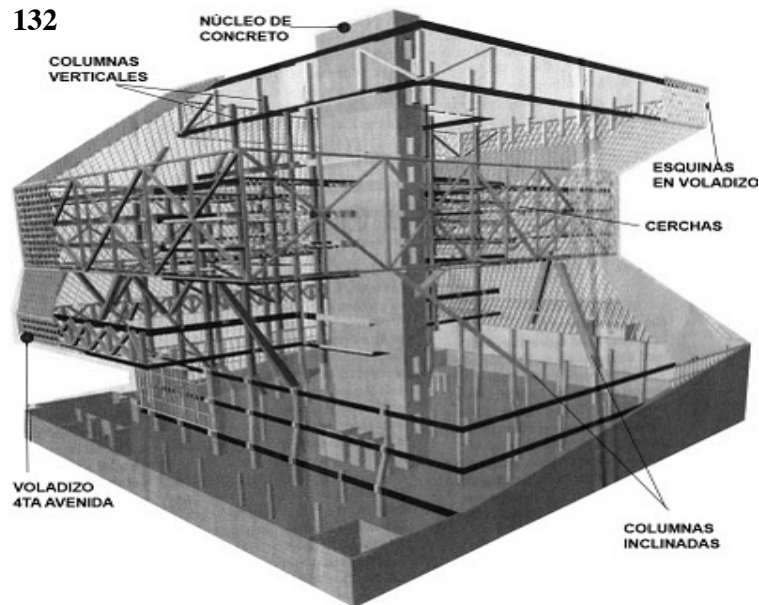


Figura 132. Axonometría en donde se intenta explicar reductivamente la solución estructural planteada, tal como aparece en las principales publicaciones de arquitectura.

características sísmicas de la zona. En la maqueta estructural presentada en publicaciones especializadas, (Figura 132) se muestra la concepción en general, identificando cada uno de los elementos anteriores que componen la sustentación. Sin embargo, al ser una imagen estática tomada desde un único punto de vista, la solución propuesta no es percibida con claridad, siendo entonces parcial e incompleta.

Analizamos ahora la posible lectura en función de pensar la estrategia estructural relacionada a la estrategia compositiva de los módulos funcionales autónomos vinculados entre sí y al suelo. En lo que se refiere a la instancia de concepción de la estructura resistente necesaria para responder a estas especulaciones de orden programático, si observamos detenidamente la maqueta volumétrica que explica la disposición de los espacios de estabilidad programática, podemos notar que ésta expresa de manera fehaciente la utilización de una composición basada en unidades espaciales superpuestas y desfasadas en altura. De este modo, podemos interpretar la solución estructural empleada viéndola desde otra perspectiva totalmente diferente a la de un simple esqueleto de barras. Así, cada uno de estos bloques funcionales autónomos permiten ser tratados al mismo tiempo como un módulo estructural con un grado de abstracción material suficiente para poder ser identificado como planos portantes que delimitan las cajas, debiendo prestar atención únicamente al modo en que éstos se vinculan entre sí de manera de garantizar la adecuada transmisión de la carga en su camino hacia el suelo. En la figura del centro de la hoja B-1 se indica la manera en que se definen espacialmente estos módulos y cómo internamente se resuelven los planos estructurales que coinciden con los límites de dichos espacios.

Comenzando con la descripción de la resolución interna de los planos extremos portantes, desde arriba hacia abajo, el sector de administración se resuelve perimetralmente con un esqueleto convencional de vigas y columnas rigidizadas en los extremos. La espiral de libros, en cambio, se resuelve a partir de

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

cuatro grandes cerchas perimetrales que cubren en altura los cuatro niveles de este sector. El bloque de información se define en dos de sus lados a través de la materialización de cerchas, mientras que en los otros dos bordes el sistema portante de vigas y columnas se recede hacia el centro del módulo de manera de liberar el perímetro que, de esta manera, se abre hacia el espacio interior de gran altura.

A diferencia de los casos del museo y cómo vamos a ver también en el teatro, existen subdivisiones internas que compartimentan el espacio interior, creando para ello una estructura modular interior convencional de vigas y columnas que se suma a la estructura perimetral principal de las unidades compositivas para darle la característica de auto-portante. Este esqueleto interior atraviesa mediante columnas verticales toda la altura del edificio, –salvo algunas desviaciones a nivel estacionamiento que obligan funcionalmente a un traslado lateral - y se convierte en uno de los dos sistemas estructurales principales del edificio junto con la estructura perimetral. En la figura de la derecha de la hoja B-1 se representa en corte la continuidad en vertical del sistema de columnas que llegan hasta el suelo.

En relación a la manera de vincular cada uno de los bloques entre sí a través de una estrategia que permita asimilarse con una idea de apilamiento y trasladar las cargas hacia el terreno, podemos identificar otro sistema estructural adicional dispuesto en cada uno de los niveles de inestabilidad programáticas intermedios a los compositivos principales, tal como ha sido analizado al momento de identificarse posibles nuevas configuraciones basadas en las ideas de Cardellach. En las figuras de las hojas B-2 a B-6 se representa, respecto a las dos secciones principales, la manera en que se definen estos elementos adicionales de conexión y descarga.

El bloque superior es el que más se asimila a una solución convencional, al definirse en el plano inferior

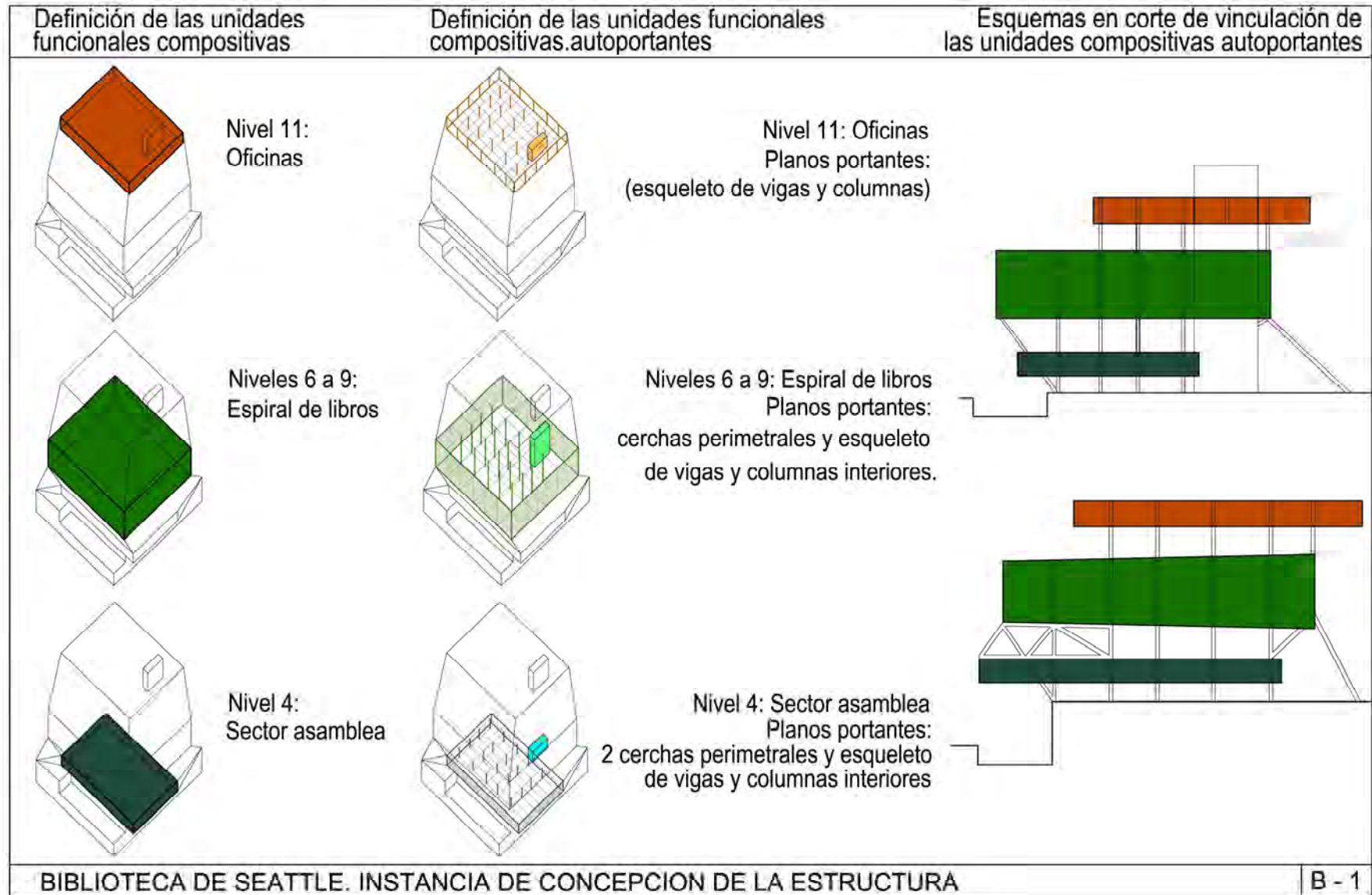
una viga de gran altura que permite receder los apoyos inferiores y absorber las desviaciones de la carga. El bloque intermedio, al poseer gran capacidad resistente, permite ser soportado solamente en puntos aislados –puntales inclinados – y derivados directamente al suelo, en algunos casos a la estructura interior o en otras, al núcleo de hormigón interior rigidizador. Lo más interesante desde el punto de vista del diseño de la estructura ocurre en el bloque inferior de información en relación a como se vincula en dos de sus lados desfasados. En uno de ellos, la disposición de una serie de tensores en diagonal permite colgarlo de cada uno de los puntales inclinados que sostienen el bloque intermedio. Sobre el otro de los lados, el bloque cuelga también de una sucesión de grandes vigas reticuladas que ocupa todo el nivel intermedio que lo separa –y a su vez lo vincula - (quinto nivel) con el bloque de la espiral.

De esta forma, podemos entender la estrategia resistente de edificio a partir de reconocer en la disposición final de la propuesta tres paquetes funcionales. Estos paquetes se pueden asimilar como cajas autoportantes, que en forma de empilage, se conectan entre sí hasta llegar al suelo a través de una combinación de dos sistemas interdependientes. Uno de ellos está dispuesto en el interior y resuelto a partir de un esqueleto convencional de vigas y columnas; el otro, en cierta forma va cociendo y absorbiendo las irregularidades de los contornos exteriores de los tres bloques compositivos principales. Estos últimos se materializan con una serie de puntales y tensores inclinados que reconstruyen, junto con la ayuda de elementos adicionales totalmente expuestos -como la serie de tres cerchas que ocupan el quinto nivel- la continuidad tensional entre los bloques compositivos formalmente separados. Por otro lado, la estabilidad al conjunto se la brindan dos sistemas diferenciados que complementan la solución definitiva de la estructura. Uno de ellos es la caja de hormigón armado que contiene el sistema circulatorio vertical y el otro, consistente en una malla explícita triangular que contiene la forma exterior para soportar adecuadamente las cargas horizontales de viento y sismo.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Es significativamente notoria la similitud entre la propuesta por Koolhaas para vincular los bloques principales de estabilidad programática auto-portantes entre sí, con lo propuesto por Kahn a partir de Filadelfia. Koolhaas traslada el bagaje estructural necesario para vincular dichos bloques –la estructura primaria- hacia los espacios de inestabilidad programática, mientras que Kahn desarrolla el concepto de estructura ahuecada para disponerla en los espacios sirvientes y liberar de este modo los espacios servidos de toda componente estructural. De este modo, la idea desarrollada en Seattle, además de poder comprenderla como volúmenes funcionales siguiendo una lógica aditiva, se puede entender también desde una lógica compositiva basada en una serie de espacios servidos –las unidades de estabilidad programática- sustraídos de un volumen macizo facetado. Estas unidades estereotómicas autónomas sustraídas en el interior de la masa son en realidad los vacíos que surgen de pensar la totalidad del edificio, no como una entidad maciza sino como una gran estructura tectónica espacial ahuecada, donde los espacios sirvientes –las zonas de inestabilidad programática-, son los encargados de vincular las unidades estereotómicas –los vacíos- y trasladar indirectamente las cargas hacia el suelo. (Figura 133)

La biblioteca se convierte entonces es un ejemplo muy claro de un edificio al cual estructuralmente se lo puede entender de distintas maneras. Además de poder interpretarla casi como una estructura mixta, aunque no convencional, en donde predomina la estructura metálica respecto del hormigón armado, la imagen de la maqueta conceptual que muestra la distribución en el espacio de los distintos paquetes funcionales, diferente a la imagen final del edificio, sugiere interpretarla también como una posible variante de apilamiento, aunque éste no se verifique de manera directa en la transmisión de cargas ni quede expresado como tal en la estructura visual del edificio.

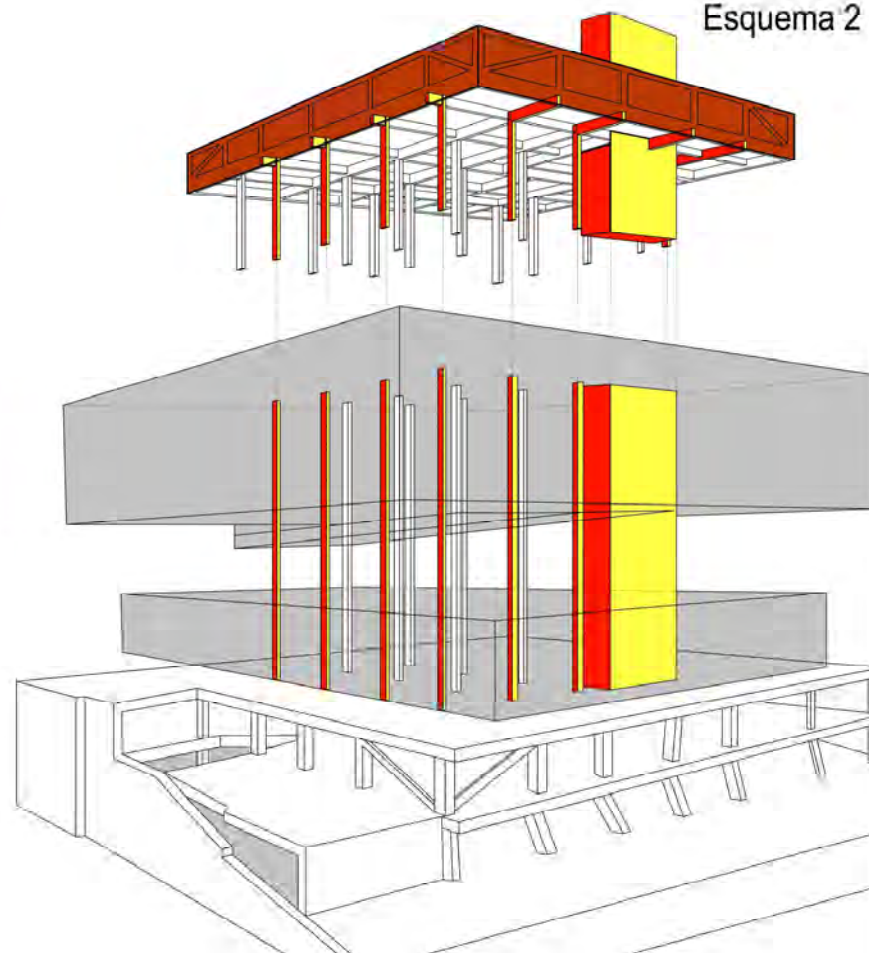
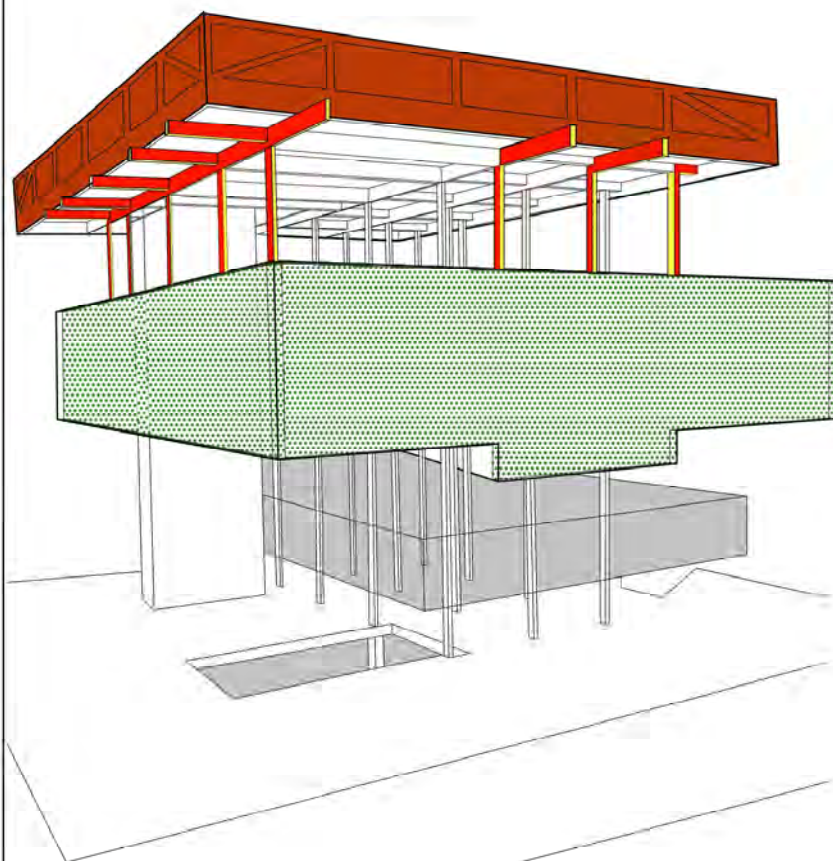


Unidades autoportantes con planos portantes y transferencia de cargas (apilamientos)

Nivel 11: Unidad compositiva Oficinas

Esquema 1

Esquema 2



BIBLIOTECA DE SEATTLE. INSTANCIA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

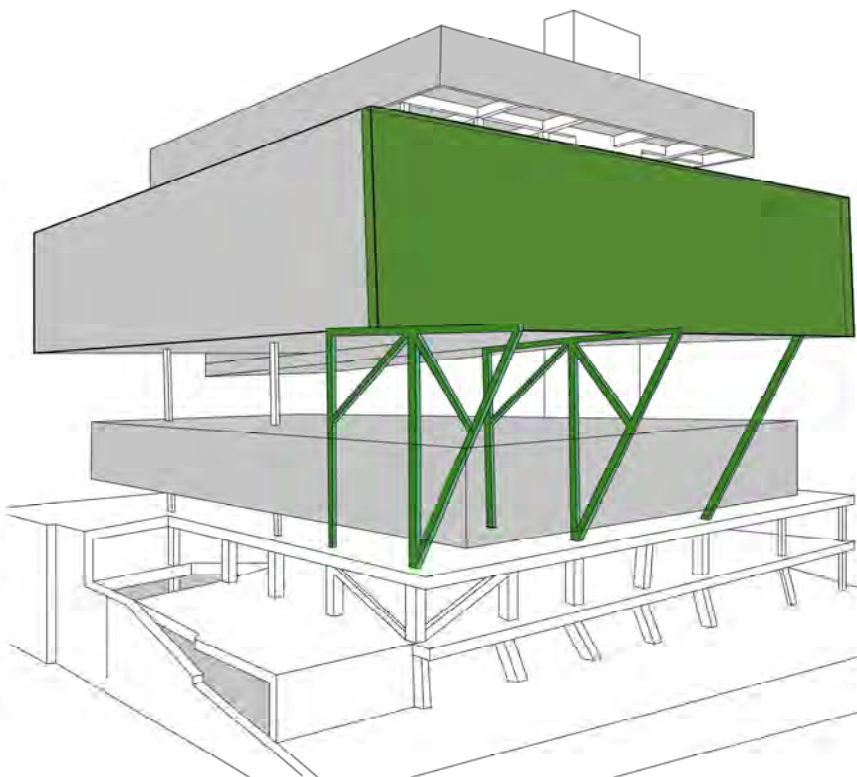
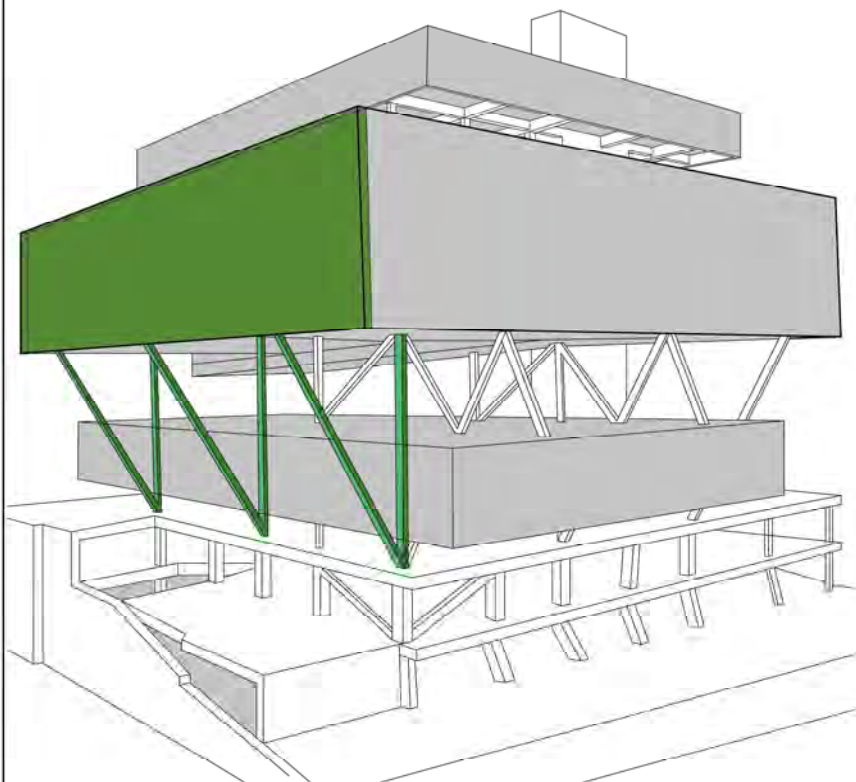
B - 2

Unidades autoportantes con planos portantes y transferencia de cargas (apilamientos)

Niveles 6 a 9: Unidad compositora:
Espiral de libros

Esquema 3

Esquema 4



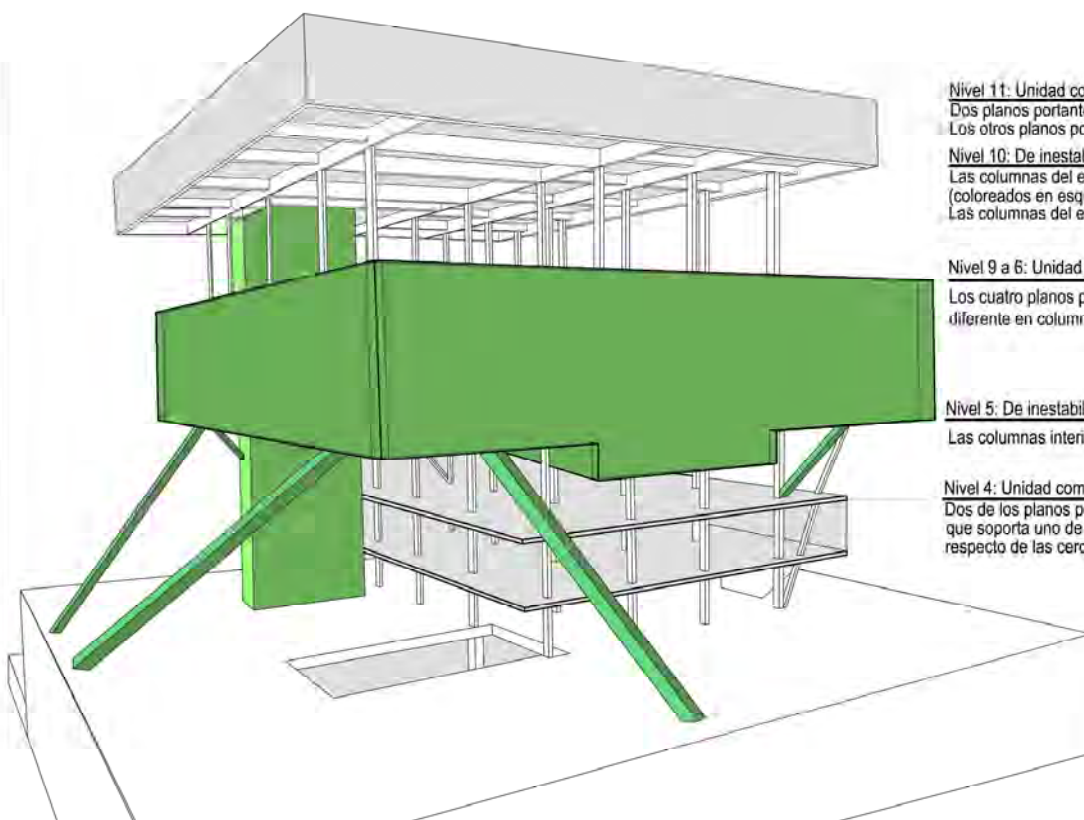
BIBLIOTECA DE SEATTLE. INSTANCIA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

B - 3

Unidades autoportantes con planos portantes y transferencia de cargas (apilamientos)

Niveles 6 a 9: Unidad compositiva
Espiral de libros

Esquema 5



Nivel 11: Unidad compositiva autoportante Oficinas

Dos planos portantes exteriores de la unidad descargan en ménsula sobre columnas (coloreadas esquema 1)
Los otros planos portantes exteriores descargan en ménsula sobre columnas interiores (coloreadas esquema 2)

Nivel 10: De inestabilidad programática

Las columnas del esquema 1 continúan hasta los planos portantes de la espiral de libros (coloreados en esquema 1).
Las columnas del esquema 2 continúan su trayecto vertical descendiente.

Nivel 9 a 6: Unidad compositiva autoportante Espiral de libros

Los cuatro planos portantes perimetrales de la unidad compositiva trasladan la carga de modo diferente en columnas inclinadas (esquemas 3, 4 y 5)

Nivel 5: De inestabilidad programática

Las columnas interiores que proceden de los pisos superiores siguen su trayecto vertical

Nivel 4: Unidad compositiva autoportante Asamblea

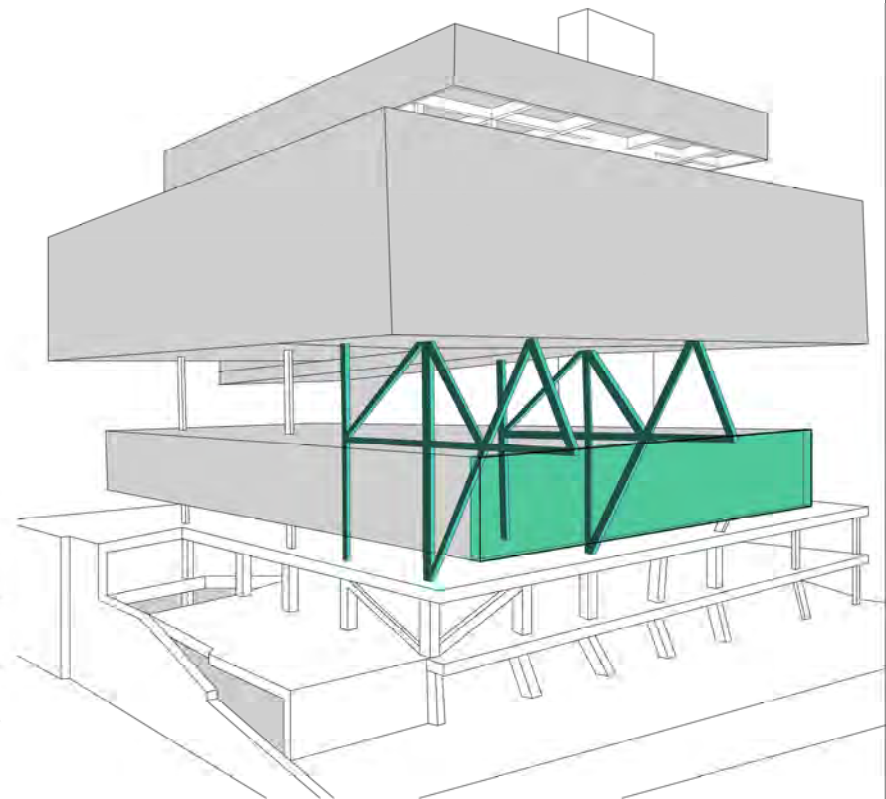
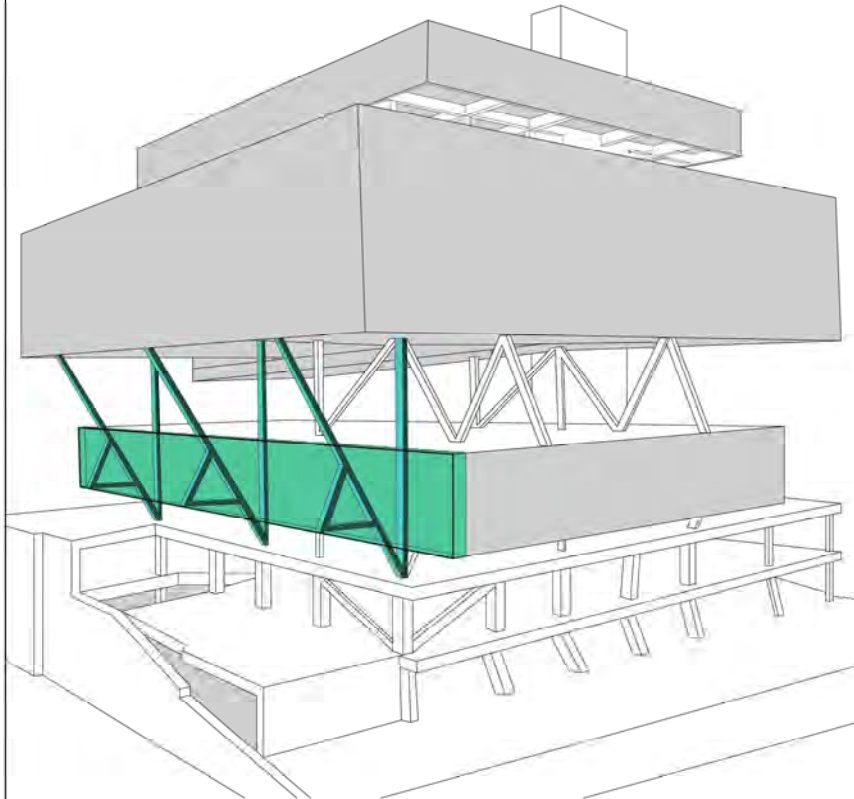
Dos de los planos portantes de la unidad descargan de manera diferente: Uno cuelga de las columnas inclinadas que soporta uno de los planos portantes de la unidad compositiva superior. (esquema 6); el otro hace lo mismo respecto de las cerchas intermedias del nivel 5. (esquema 6) Los otros dos planos (esquema 8) no son portantes

Unidades autoportantes con planos portantes y transferencia de cargas (apilamientos)

Nivel 4: Unidad compositiva Asamblea

Esquema 6

Esquema 7

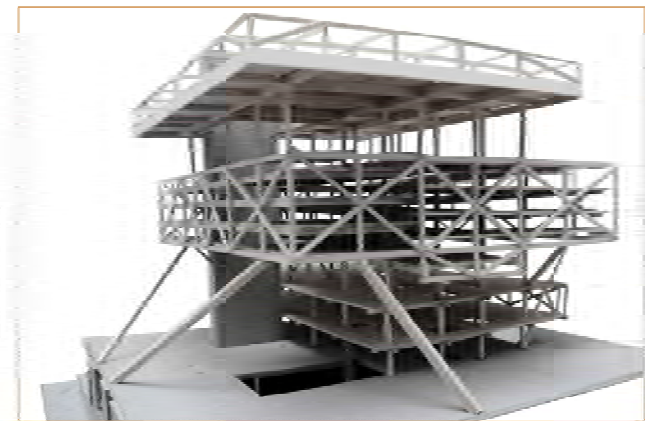
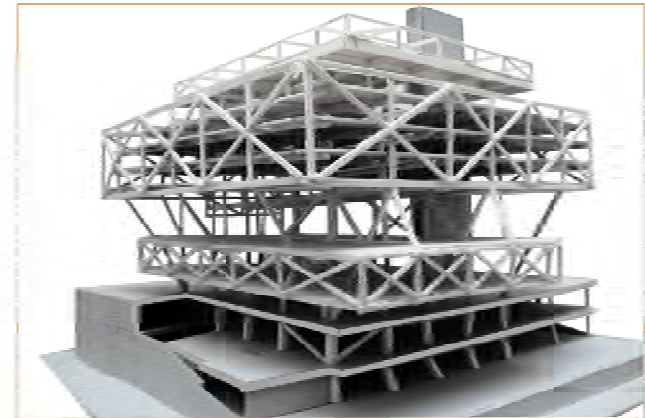
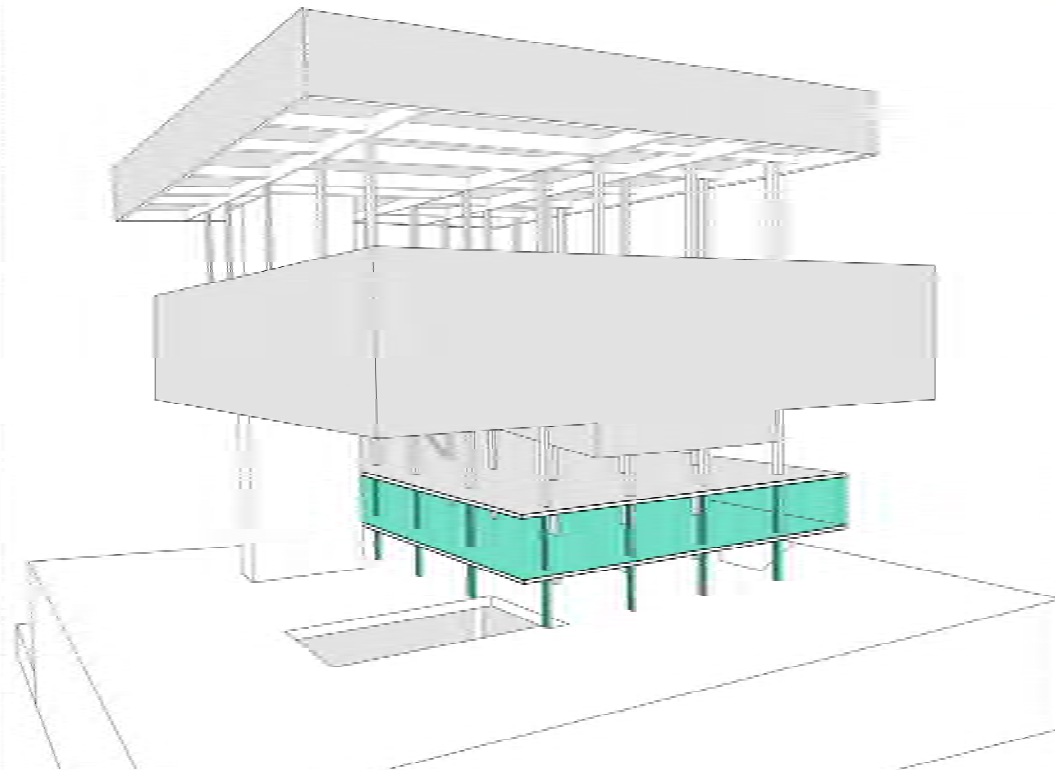


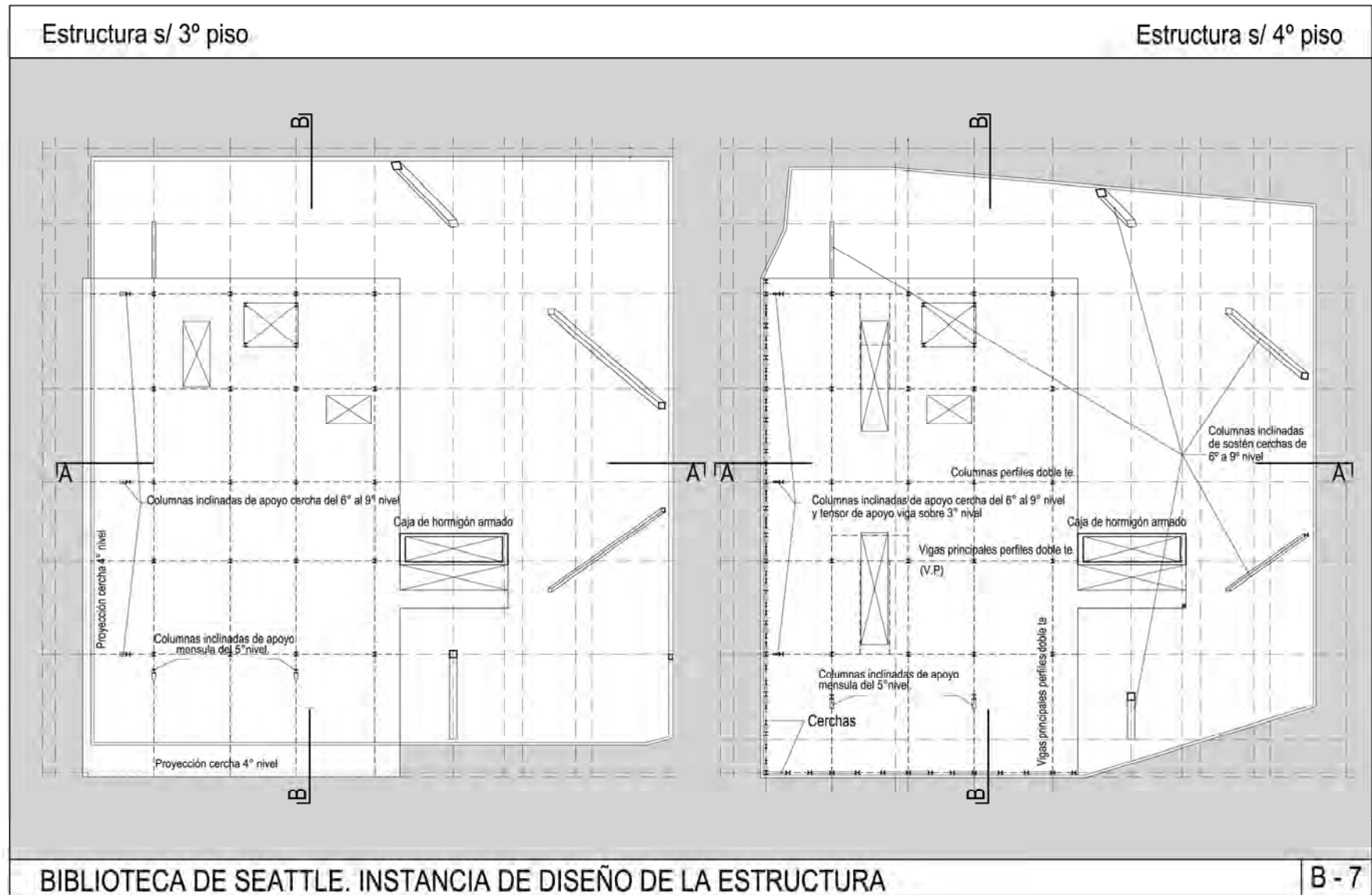
BIBLIOTECA DE SEATTLE. INSTANCIA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

B - 5

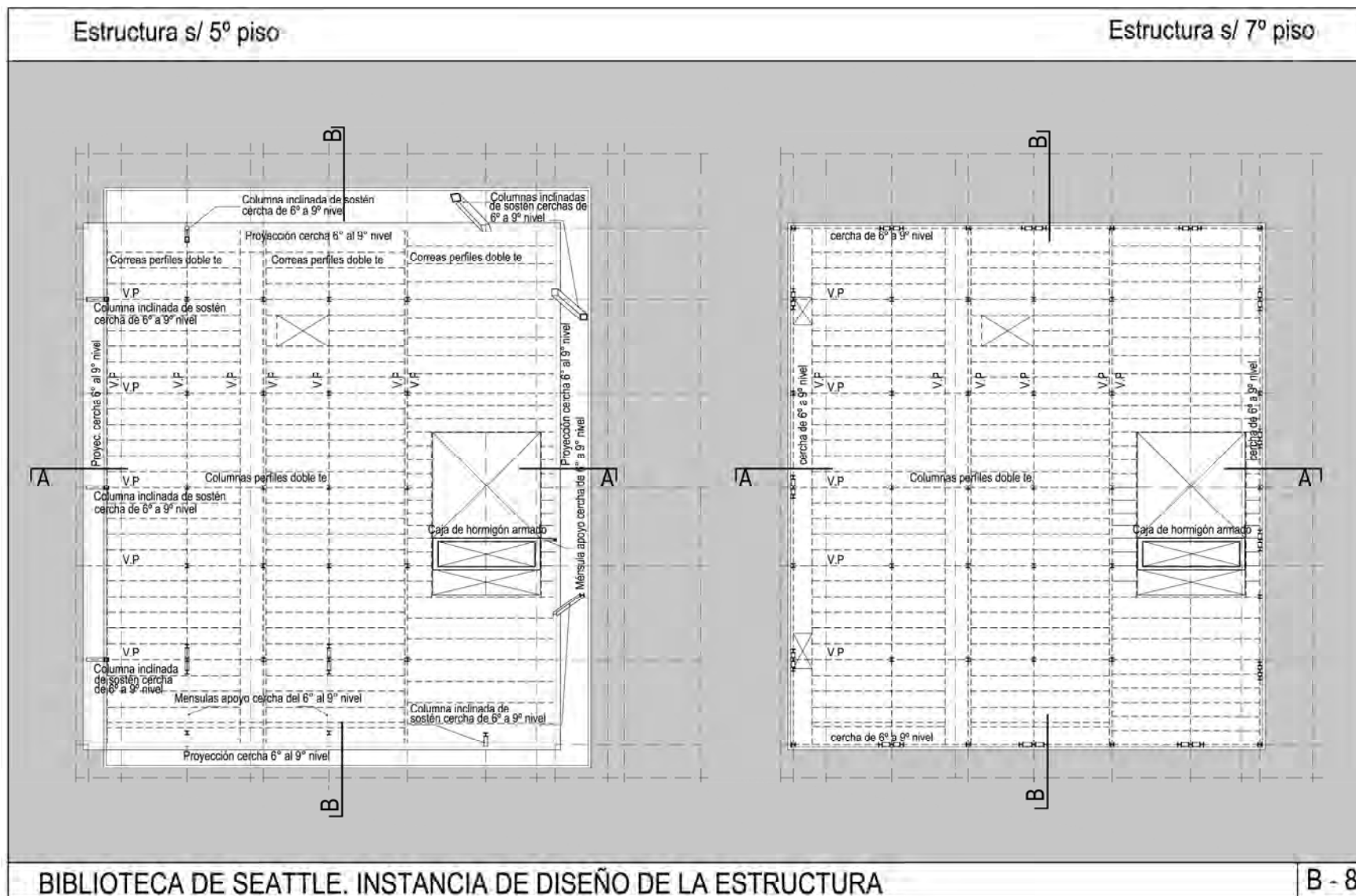
Unidades autoportantes con planos portantes y transferencia de cargas (apilamientos) - Nivel 4: Unidad compositiva Asamblea

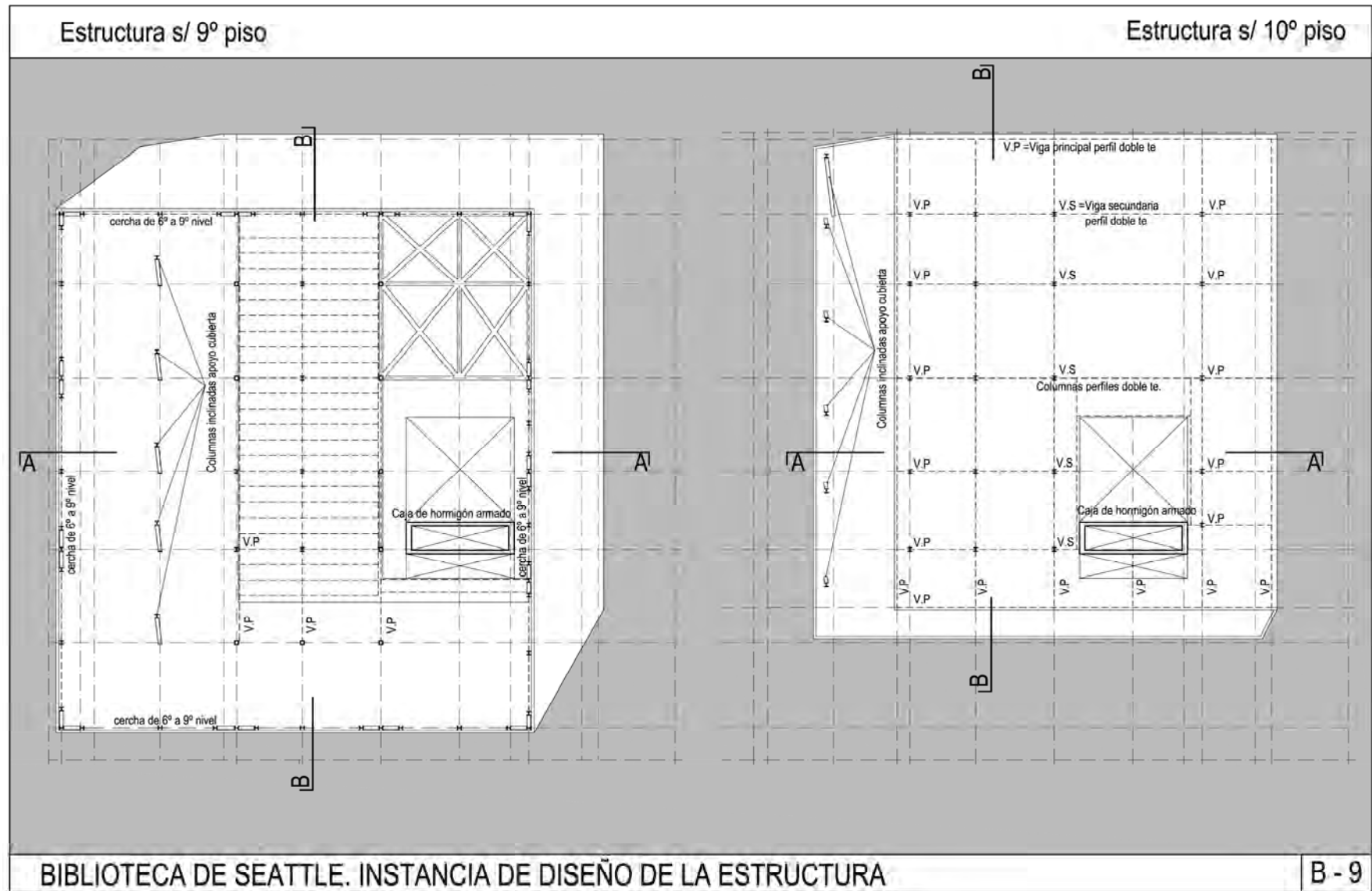
Esquema 8





COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA





COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

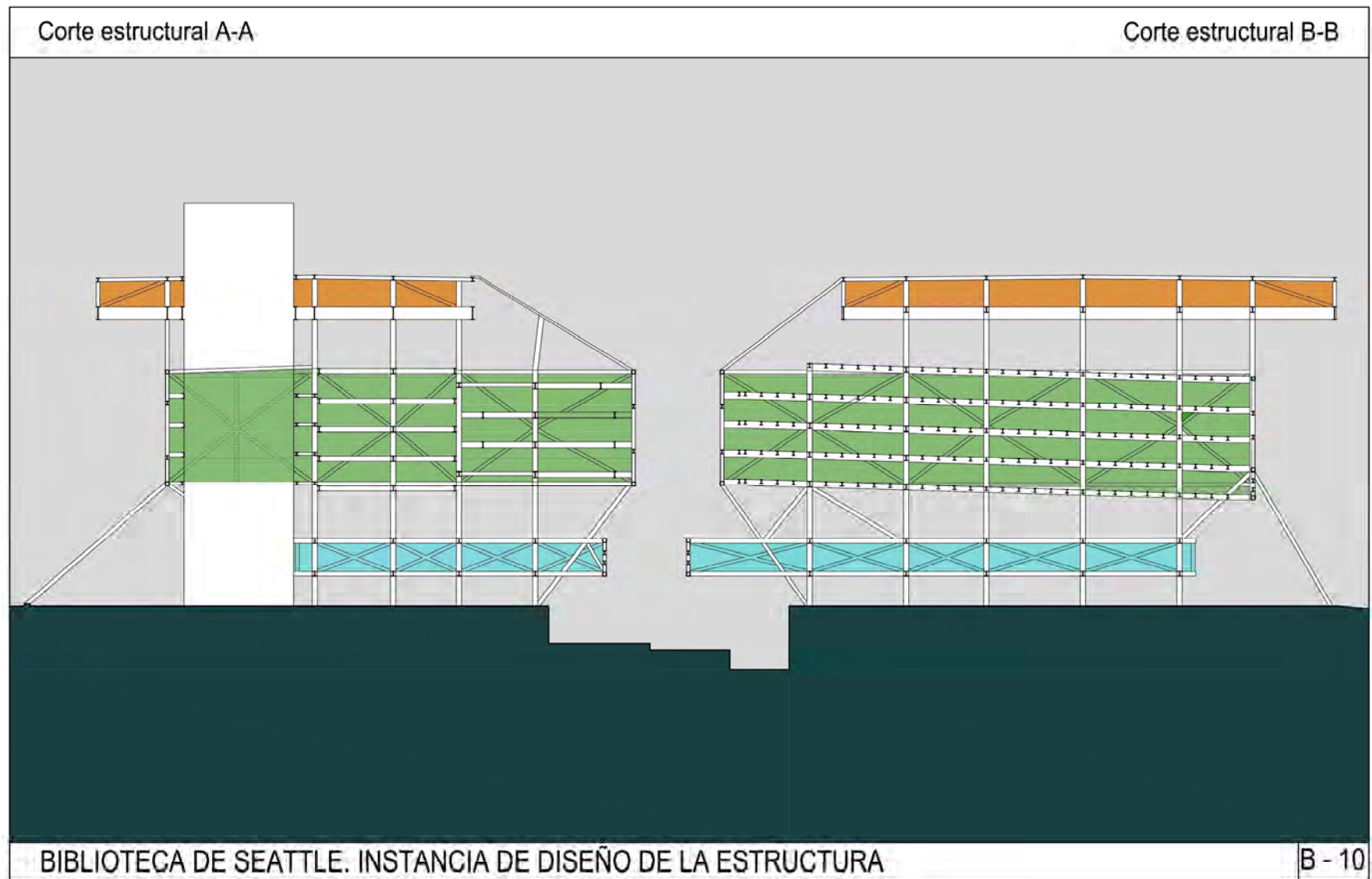
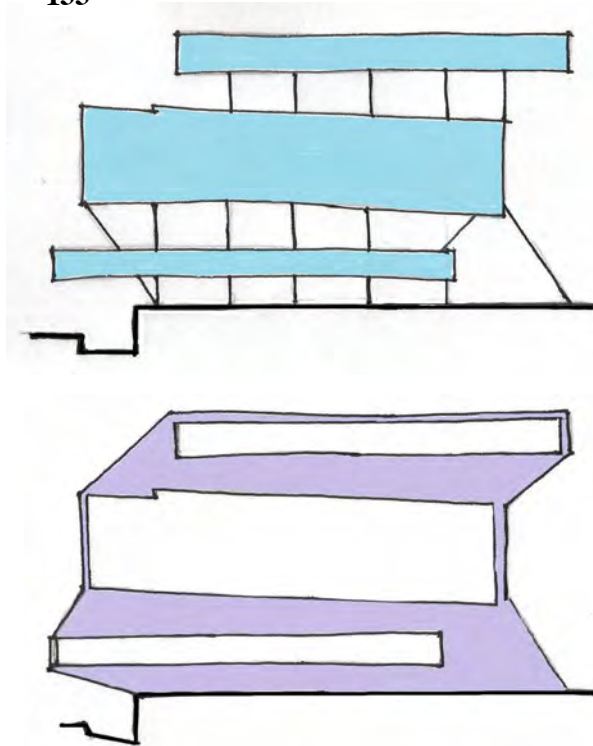


Figura 133. Esquemas conceptuales de la biblioteca de Seattle que sugiere interpretarla tanto como una estrategia de adición de unidades autónomas, como una gran estructura ahuecada, a la cual se le sustraen unidades funcionales, tal como lo desarrolló Kahn en el proyecto de la City Tower en Filadelfia.

133



134

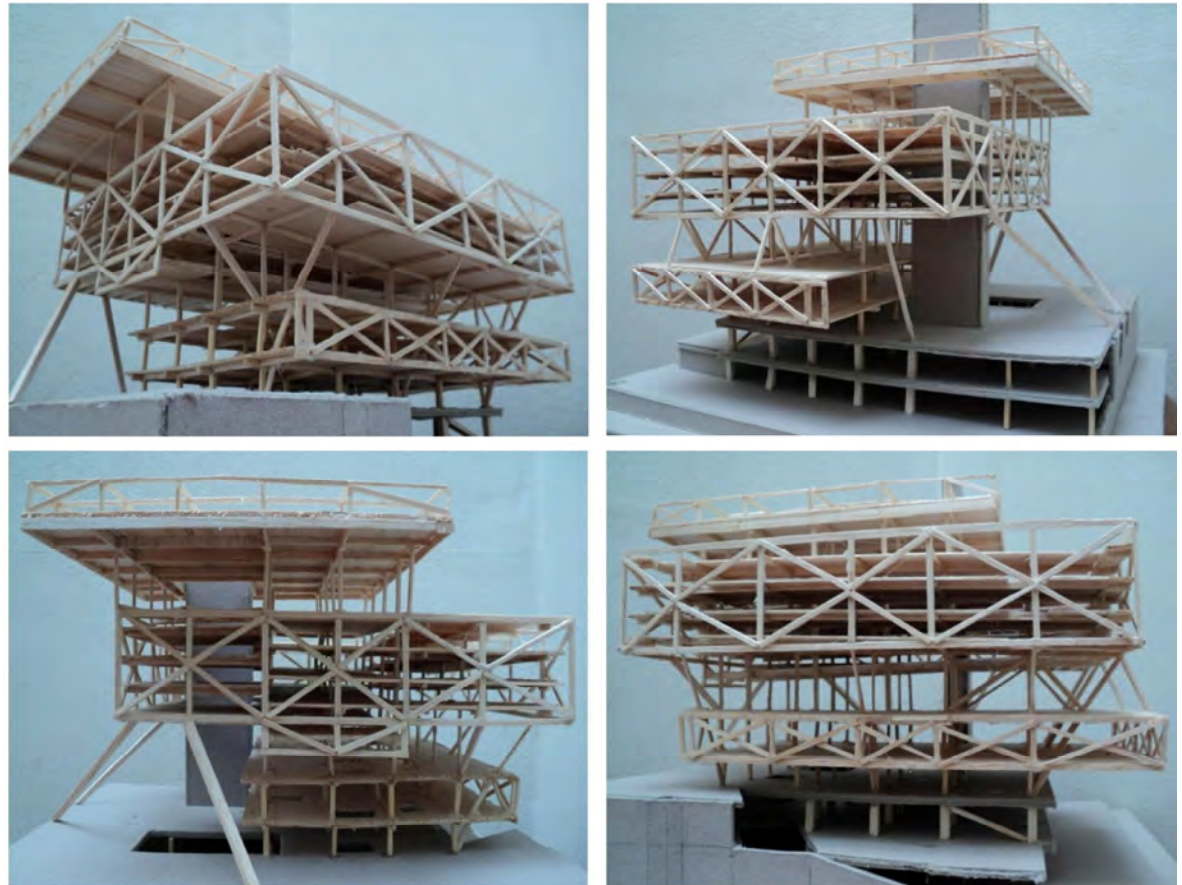


Figura 134. Fotografías de la Maqueta estructural detallada de la Biblioteca de Seattle.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

135



136



137



138

Figura 135 a 138. Fotografías del interior de la Biblioteca de Seattle donde se exhibe sin ningún prejuicio ni condicionante la estructura metálica portante y estabilizante del edificio. 135: Vista de la sala de lectura (nivel 10) limitada exteriormente por el gran entramado rigidizante que permite una gran iluminación natural. 136: Vista de la sala de estar ubicada en el tercer nivel y del espacio en gran altura que surge de este y le brinda al edificio una continuidad espacial hasta el nivel superior de las oficinas. 137: Vista parcial del entramado exterior que conforma la piel y la carcasa rigidizante. 138: Vista de la sala de mezclas ubicada en quinto piso donde se reconoce la gran cercha reticulada que sostiene por encima la espiral de libros y por debajo el nivel correspondiente a la asamblea.

*El Teatro Dee & Charles Wyllys,
Dallas*
3.2.3

El proyecto y la construcción del teatro Dee & Charles Wyllys, realizado entre 2006 y 2009, contempla la disposición de una sala teatral con una particularidad que la distingue de los demás recintos. El diseño ha sido realizado conjuntamente por los estudios OMA y Rex y define una superficie total construida de 7700 metros cuadrados dispuestos en 10 niveles elevados, contando la planta a nivel del suelo y dos niveles adicionales enterrados.

139

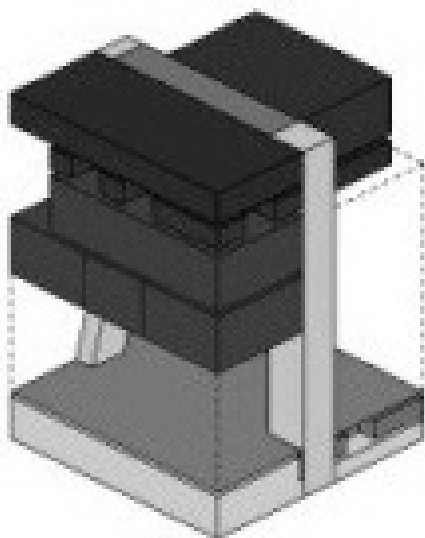


Figura 139. En la volumetría esquemática se muestra la idea de apilamiento de volúmenes funcionales dentro de una caja contenedora que las agrupa, en donde se discriminan los espacios funcionales principales de muy variadas configuraciones por encima y por debajo de la sala principal.

Análisis arquitectónico

A nivel funcional, las exigencias de la compañía planteaban una flexibilidad en el uso del recinto de la sala en donde, tanto el escenario como las gradas, pudieran ser modificados y alterados según las exigencias de las distintas obras que allí se presentaran. Además de esta multifuncionalidad, los autores del proyecto proponen transgredir el diseño convencional de las salas apilando las instalaciones complementarias arriba y debajo, dejando el recinto de la sala completamente libre a nivel del ingreso, pudiendo el mismo ser abierto o cerrado. Esta situación permite tanto que los directores puedan incorporar el paisaje de la calle en sus espectáculos, como que a su vez puedan ingresar directamente al recinto desde el exterior. Del mismo modo, el público puede divisar desde el exterior el movimiento interno del teatro, conformando entonces lo que han dado en llamar una “máquina de teatro”.

Las exigencias funcionales derivadas de estas ideas previas prevén el agrupamiento en vertical de espacios muy distintos en cuanto a sus dimensiones volumétricas, dentro de un paralelepípedo regular de características neutras que los contiene y define formalmente. (Figura 139) Para esta disposición agrupada es determinante la ubicación de la sala propiamente dicha a nivel de la planta baja y los espacios que complementan a la misma por debajo y por arriba. Estos espacios están conformados por toda el

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

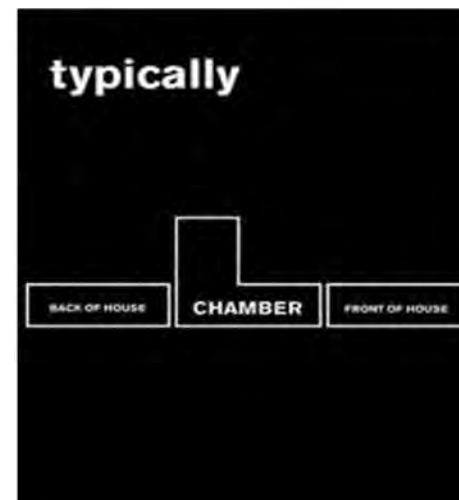
área técnica de apoyatura al escenario de la sala, el ingreso del público por el nivel inferior a la planta baja y todo el sector de desempeño y movimiento de los actores por encima, que ocupa desde parte del cuarto nivel elevado hasta el nivel nueve del edificio. (Figura 140)

La disposición de los espacios interiores se subdivide entonces en estos tres “paquetes” funcionales previstos por el esquema de la figura. En el paquete inferior se ubican el vestíbulo de ingreso y todo lo referente a los espacios de servicios, que comúnmente se denominan “detrás de escena” y que se conecta luego lateralmente con la sala a través de un bloque secundario adosado y con las salas de máquinas. En el paquete superior a la planta libre de la sala se agrupan en una sucesión de niveles los espacios que son dominio de los artistas. Dentro de ellos, se pueden definir a partir del quinto nivel, las unidades compositivas que podemos identificar como las principales. Estas unidades son:

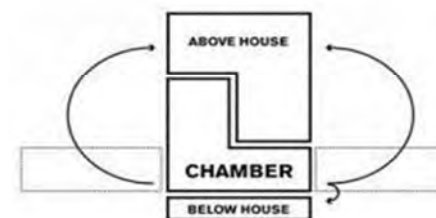
- Salón de productores.
- Sala de conferencias.
- Oficinas.
- Taller de vestuario.
- Centro educativo.
- Sala de ensayos.
- Café.

Estas unidades programáticas identificadas son dispuestas según un criterio ordenador particular. En la figura de la hoja C-1 se muestran en corte y axonometría la ubicación precisa dentro del volumen principal de éstas unidades compositivas básicas. Para disponerlas, los proyectistas se han valido de una subdivisión interna del volumen por encima de la planta libre de la sala en cuatro franjas de diferente

140



what if?



La figura 140 muestra la disposición transgresora de la sala respecto de los espacios que la sirven. Tanto el ingreso del público y parte del área técnica, como el dominio de actores, se disponen por debajo y por encima de la sala.

tamaño que van alojando cada uno de estos espacios. Algunos de ellos ocupan dos niveles otros, el largo de la franja. Del mismo modo, en sentido vertical se reconocen también cuatro franjas en las que se alojan las funciones. Todas estas particularidades dan como resultado una disposición interna un tanto aleatoria y desordenada. Todos los espacios residuales que van quedando hasta recomponer el volumen completo son ocupados por locales de menor importancia, áreas de servicios y circulaciones.

Si analizamos la resolución expresiva de esta volumetría, todas estas subdivisiones compositivas quedan anuladas bajo el paralelepípedo contenedor mayormente opaco, que solamente deja transparentar hacia el exterior el sector ocupado por la sala. Esta relación opaco-transparente entre la sala y los espacios que la sirven están en sintonía con las ideas iniciales de los autores de subvertir el ordenamiento convencional de la sala y ubicar los espacios de servicio por encima y por debajo, dejando el espacio de la sala completamente transparente en tres de sus lados, lo cual le permite una fructífera relación con el entorno. El problema que se presenta a continuación se refiere a que la resolución estructural queda totalmente comprometida por las limitaciones que dictan, tanto el agrupamiento compositivo previsto que amontona espacios en los niveles superiores y los libera en los inferiores, como por la necesidad expresiva de transparentar casi totalmente el nivel de la sala en planta baja.

Análisis y propuesta estructural

Se había comentado anteriormente que esta particular disposición de los espacios de muy diferentes características en cuanto a sus dimensiones dentro del contenedor cúbico condiciona la definición estructural del conjunto. Las exigencias mayores están dadas por las necesidades funcionales de la sala u-

141

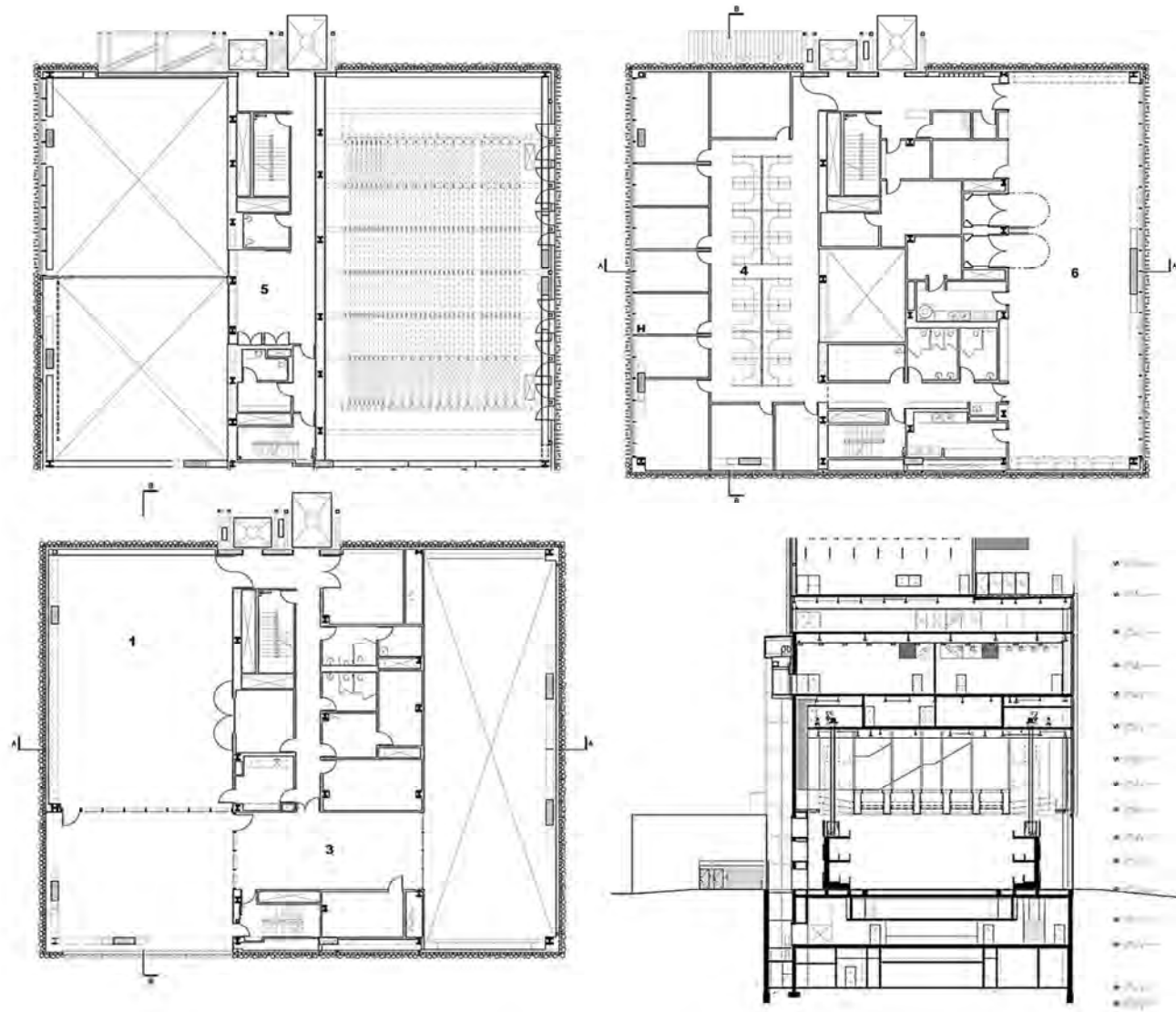


Figura 141. Teatro Dee & Charles Wyllys. Plantas niveles 6°, 7° y 8°. Corte A-A

- Referencias:
- 1 Sala de ensayos
 - 3 Centro educativo
 - 4 Oficinas
 - 5 Sala de conferencias
 - 6 Taller de vestuario

bicada en la planta baja, que requería un espacio libre de columnas y la manera de compatibilizar ésta situación con las exigencias de los pisos superiores, que resultan compartimentados.

En función de estas necesidades previstas, se identificará primeramente una estrategia estructural que surge de la lectura de las imágenes publicadas y que está asociada a como usualmente operamos para proponer un sistema estructural convencional. Posteriormente, nos adentrarnos en nuestra estrategia particular, que incorpora la dimensión estático-resistente dentro de las unidades compositivas que surgen de la propuesta arquitectónica. Al final, a partir de esta congruencia, podremos analizar los mecanismos de vinculación y transferencia de cargas hacia el suelo. La intención de este desdoblamiento apunta a poder distinguir las ventajas de operar con la composición arquitectónica y con la estructura estática al mismo tiempo y sin priorizar ninguna. La solución estructural lógicamente es la misma, lo que la diferencia es el enfoque con que se plantea o la interpretación que el proyectista pueda hacer.

Dentro de la lectura convencional de una estrategia estructural, se plantea la necesidad de trasladar el sistema estructural principal de descarga al perímetro del edificio. Para resolverlo, se plantea la disposición de pares de columnas independientes de hormigón que se disponen en forma inclinada, de manera de generar las triangulaciones necesarias que garanticen junto con otras barras metálicas la indeformabilidad del conjunto. Esta disposición de las columnas principales logran el cometido de liberar parte de la fachada y hacerla totalmente transparente hacia el exterior. A esta estructura principal, en los pisos superiores, se encaja perimetralmente una gran estructura triangulada metálica que ocupa en altura tres niveles. Esta permite disponer también de dos planos de vigas intermedias que descargan en aquellas para sostener las columnas interiores de los espacios más fraccionados en la modulación de los pisos superiores. La estructura finalmente se completa con una gran pantalla rigidizadora en uno de los late-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

rales que se complementa con la triangulación de la propia estructura para garantizar la indeformabilidad del conjunto. Los espacios por debajo de la sala poseen una estructura convencional de columnas y pantallas laterales de hormigón a la cual no nos vamos a referir. En la figura 142 se presenta la solución estructural empleada tal como es presentada en las publicaciones especializadas.

Se propone a continuación otra estrategia alternativa de diseño estructural a partir de considerar las partes funcionales compositivas como unidades estructurales por sí mismas, apiladas y vinculadas a través de diferentes mecanismos resistentes. La solución, tal como los hemos ido describiendo a lo largo de la tesis, puede plantearse de un modo mucho más natural y más relacionada con las necesidades arquitectónicas en cuanto a la disposición interna de los espacios funcionales.

Se parte del reconocimiento de cada una de las unidades compositivas funcionales como una unidad estructural autónoma. En la figura de la hoja C-2 se indica la disposición interna de cada uno de los planos estructurales en los cuales se puede descomponerlas. Salvo la disposición del centro educativo, los planos estructurales de las unidades compositivas correspondientes a los niveles siete a nueve coinciden con los límites externos de las unidades, resolviéndose a partir de un esqueleto portante convencional de vigas y columnas. En el centro educativo, en cambio, los límites funcionales atraviesan dos módulos estructurales quedando enmarcados por columnas correspondientes a tres planos estructurales diferentes. Las unidades compositivas de los niveles seis y cinco quedan englobadas perimetralmente por cuatro grandes cerchas paralelas longitudinales y dos transversales, una de las cuales incluye la pared rigidizante de hormigón armado. La particularidad la brinda la unidad compositiva de la sala de conferencias que abarca las dos estructuraciones es decir, por lado comparte el plano estructural de

142

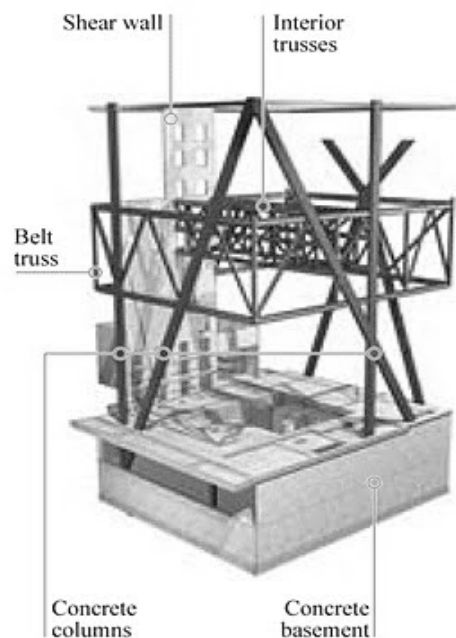


Figura 142. Definición estructural del teatro tal como se presenta en las publicaciones especializadas. Se indica el esquema de la estructura principal por encima de la sala. En color más oscuro se muestran las columnas principales que soportan una caja triangulada y un par de vigas intermedias (más claro). Atrás se percibe la pantalla rigidizadora en hormigón armado.

columnas y vigas del séptimo nivel y por otro las cerchas longitudinales de los niveles seis y cinco.

Una vez identificadas las unidades como bloques autónomos auto-portantes, el siguiente paso consiste en individualizar cómo las unidades se van vinculando entre sí, reconociendo en dichas vinculaciones estrategias de apilamiento hasta llegar a descargar en aquellos planos perimetrales ubicados a cierta altura, de manera de trasladar toda la carga de las unidades interiores a los bordes y de allí al suelo. (Figura hoja C-3) Habíamos reconocido que las unidades compositivas ubicadas entre los niveles nueve y siete se plantean estructuralmente como planos estructurales paralelos ubicados en sentido longitudinal, en correspondencia con los límites de dichas unidades funcionales. Dichos planos, resueltos internamente con un entramado de vigas y columnas, se van apilando verticalmente hasta descargar en las grandes cerchas que comienzan en el nivel seis. De los tres planos intermedios iniciales llegan al nivel seis solamente dos, ya que el tercero descarga en una estructura de transferencia de cargas compuesto por una serie de vigas horizontales que trasladan la carga de éste hacia los planos contiguos. Llegados al nivel seis, aparece la estructura de grandes cerchas longitudinales, –dos principales extremas y dos más pequeñas internas– dispuestas de manera de recibir directamente los apilamientos superiores. A su vez, aparecen transversalmente dos cerchas de igual tamaño de las extremas longitudinales, ubicadas para recibir la carga de las dos cerchas pequeñas intermedias descritas anteriormente. Recogidas de esta manera las unidades compositivas superiores y las que se alojan dentro de este último sistema estructural, queda simplemente trasladar la carga de los planos extremos hacia la serie de columnas de hormigón armado que llegan al suelo, tal como se ha descrito anteriormente.

En la axonometría de la izquierda de la figura de la hoja C-4, se indica la disposición estructural del conjunto simplemente como planos portantes, prescindiendo de la disposición interna de los elemento

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

conformantes, de manera de facilitar la comprensión de la estrategia estructural adoptada. En cambio, en la axonometría de la derecha de la misma hoja, se representa la disposición interna de los elementos metálicos que conforman dichos planos. Es importante notar que la disposición de los elementos estructurales interiores no se encuentran sometidos a ninguna modulación que represente algún orden geométrico, sino que están dispuestos solamente en función de algunas condicionantes funcionales que incluso plantean conexiones y/o aperturas transversales entre unidades compositivas. Lo mismo ocurre con las grandes cerchas metálicas interiores y exteriores, donde la geometría interior de las mismas se diversifica sin descuidar su rigidez como planos. En ellas no se observan las clásicas triangulaciones que brinda la indeformabilidad a dichos planos, ya que en ciertos casos algunas modulaciones internas se debilitan estructuralmente a cambio de reforzar las contiguas. Lo mismo ocurre con los planos horizontales intermedios que descargan puntualmente en las cerchas perimetrales, requiriendo para ello aumentar su sección resistente. Por último, también se reconoce una complejización en la conformación de estas cerchas que combinan elementos metálicos y de hormigón armado, de manera de lograr una articulación entre las cerchas que reciben la carga de los volúmenes apilados y las columnas inclinadas, las cuales, al mismo tiempo, llevan la carga al suelo y resuelven la indeformabilidad del conjunto.

En síntesis, el teatro Dee and Charles Wylys se puede entender como un caso particular de apilamiento de funciones enmarcado dentro de una estructura contenedora, que no está pensada como apilamiento estructural, pero que en función de todo lo visto anteriormente la hemos interpretado como tal. La estrategia compositiva permite ser entendida tanto bajo una lógica de volúmenes funcionales apilados en altura, circunscriptos dentro de un paralelepípedo regular como una forma previa, como también un volumen unitario al cual se les sustraen las unidades programáticas. Esta ambigüedad en su lectura pro-

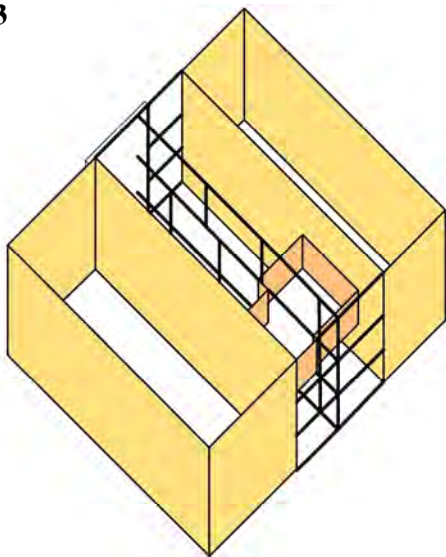
duce que no se pueda reconocer un correlato entre dichas unidades compositivas y su propia concepción resistente estructural. Sin embargo, la idea de apilamiento estructural queda latente y es una estrategia posible de ser pensada como solución alternativa.

Si bien no todas las unidades compositivas se corresponden con una unidad estructural auto-portante, al considerar también un entramado convencional en esqueleto como unidad estructural posibilita dicha disociación. Esta última acotación acerca esta solución a las descritas tanto por Friedman cuando se refiere a las estructuras contenedoras y por Hutch, respecto a la estructura tipo estantería a la cual se le “enchufan unidades programáticas”, que en el caso del teatro no son auto-portantes. Esto posibilita que el perímetro de dichas células no necesariamente deba corresponder con la geometría de la trama estructural ortogonal. (Figura 143) Esta estructuración reconocida en los niveles superiores que generan este apilamiento indirecto, en los niveles inferiores se diluye en función del cambio de escala de las unidades y que obliga a una transferencia de cargas hacia los extremos a través de la disposición de las grandes vigas trianguladas. Aquí se entremezcla la otra estructuración de Friedman cuando define las estructuras de sustentación que reciben la carga de las superiores, pero a diferencia de aquellas, estas se resuelven como una gran estructura espacial ahuecada donde se alojan las unidades programáticas, definiéndose de este modo como auto-portantes.

Respecto de la relación entre la estructura visual y la técnica, esta última está totalmente absorbida por la propia concepción formal del edificio y fundamentalmente por una imagen exterior neutra que solamente deja entrever pequeñas aberturas y gran parte de la sala en planta baja, reforzándose la idea compositiva del volumen sustraído.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

143



144



145

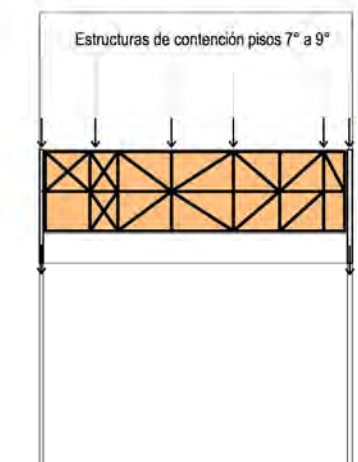
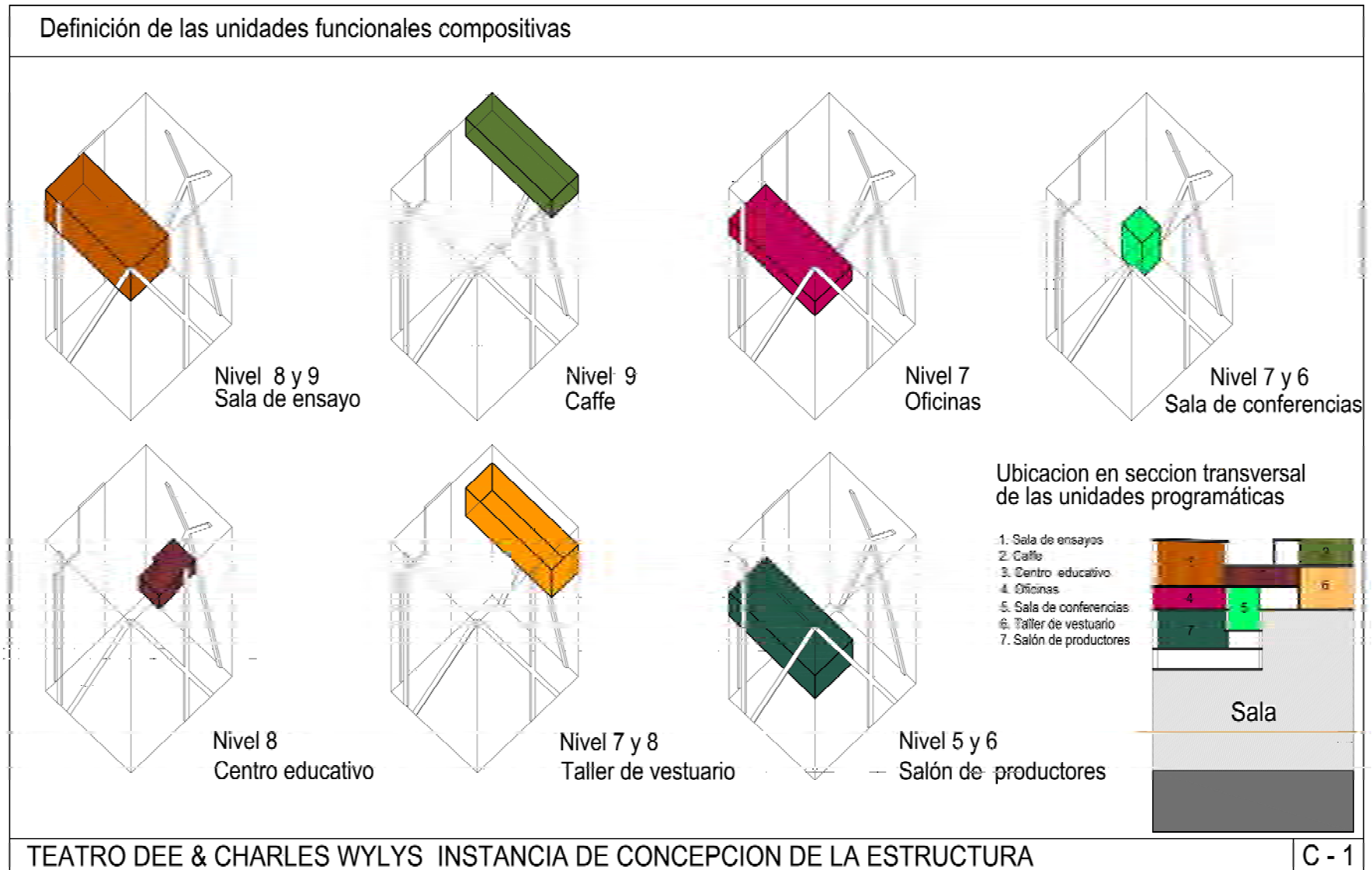


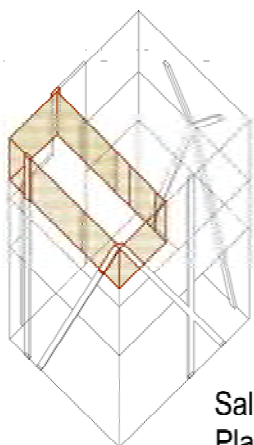
Figura 143. El teatro Dee & Charles Wyllys permite ser entendido como una disposición de unidades programáticas insertas –como lo planteaba Friedman- dentro de una estructura de contención en los niveles 9 a 7 (arriba) y como una estructura tanto de contención como de sustentación en los niveles 6 a 4.

Figura 144. Teatro Dee & Charles Wyllys. Vista del interior de la sala de reuniones, donde se expone una de las cerchas interiores que definen estructuralmente una unidad compositiva.

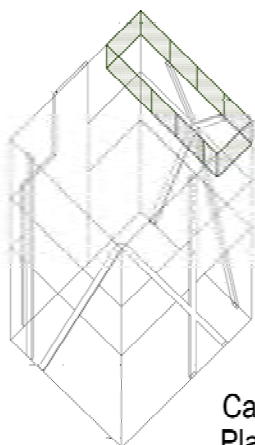
Figura 145. Teatro Dee & Charles Wyllys. Imagen de la etapa de construcción del edificio, donde se divisa claramente el montaje de las cerchas metálicas que se unen a la estructura de hormigón previamente armado.



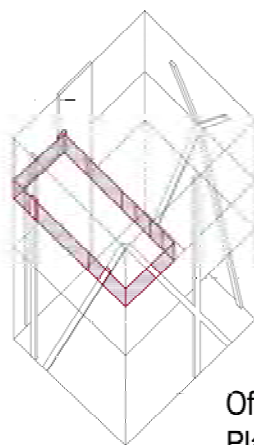
Definición de las unidades funcionales compositivas autoportantes



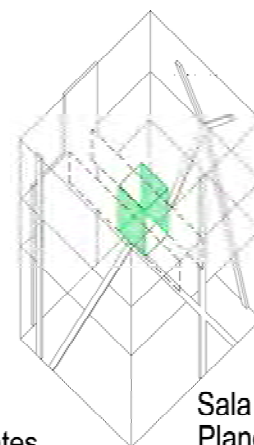
Sala de ensayo
Planos portantes
(esqueleto de vigas y columnas)



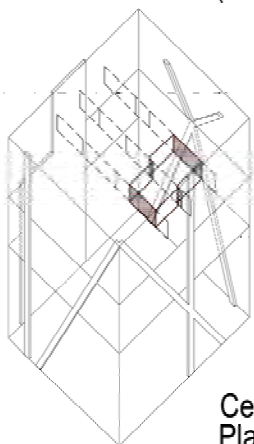
Café
Planos portantes
(esqueleto de vigas y columnas)



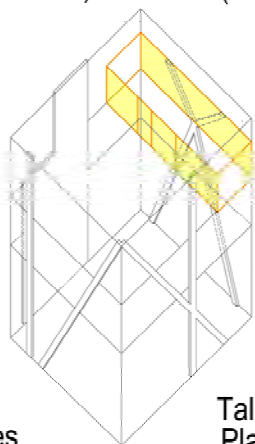
Oficinas
Planos portantes
(esqueleto de vigas y columnas)



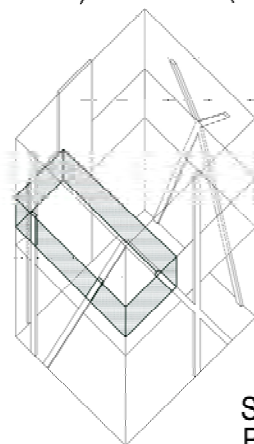
Sala de conferencias
Planos no portantes
(enmarcado dentro de grandes cerchas)



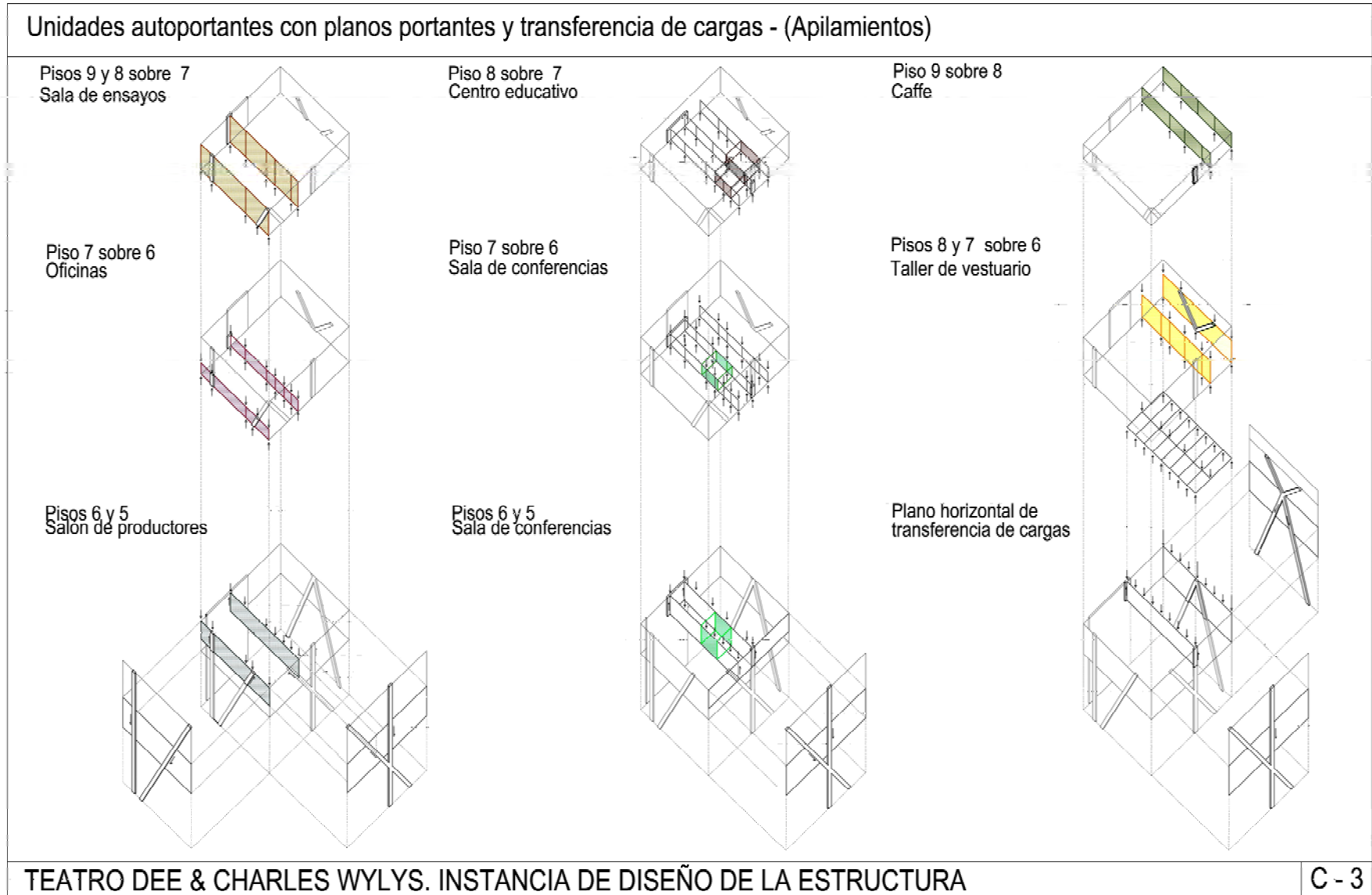
Centro educativo
Planos no portantes
(enmarcado dentro de entramado)



Taller de vestuario
Planos portantes
(esqueleto de vigas y columnas)

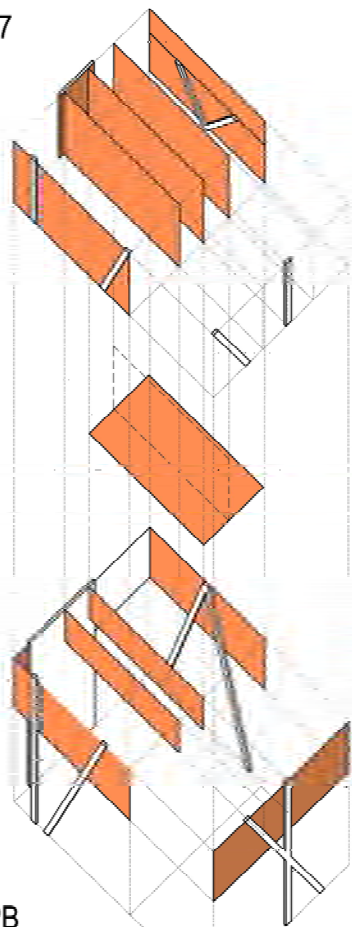


Salón de productores
Planos portantes
(vigas pared reticuladas)



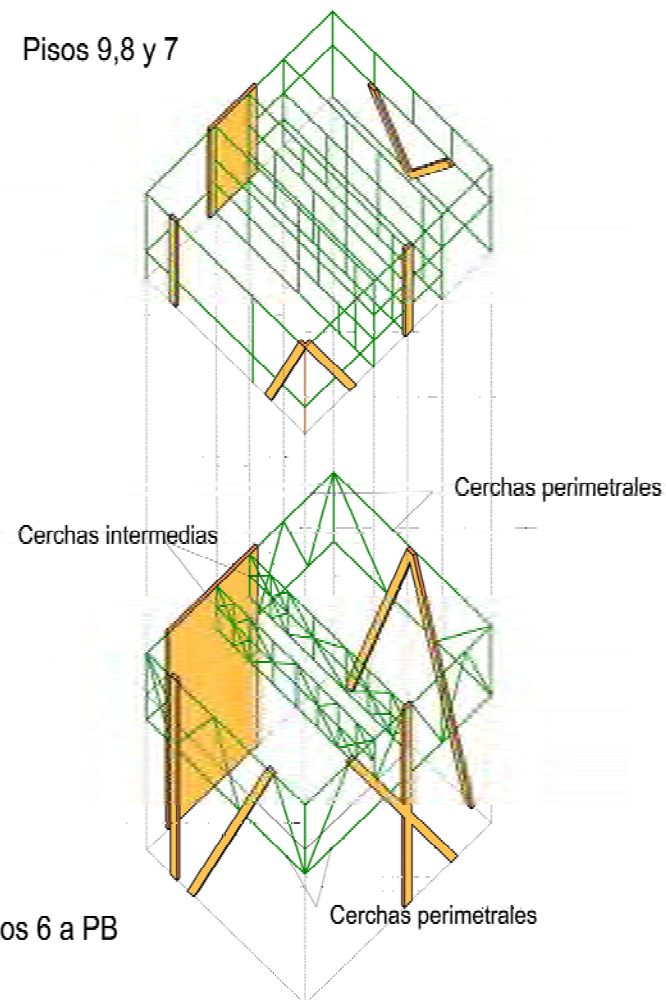
Concepción estructural: Distribución de planos portantes

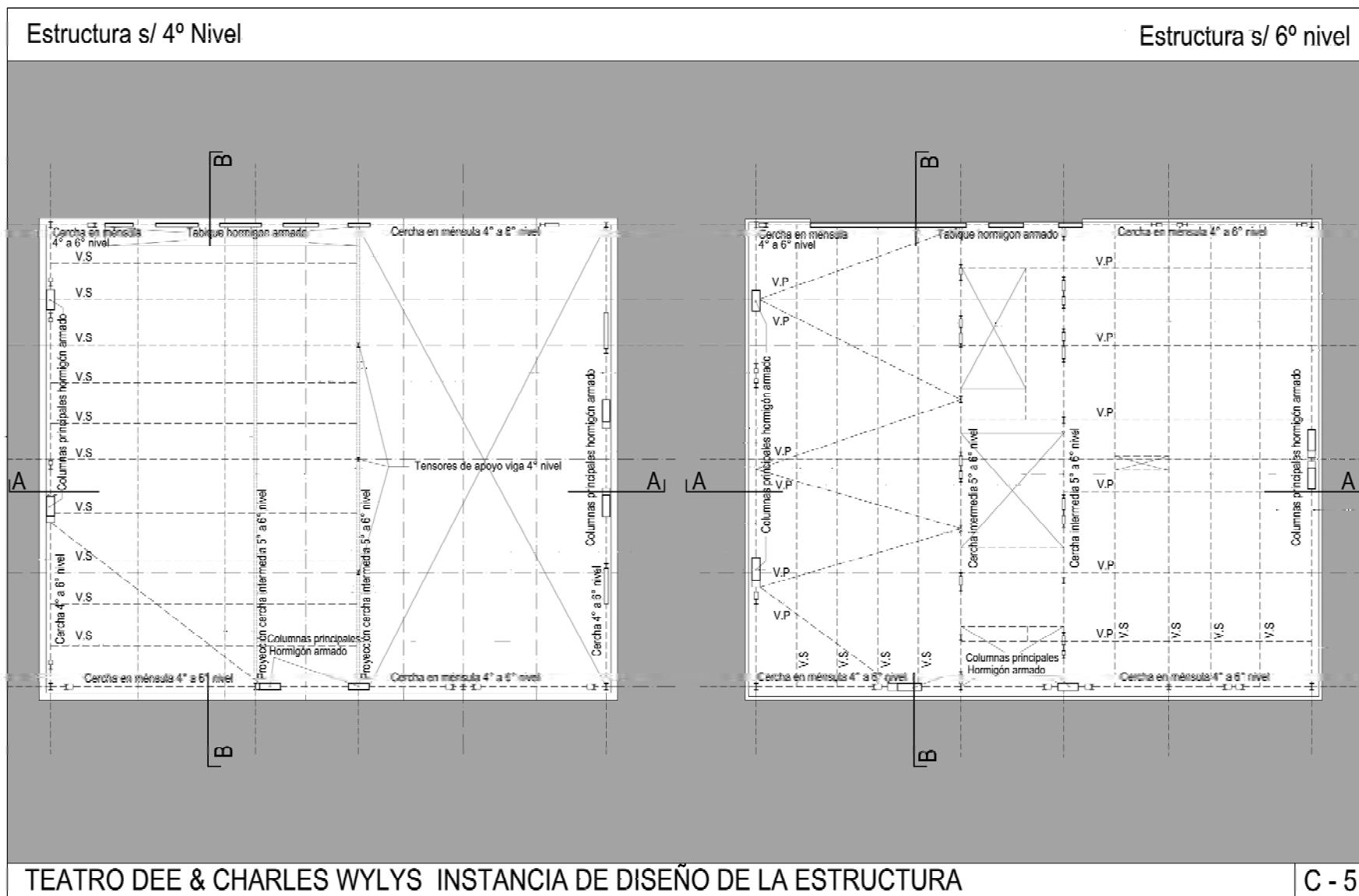
Pisos 9,8 y 7



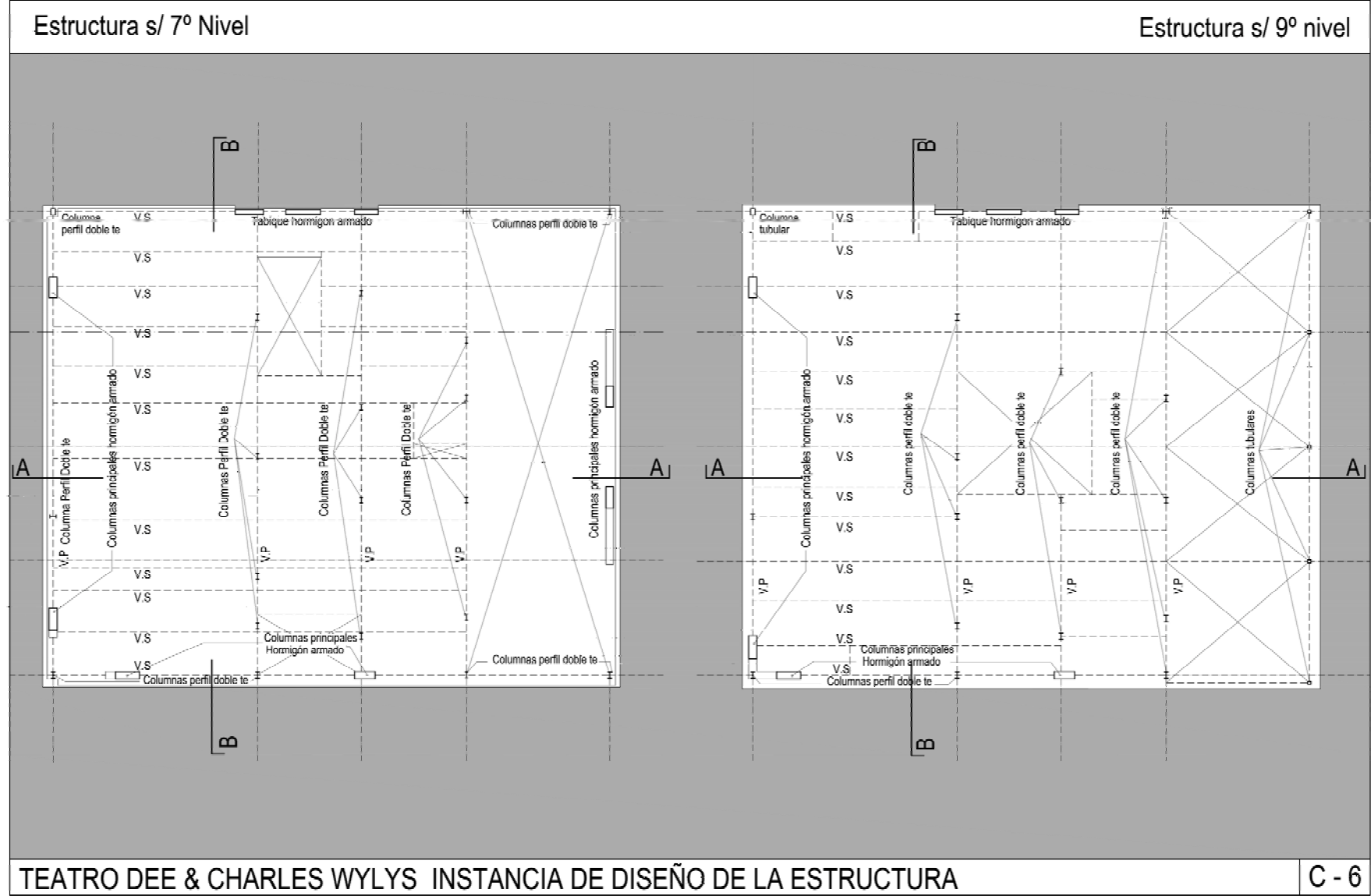
Estructura portante: Definición de los elementos conformantes de los planos estructurales.

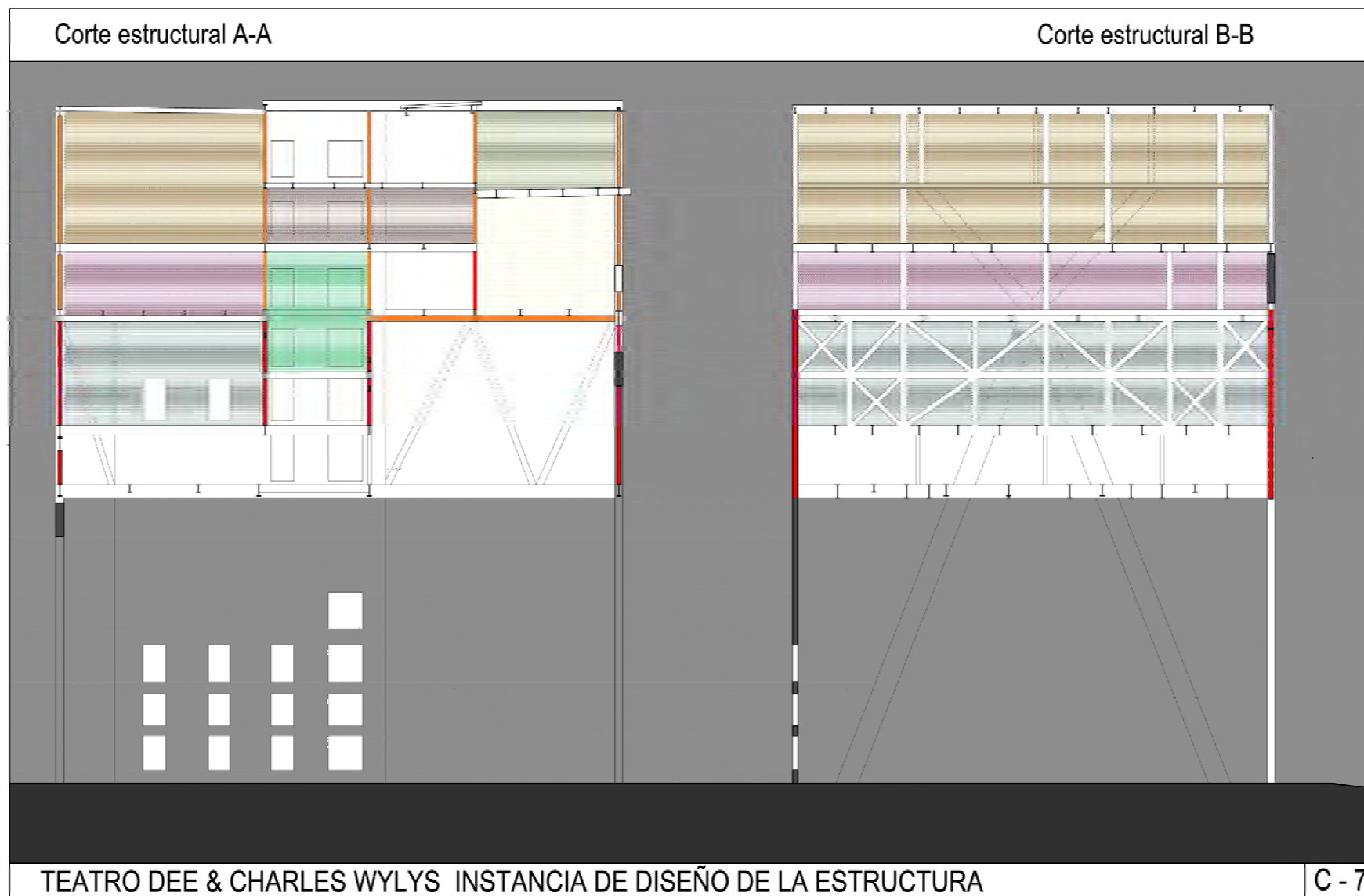
Pisos 9,8 y 7



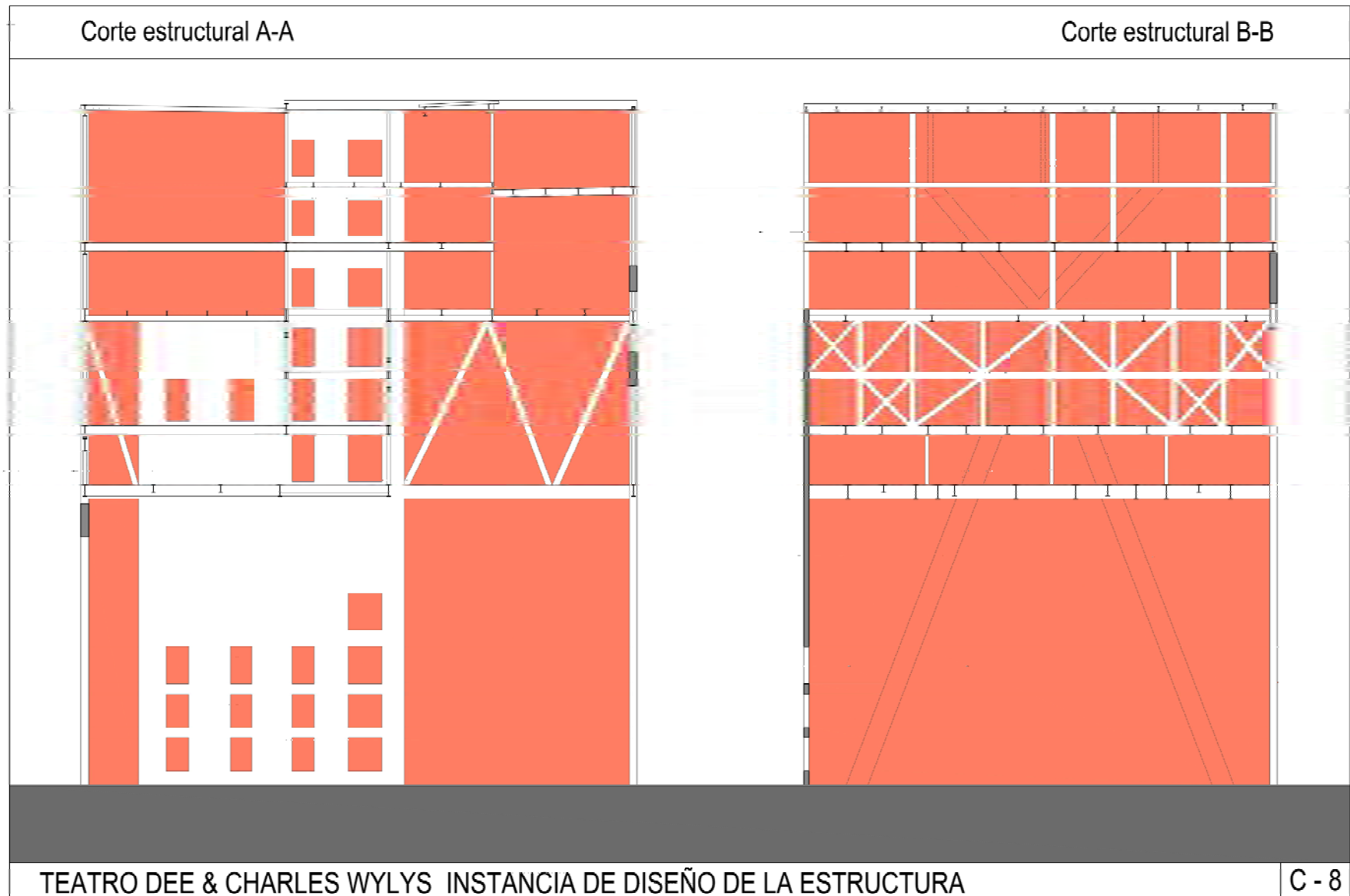


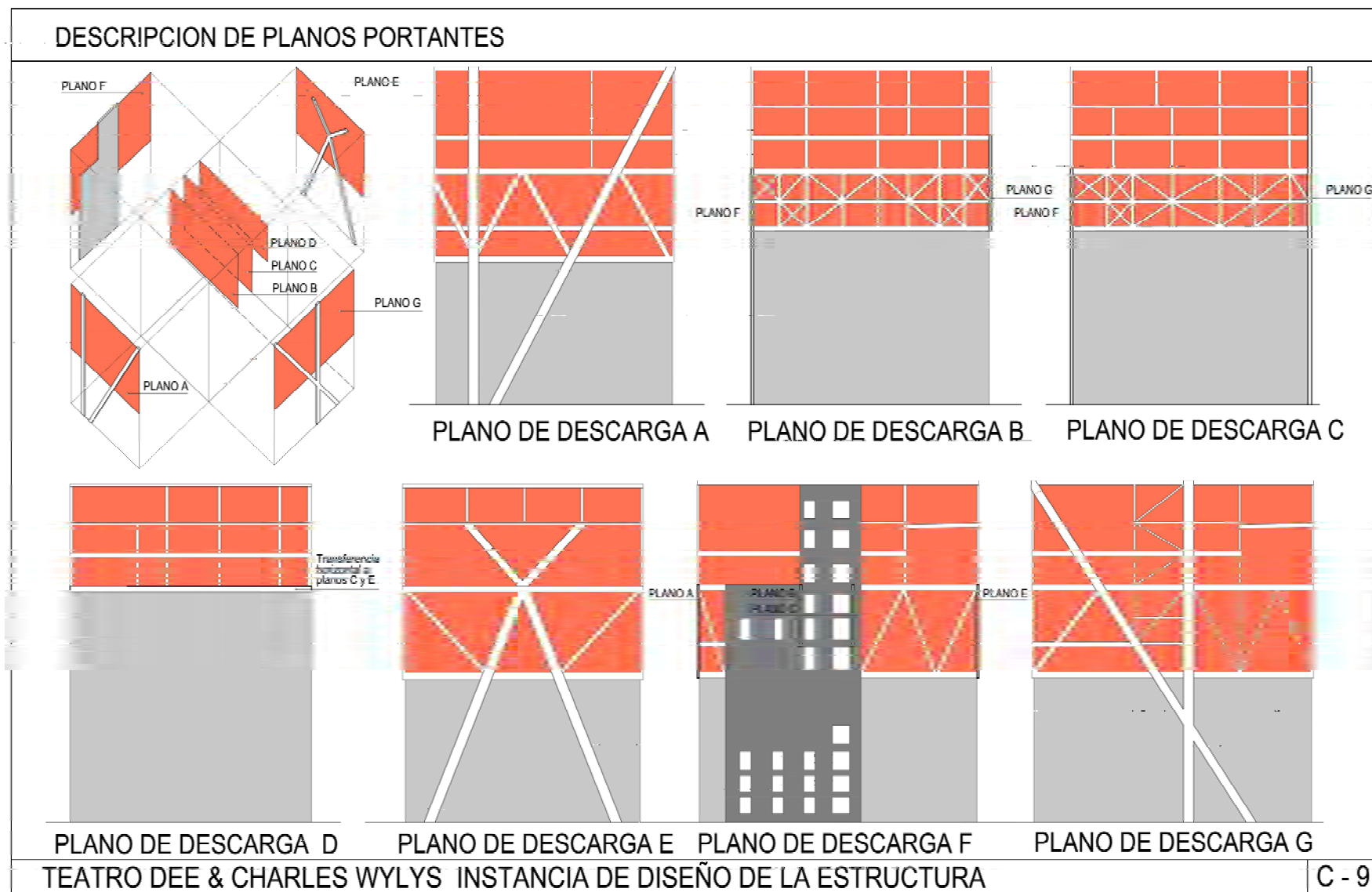
COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA





COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA





COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO
EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

CONCLUSIONES

En la primera parte de la tesis hemos analizado como ha surgido y desarrollado el método compositivo como dispositivo de prefiguración arquitectónica, el cual ha evolucionado desde las primeras aproximaciones academicistas desarrolladas en planta y utilizando la sustracción como estrategia, hasta las experimentaciones con módulo tridimensionales espaciales basadas en la adición de unidades repetitivas. De esas primeras composiciones, nacidas a partir de las teorizaciones de Durand en la Ecole Polytechnique y luego retomadas por Guadet en la Academia, podemos reconocer las siguientes características:

- 1) Utilizan figuras de orden abstracto, que se disponen en planta según direccionalidades controladas por ejes axiales y respetando la simetría como ordenamiento geométrico.
- 2) Cada una de las figuras son geométricamente simples –cuadrados y cubos–, se denominan elementos de composición y son limitados por los elementos de arquitectura que también tienen existencia abstracta.
- 3) Se componen solamente en planta y para darles tridimensionalidad son “levantados” siguiendo las directivas geométricas de la planta ordenadora.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

- 4) La cuestión de los estilos es progresivamente dejada de lado a partir de una búsqueda de racionalidad y eficacia, que van imponiendo progresivamente fachadas mucho más despejadas y libres de ornamento.
- 5) Las operaciones compositivas son de dos tipos: La primera, cerrada en sí misma, considerada como si cada una de las partes a componer fueran espacios sustraídos o tallados dentro de un prisma inicial a los cuales debía amoldarse. La segunda, más abierta, basada en adición de elementos de composición y que se ordenan según ejes axiales, utilizando la simetría como factor de ordenamiento propio.

La composición moderna ha girado desde aquella simple organización en planta de diferentes partes que luego se elevaban en altura hacia una organización del tipo espacial, de características aditivas y abiertas. En éstas, lo que en general se “compone” no son solo locales o ambientes individuales sino también unidades funcionales completas que representan un tipo edilicio determinado, según un criterio de organización propia. Sin embargo, el legado de la composición académica ha sido tan fuerte que dicho modelo ha subsistido para convertirse prácticamente en un modelo universal. Si bien en el modernismo se modificó la iconografía estilística que tiende hacia la total abstracción, la condición de espacio universal tan característico de ese período, puntuado por las columnas, hace que éstas representen las particiones internas de una composición funcional que parte del prisma puro propuesto por L. Corbusier, el cual es sustraído y compartimentado por células menores. El nacimiento del elementalismo en arquitectura propone reinterpretar la composición elemental y generar a partir de la adición de volúmenes, planteamientos mucho más abiertos y flexibles sin una forma previa de control.

Podemos entonces decir que el movimiento moderno ha legado dos tipos de composición que subsisten en la actualidad como dos operaciones básicas de generación arquitectónica:

- La composición cerrada, donde los espacios son sustraídos de un volumen previo conformado por un prisma geométrico regular. Corresponde al lema formalista “La función sigue a la forma”.
- La composición abierta, donde los espacios se adicionan entre sí según una determinada lógica de combinación, sin referirse a ninguna forma previa preestablecida. Corresponde al lema funcionalista “la forma sigue a la función.”

El modelado en planta sigue vigente y solo es superado por la composición basada en módulos espaciales superpuestos en altura, característica del período mega-estructuralista. Estos edificios requieren ser pensados teniendo en cuenta la escala de la ciudad y son totalmente abiertos en su posibilidad de generar variadas configuraciones espaciales. La composición actual en cierto modo continúa dichas estrategias, con la diferencia de que aquellas tenían características que rozaban la utopía en cuanto al tamaño a alcanzar, teniendo en el crecimiento y la flexibilidad de combinaciones su mayor valor. Las composiciones actuales, vinculadas todas ellas al carácter dinámico, virtual y efímero de los tiempos que corren, si bien mantienen una cierta relación contextual mucho más acotada, responden más a las características de edificio cerrado en sí mismo, donde la flexibilidad se da en el espacio interior del edificio y no tanto en su desarrollo formal externo.

En lo referido específicamente al desarrollo constructivo hemos podido observar que estas propuestas en general no han podido tener una relación fructífera con una forma constructiva consecuente con sus

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

desarrollos espaciales. Muchas de las soluciones estructurales empleadas no han podido superar las limitaciones del entramado de vigas y columnas del esqueleto portante, debiendo exigir casi hasta el máximo de sus posibilidades a los miembros estructurales componentes del sistema, o bien recurrir a complicados mecanismos de transferencia de cargas entre planos. En los casos de plantearse soluciones alternativas tampoco éstas han podido superar su protagonismo, que como forma estructural, limitaba el desarrollo expresivo de la forma arquitectónica. Lo que realmente sí se ha logrado a partir de estas soluciones fue precisamente desvirtuar la simplicidad o la “racionalidad” pretendida para este sistema que ha nacido, no solo como una solución estructural, sino también como un modo de ordenación del espacio arquitectónico que ha sido era eficaz para una concepción formal y espacial muy diferente a las experiencias actuales.

Ubicándonos ya en el desarrollo de la tesis, se ha reconocido la evolución del concepto de apilamiento o superposición de piezas como inicio de todo desarrollo constructivo y la manera en que ésta técnica ha condicionado la noción de forma arquitectónica al ser ella misma su generadora. Hemos analizado también cuales han sido sus límites de aplicación y hemos notado que dicha técnica no ha podido desarrollarse más allá de ciertas configuraciones que utilizaban saledizos entre piezas superpuestas y que éstos, además, no podían extenderse más allá de cierta longitud que la propia estabilidad tanto de la pieza individual como del conjunto podía garantizarle. Este “sometimiento” a los principios constructivos arraigados a la gravedad fue el que impidió a dicha técnica seguir desarrollándose, no pudiendo de este modo ser ya funcional a los nuevos conceptos y formas que han ido emanando desde la arquitectura moderna hasta la actualidad. Sin embargo, -y esto es lo que resulta paradójico- la influencia no solamente constructiva sino formal que ha tenido esta particular técnica ha sido muy evidente y ha perdu-

rado como estrategia compositiva que el modernismo asimiló con la idea de caja arquitectónica, y que si bien era susceptible de combinarse espacialmente, éstas quedaban sometidas inicialmente a simples superposiciones en altura. La revalorización de la técnica constructiva basada en el apilamiento que hemos identificado en la arquitectura actual se ha propuesto, más que seguir desarrollando dicha técnica de manera de generar nuevas alternativas formales asociadas a una idea de apilamiento funcional o distributivo, volver a las fuentes constructivas como generadora de forma y expresión. Se ha planteado entonces como una especie de reacción ante tanto despliegue tecnológico y espacial difundida desde la complejidad de los tiempos actuales.

En ese sentido el aporte realizado por Félix Cardellach ha sido fundamental para el avance de la tesis, ya que permite no solamente recuperar lo constructivo como factor decisivo en la concepción de la forma arquitectónica, sino también liberar la componente estructural de sus limitaciones de forma, ubicándola en una posición mediadora con el desarrollo proyectual y alejándola de su predeterminación tipológica. De este modo, la cuestión artística de la arquitectura, -que en este trabajo la podemos emparentar con la estructuración estética de la obra- permite involucrarse nuevamente con la técnica, -referida en este trabajo a la estructura estática-. Las limitaciones estructurales que habíamos observado para poder entender como cajas apiladas diversas configuraciones formales que escapaban de ciertas condiciones básicas de estabilidad, quedan superadas a partir de las consideraciones de Cardellach. Este autor asocia las funciones que cumplen los tendones y ligamentos en los cuerpos de los vertebrados con la posibilidad de definir posibles alternativas de vinculación entre las unidades auto-portantes, interpretándolas como sistemas estereotómicos cohesivos. Estas nuevas consideraciones incrementan

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

de manera notoria el abanico de posibilidades de considerar configuraciones formales varias que originalmente no han sido pensadas como volúmenes apilables directos.

Las revalorizadas teorías de Gottfried Semper, que definían dos maneras antagónicas de concebir constructiva y formalmente un edificio, como son la estereotomía y la tectónica, quedan aquí integradas como una sola entidad. La unidad compositiva pensada como una entidad estereotómica base queda vinculada a otra unidad estereotómica –del mismo modo a como conformamos un aparejo de ladrillo-, disponiendo de elementos de unión asociados a la construcción tectónica. Estas vinculaciones pueden disponerse de manera que queden implícitas y ocultas en la unidad base o por el contrario, encontrarse expuestos para distanciar una unidad de otra. De esta manera, la secuencia estereotomía de los elementos compositivos y la tectónica referida a sus vinculaciones quedan perfectamente integradas.

La técnica del apilamiento, considerada al mismo tiempo como forma previa compositiva y forma estructural base, permite volver a reunir en una misma unidad la cuestión artística de la arquitectura y la cuestión de la técnica. Forma previa compositiva, ya que por sí mismo el concepto de apilamiento se posiciona en las instancias iniciales del proyecto de arquitectura, al asimilarse a la idea de pre-forma propuesta por Kahn, que no deben confundirse con la expresión final de la forma ya concebida, sino simplemente como una entidad suficientemente abstracta y flexible que va adquiriendo forma definitiva en el avance del proyecto, cuando entren en juego otras variables. Forma estructural base, porque el mismo módulo volumétrico posee en su génesis la componente estructural implícita en él, componente que únicamente queda definida por la disposición geométrica de los planos estructurales que contienen los contornos de esa forma previa.

El aporte de Frank Lloyd Wright también ha sido fundamental en lo que se refiere a la composición arquitectónica, pensada como la libre disposición de prismas en el espacio que atienden a una unidad funcional específica. Estos prismas se definen despojados de toda carga material inicial y con un grado de abstracción tal que permite que el mismo no genere una cierta condicionante en el desarrollo evolutivo de la forma que paulatinamente se va concretando. En estos prismas básicos aparece solamente un mínimo grado de materialidad, producto de la descomposición de la caja en sus planos resistentes sin llegar a definir su composición interna, los cuales no necesariamente deben ocupar los contornos de dicho prisma, sino que pueden ocupar cualquier otra posición, sin perder por ello su condición de forma estructural. Esta libertad termina de romper toda relación directa que posicionaba dicha forma junto con la arquitectónica, lo cual sería lo mismo que decir que la estructura estática –tal como la definió César Janello– puede disociarse de la estética sin que esto signifique un distanciamiento entre ambas estructuraciones. Esta situación queda también potenciada por el concepto de estructura ahuecada que se inicia en Le Ricolais y lo introduce en la arquitectura el propio Kahn. La estructura hueca permite pensar la cuestión estructural como un marco contenedor en donde se desarrolla espacialmente las funciones en arquitectura, sin impedir mayormente -en base a la configuración interna-, que los sucesivos espacios definidos entre los planos que lo limitan puedan fluir libremente entre sí.

Respecto de esta cuestión, pueden surgir diferentes aproximaciones en la relación entre la estructuración visual y técnica del edificio, relación que no siempre puede quedar integrada. De hecho, el pensar la unidad compositiva como una entidad estereotómica, no significa que la misma deba materializarse como forma final sino solamente como una entidad abstracta -forma previa diseñable-. En la etapa del desarrollo final de la forma y su construcción la misma puede virar hacia concepciones que tengan que

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ver más con entidades tectónicas sin perder por ello su esencia. Este se convierte en el motivo fundamental de que en los ejemplos de apilamiento que hemos analizado en el capítulo final –salvo el caso del Museo de artes de Quebec- la relación entre la estructuración visual y técnica de la obra queda disociada, sin que ello impida pensarlo como una estrategia posible de apilamiento, en estos casos indirecto.

La realidad constructiva de los módulos compositivos que hemos ido describiendo en los análisis de los ejemplos hace reducir el problema estructural de la tridimensionalidad formal de la caja, -que es como se pensó originalmente- a la bi-dimensionalidad estructural de los planos laterales principales de descarga, al que es necesario recurrir en el momento de pensar la resolución estructural del conjunto. Si las descargas verticales coinciden con algún eje o área que garantice la continuidad de estos planos el problema es sencillo de resolver. En cambio, si la transferencia de cargas no encuentra una continuidad estructural en vertical, que es lo que ocurre cuando los apoyos se desplazan al interior por una cuestión netamente formal, -situación muy común en la arquitectura contemporánea- se debe recurrir a una estructura adicional que recomponga la continuidad estructural. Esta reducción de lo tridimensional a lo bidimensional en lo constructivo provoca ciertas modificaciones o cambios perceptivos en la idea de cajas superpuestas que repercuten significativamente en su expresión final. La propia desmaterialización o ruptura de la caja arquitectónica racionalista que hemos identificado como estrategia proyectual en Wright conlleva una problemática que surge de su propio concepto es decir, la necesidad de liberar el contorno de dicha caja y poder reemplazarlo por planos, líneas o pantallas transparentes o directa-

mente el plano vacío que surge a partir del receso de los apoyos.¹ Esta situación provoca que la lectura de este orden compositivo ya no responda a la combinación de volúmenes en el espacio, porque los mismos ya no son totalmente visibles, reconociéndose de este modo cierta ambigüedad en su interpretación.² Lo mismo ocurre con la componente estructural de dichos módulos, la cual pierde parte de su resolución expresiva, presentándose muchas veces relegada en el interior del espacio y quedando los límites exteriores circunscriptos por el contorno de las cajas. Si bien conserva su concepción como forma estructural base en la instancia abstracta, la misma ya no queda establecida en su condición de “dadora de forma arquitectónica”, asociada con los tipos estructurales básicos. Esta pérdida o alejamiento de la relación directa entre forma arquitectónica y forma estructural no significa que la una u otra deben ser consideradas de manera independiente descuidando a la otra, sino que alude a posibles variantes de esta relación sin que ninguna de ellas pierda protagonismo.

Respecto de las cuestiones específicamente técnicas posibilitantes del apilamiento, podemos hacer las siguientes aseveraciones:

- 1) La posibilidad de trabajar con el concepto de empilage, sin que esto implique el sometimiento a las leyes propias de disposición de las juntas constructivas a compresión que garantice la cohesión y adherencia entre partes.

¹ A esta cuestión nos hemos referido en el capítulo cuatro con las ilustraciones de Wright respecto a la ruptura de la caja arquitectónica.

² En este sentido es asimilable el concepto de transparencia literal y de transparencia fenomenológica propuestos por Colín Rowe con Robert Slutzky. La transparencia fenomenológica alude a una ambigüedad de lectura de figuras superponiéndose una sobre la otra donde cada una de ellas reclama para sí misma la parte en superposición, verificándose con ello una contradicción de dimensiones espaciales. Ver: Rowe, Colin y Slutzky, Robert. (1963) Transparency: literal and Phenomenal, *Perspecta*, vol. 8, Revista de la Yale School of Architecture, p. 45,54.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

- 2) La combinación de los sistemas tendinosos con barras rígidas en forma de puntales, que posibilitan que la derivación de los pesos a través de los elementos estructurales no se refieran exclusivamente a un recorrido vertical continuo, sino que puedan tomar otras derivaciones direccionales.
- 3) En relación a lo anterior, esta combinación entre miembros traccionados y comprimidos permiten superar la condición básica de superposición de los elementos apilados, sin perder por ello la condición de estabilidad y rigidez como condiciones básicas que todo sistema estructural debe cumplir.

Prosiguiendo con la cuestión técnica de resolución de la estructura resistente es importante también recalcar que usualmente se requiere, debido a la complejidad en el planteo de la forma, incorporar ciertos mecanismos resistentes que permitan alterar las lógicas estructurales comúnmente establecidas y que es necesario enunciar. Igualmente, la instancia en las cuales aparecen dichas alteraciones, -a partir de la instancia de pre-dimensionado-, hace que las mismas no influyan de ningún modo en el aspecto general de la estructura. Dichas alteraciones tipológicas incorporadas equívocamente en las instancias iniciales logra que el sistema estructural adoptado sea difícil de comprender y de este modo se convierta en una barrera difícil de traspasar por el proyectista estructural.

El ingeniero Cecil Balmond, al cual nos hemos referido reiteradas veces en el transcurso de la tesis y responsable de la gran mayoría de los proyectos de ingeniería analizados, aplica en sus estrategias de

diseño un sinnúmero de alteraciones³, insertando para ello lo que él ha denominado informalidades que modifican en cierta medida la clásica resolución en esqueleto. Estas estrategias que utiliza son:

- Alteración de todo orden lógico en cuanto a la eficiencia y verticalidad en la transferencia de cargas, que no son lo más directa posible sino que van tomando caminos diversos. Por ejemplo, los grandes voladizos que utiliza requieren un mecanismo indirecto de transmisión de cargas que hacen que los elementos estructurales estén más comprometidos estáticamente. Sin embargo, la gran resistencia y rigidez de todos estos elementos justifican por sí mismos estas particularidades. Sumado a ello, las desviaciones propias de los apoyos verticales, -reconocido por ejemplo en las columnas inclinadas de la Biblioteca de Seattle- son justificables desde el punto de vista funcional y expresivo.
- Total negación o indiferencia hacia la clásica modulación estructural, que es reconocida no solo en la falta total de simetría entre tramos de piezas, sino también en la concepción geométrica propia del elemento estructural. Por ejemplo, en las cerchas superiores de la Biblioteca que cubren cuatro niveles, los apoyos en varios tramos están resueltos de muy distinta manera y poseen separaciones variables. Lo mismo podemos decir en la configuración de la triangulación interna de las barras, al ser todas diferentes. Este recurso se puede ver también en el teatro de Dallas, en donde se altera la configuración de las cerchas principales perimetrales e intermedias para permitir en parte su atravesamiento, que de otra manera queda imposibilitado.

³Algunas de estas estrategias ya han sido descritas cuando nos referimos al trabajo de Bernabéu Larena “Estrategias de Diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond”. En su libro “Informal”, también citado, se alude a estas alteraciones en el diseño.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

- La utilización en simultáneo de muchos de los sistemas o tipos estructurales conocidos, aprovechando sus ventajas en las ocasiones en que más se necesitan para un problema particular. De la misma forma, las secciones con los cuales se resuelven dichos elementos pueden variar de uno a otros. Por ejemplo, podemos reconocer en los ejemplos analizados grandes planos portantes como las cerchas de gran altura, columnas y vigas en la forma tradicional, columnas inclinadas de diversa forma y tamaño, cerchas de un nivel de altura de los cuales cuelga parte de un nivel a través de tensores, mallas estructurales bidimensionales, etc. Lo mismo se puede decir de las secciones de las columnas inclinadas que atraviesan el espacio interior de la biblioteca: algunas tienen sección en doble té y otras tubulares, algunas pueden ser de hormigón y otras metálicas como en el caso del teatro. Esta solución nos remite también a otros proyectos realizados por Balmond como el Kursthall, con sus tres columnas diferentes en secciones y colores exhibidas sin ningún reparo y sin ningún ordenamiento geométrico determinado.

Una de las cuestiones importantes que plantea la tesis es la posibilidad de establecer nuevas relaciones entre la cuestión de la forma arquitectónica -netamente referida a lo artístico- con la componente estructural. –entendida como el mecanismo resistente de los edificios y ubicada dentro de la estructura técnica de la forma- Esta queda posicionada en una instancia inicial de concepción, incluso anterior al diseño de los elementos propiamente dicho y mucho antes de la instancia específica de verificación dimensional o el cálculo. En esta nueva aproximación, los elementos de composición arquitectónica recuperan el protagonismo que nunca debieron abandonar. Específicamente vuelven a convertirse en aquellos elementos a partir de los cuales se define no solamente el envoltorio de la caja estereotómica compositiva sino también su estructura. De este modo lo “compositivo”, término bastante en desuso en la

actualidad, vuelve a emerger con el fin de englobar en un todo armónico las estrategias de diseño que incluye, no solamente las especulaciones abstractas de ordenamiento que le brinda coherencia a las ideas proyectuales, sino que también concierne a todo lo referido a la forma y, dentro de ella a la estructura resistente y lo constructivo.

Lo más importante y generalizable que establece la consideración en simultáneo de las cuestiones de orden artístico y tecnológico en estas prefiguraciones de lógicas combinatorias es el trasfondo didáctico que subyace en esta manera de pensar lo compositivo, apelando a la idea de apilamiento funcional y constructivo como una posible estrategia de diseño y este modo retomarse como una línea de investigación futura. Se valora entonces el carácter genérico y universal de lo compositivo, que permite utilizarse como método aplicable a casos diversos que no se limiten únicamente a la utilización de estrategias de apilamiento.

Entre las ventajas operativas a nivel propositivo que surgen de considerar sistemas estructurales conformados por unidades espaciales apiladas que engloban al mismo tiempo funciones arquitectónicas, podemos enunciar las siguientes:

- Esta técnica de construcción basada en el principio de apilamiento obliga al proyectista de arquitectura a pensar al mismo tiempo, tal como hemos dicho, tanto la constructividad de la obra, -entendiendo por esta la disposición material de los elementos que atiende su estabilidad estructural en el espacio -, como su aspecto formal y expresivo, o sea atender en simultáneo las cuestiones artísticas de la arquitectura conjuntamente con la cuestión de su resolución técnica.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

- Del mismo modo, obliga a pensar simultáneamente la forma arquitectónica con la forma estructural, o sea que posiciona a la estructura resistente en la etapa más fructífera en cuanto a su proceso generativo, ubicándose así en la etapa inicial del proceso proyectual. El arquitecto, de este modo, se convierte en el artífice natural de la instancia de concepción y diseño de la estructura resistente.
- En la instancia de diseño propiamente dicho de la estructura, al coincidir en su generación geométrica con las unidades funcionales, el problema de la disposición de los elementos estructurales tanto en planta como en corte queda automáticamente definida por la estrategia compositiva que surge indefectiblemente de la idea arquitectónica. Esto significa prescindir de una de las etapas que más incertidumbre y confusión genera fundamentalmente al aprendiz arquitecto: el de resolver un esquema estructural eficaz que satisfaga plenamente las especulaciones de orden formal, funcional y expresivo.
- Las unidades compositivas que se desprenden de la idea de apilar funciones, al estar conformadas por elementos estructurales de grandes dimensiones y con elevada capacidad portante, la cuestión de las dimensiones de los elementos deja de tener vital importancia. Esta situación permite prescindir también de lo que hemos denominado la instancia del pre-dimensionado de la estructura, ya que la misma queda incluida y superada por la instancia inicial de concepción.
- Las unidades funcionales compositivas interpretadas como sistemas estereotómicos, al ser posibles – y como hemos visto necesarias– de combinarse de diversas maneras con elementos lineales emparentados con la tectónica, se alejan del determinismo estructura portante–estructura independiente

planteado históricamente como oposición binaria, superando la noción de tipos estructurales pre-establecidos y posicionándose de este modo en el campo de las estructuras denominadas mixtas.

- Los planos portantes en los cuales se descompone la unidad compositiva, al ser susceptibles de realizarse en cualquier material y adoptar en su conformación interna diversas configuraciones, no necesitan ser explícitos en su conformación expresiva, pudiendo parcialmente ocultarse y no manifestarse plenamente, sin que esto implique una desatención hacia la cuestión técnica.
- Una vez definidas las unidades compositivas y auto-portantes, el proyecto estructural queda reducido al planteo de las distintas vinculaciones encargadas de transmitir las fuerzas de orden gravitatorio, viento y sismos a través de las distintas piezas autónomas.
- En relación a lo anterior y en función de sus características tridimensionales, obliga al proyectista a atender más al problema de la estabilidad del conjunto que a la propia resistencia de los propios elementos unitarios que conforman el sistema estructural general. De este modo, tanto la geometría interna de dichos elementos como su propio dimensionado no implica ningún condicionamiento que pueda hacer variar la concepción general de la estructura, verificándose éstos únicamente en la instancia final de cálculo.
- Al tener solamente como condición la estabilidad del conjunto que se desprende de suponer la condición auto-portante de la unidad básica, las estrategias compositivas son fácilmente verificables con la construcción de los modelos en maquetas. De este modo, la maqueta analógica es una herramien-

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ta esencial que permite casi su verificación instantánea en el momento en que ésta es generada, pudiendo entonces articular en una sola instancia las preocupaciones de índole formal arquitectónica con la formal estructural.

- En función de lo demostrado en los análisis de las obras de Koolhaas, la estrategia proyectual propuesta no queda limitada solamente a casos de apilamientos directos con una fuerte impronta constructiva y estructural. Esto significa que la estructura que contiene la unidad compositiva no siempre define a su vez el contorno espacial visible de la unidad, sino que puede mostrar cierta ambigüedad en la manera en que es percibida, pudiendo presentarse al mismo tiempo como oculta a la vista en el nivel concreto pero palpable a nivel abstracto.

A modo de reflexión final, la generación de estrategias de diseño estructural basadas en el empleo de unidades funcionales apiladas, así como su individualización en algunas prácticas arquitectónicas actuales, ha posibilitado recuperar lo compositivo como estrategia pre-figuradora para extraer de él su verdadero significado: el de lograr una concordancia formal entre programa y estructura. Así, la cuestión de la estructura se incorpora espontáneamente y sin conflictos aparentes en el proceso de ideación arquitectónica logrando de este modo generar una conciencia arquitectónica de la misma. Esta resignificación de la composición se convierte en el aporte más valioso que subyace de la tesis, con la intención principal de achicar la brecha existente entre conocimiento tecnológico y artístico, reconocible en la arquitectura actual, tanto a nivel de la práctica arquitectónica como de su enseñanza.

BIBLIOGRAFIA

FUENTES PRINCIPALES

BALMOND, Cecil y SMITH, Januzzi. Informal. 5ª ed. Múnich: Prestel Verlag, 2010. 393 p.

BANHAM, Reyner. Megaestructuras. Futuro urbano del pasado reciente. 1ª. ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 1978. 224 p.

CARDELLACH, Félix. Filosofía de las estructuras. 1ª ed. Barcelona: Editores técnicos asociados S.A, 1970. 208 p.

CHOISY, Auguste. Historia de la Arquitectura. 9ª edición. Buenos Aires: Víctor Leru, 1980. 1114 p.

CORONA Martínez, Alfonso. Ensayo sobre el proyecto. 2ª ed. Buenos Aires: CP67, 1991. 224 p.

CROQUIS, El: OMA Rem Koolhaas. Madrid, (134/135) 2007.

CROQUIS, EL: Prácticas arquitectónicas. Madrid, (142) 2008.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

FRAMPTON, Kenneth. Estudio sobre la cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX. Madrid: Akal, 1999. 384 p.

GIEDION, Sigfried. Espacio, tiempo y arquitectura. Origen y desarrollo de una nueva tradición. 5ª ed. Barcelona: Reverte, 2009. 864 p.

FRIEDMAN, Yona. La arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes. 1ª ed. Barcelona: Poseidón, 1978. 255 p.

HUTH, Steffen. Construir con células tridimensionales. Análisis de un método constructivo. 1ª ed. Madrid: Gustavo Gili, S.A, 1977. 148 p.

KAHN, Louis. Forma y Diseño. 1ª ed. Buenos Aires: Nueva visión, 2007. 63 p.

KAHN, Louis. Conversaciones con estudiantes. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 2006. 96 p.

LE CORBUSIER. Hacia una arquitectura. 1º ed. Barcelona: Poseidón, 1965. 243 p.

PARICIO Ansuátegui, Ignacio. La construcción de la arquitectura. Volumen 3. La composición: la estructura. 3ª ed. Barcelona: Instituto de tecnología de la construcción de Catalunya, 1997. 111 p.

SEMPER, Gottfried. Clasificación de las artes técnicas. [en línea]. Traducido y editado por Juan Ignacio Azpiroz del texto original de 1860-1863. [fecha de consulta: 04 Abril 2011]. Capítulo 2. El estilo en las artes técnicas y tectónicas. Disponible en: semper-estilo.blogspot.com.ar/2011/04/clasificacion-de-las-artes-tecnicas.html.

SUMMARIOS: Moshe Safdie o la antiutopía. Buenos Aires, (3). 1976.

TEDESCHI, Enrico. Teoría de la arquitectura. 3ª ed. Buenos Aires: Nueva visión, 1977. 311 p.

WRIGHT, Frank Lloyd. El futuro de la arquitectura. 2ª ed. Buenos Aires: Poseidón, 1958. 256 p.

WRIGHT, Frank Lloyd. Testamento. 1869 – 1959. 1ª ed. Buenos Aires: Compañía general Fabril, 1961. 220 p.

Zevi, Bruno. El lenguaje moderno de la arquitectura. 1ª ed. Barcelona: Poseidón, 1978. 277 p.

OTRAS FUENTES

HISTORIA Y CRITICA

BENÉVOLO, Leonardo. Historia de la arquitectura moderna. 5ª ed. ampliada. Barcelona: Gustavo Gili. S.A, 1986. 1048 p.

BUSSAGLI, Mario. Arquitectura Oriental. Colección Historia universal de la arquitectura. 1ª ed. Madrid: Aguilar S.A de ediciones, 1974. 433 p.

COLLINS, Peter. Los ideales de la Arquitectura Moderna; su evolución (1750 – 1950). Colección Arquitectura y crítica. 3ª ed. Barcelona: Gustavo. Gili S.A, 1977. 322 p.

DE FUSCO, Renato. Historia de la arquitectura contemporánea. Madrid: Celeste ediciones, 1994. 570 p.

FRAMPTON, Kenneth. Historia crítica de la arquitectura moderna. 3ª ed. Ampliada. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 402 p.

GRADECKI, Louis. Arquitectura Gótica. Colección Historia de la arquitectura. Buenos Aires: Viscontea, 1985. 222 p.

GUIDONI, Enrico. Arquitectura primitiva. Colección Historia universal de la arquitectura. 1ª ed. Madrid: Aguilar S.A. de ediciones, 1977. 385 p.

LLOYD, Seton, WOLFGANG Muller, Hans y MARTIN, Roland. Arquitectura mediterránea Pre-romana. Colección Historia universal de la arquitectura. 1ª ed. Madrid: Aguilar S.A. de ediciones, 1973.

MIDLETON, Robin y WATFLIN, David. Arquitectura del siglo XIX. Parte 1. 1ª ed. Colección Historia de la arquitectura. Buenos Aires: Viscontea, 1983. 198 p.

MONEO, Rafael. Paradigmas fin de siglo. Los noventa: Entre la fragmentación y la compacidad. *Arquitectura Viva* (66): pp. 17-24, 1999.

MURRAY, Peter. Arquitectura del renacimiento. Colección Historia de la arquitectura. 1ª ed. Buenos Aires: Viscontea, 1982. 198 p.

TAFURI Manfredo y DAL Co Francesco. Arquitectura contemporánea. Parte 1. Colección Historia de la Arquitectura. Buenos Aires: Viscontea, 1985. 214 p.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

TEORIA Y PROYECTO

ARAUJO Armero, Ramón. Geometría, técnica y arquitectura. *Tectónica, Geometría Complejas. Monografías de arquitectura, tecnología y construcción.* (17): pp. 4-17, 2004.

BAKER, Geoffrey. Le Corbusier. Análisis de la forma. 6ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 1991. 284 p.

BANHAM, Reyner. Teoría y Diseño Arquitectónico en la era de la máquina. 1ª ed. Buenos Aires: Nueva Visión, 1977. 318 p.

BENEDETTI, Aldo. Norman Foster: obras y proyectos. Barcelona: Ediciones GG, Gustavo Gili, S. A, 1995. 263 p.

BENJAMIN, Andrew. Opening Resisting Forms. Recents projects of Reiser + Umemoto. *Architectural Philosophy, Parte 1*: pp. 69-103, 2000.

BERMÚDEZ, Julio y HERMANSON. Robert. Cultura virtual & Cultura material: Una lectura arquitectónica. [en línea]. 1999. [Fecha de consulta: 05 Julio 2011]. Disponible en: <http://faculty.arch.utah.edu/people/faculty/julio/texto2.pdf>.

BOTTERO, Maria. Organic and rational Morphology in Louis Kahn. *Zodiac*, (17): 240-245, 1967.

BREUER, Marcel. Sun and Shadow. The Philosophy of and architect. New York: Dood, Mead and company, 1956. 206 p.

CAMPOS Baeza, Alberto. Cajas, cajitas, cajones. Sobre lo estereotómico y lo tectónico. En: La idea construida. Buenos Aires: CP67, Librería técnica S.A, 2000, pp. 60-65.

CAMPOS Baeza, Alberto. De la cueva a la cabaña: Sobre lo estereotómico y lo tectónico en la arquitectura. En: Pensar con las manos. 2º ed. Buenos Aires: Nobuko, 2009. pp. 26-35.

CAMPOS Baeza, Alberto. 2010 La estructura de la estructura. 1ª ed. En: La estructura de la estructura. Buenos Aires: Nobuko, 2010. pp. 60-65

CATALANO, Eduardo. La constante. Diálogos sobre estructura y espacio en la arquitectura. 1ª ed. Buenos Aires: Cambridge Architectural Press y Editorial universitaria de Buenos Aires. SEM coeditores, 1995. 211 p.

BIBLIOGRAFIA

- CORBELLINI, Giovanni. Gli spazi S/misurati: strumenti di controllo compositivo nella grande dimensione. Monografia. Venecia,(s.n), 1991. 106 p.
- CORONA Martínez, Alfonso. La composición en la 2º mitad del siglo XX. *Summa* + (70): pp. 98-103, 2005.
- CORTÉS, Juan Antonio. Delirio y más. Las lecciones del rascacielos. *El croquis OMA – Rem Koolhaas 1996 – 2006* (131/132). Tomo 1: pp. 8-29, 2006.
- CROQUIS, El: Prácticas arquitectónicas. Madrid, (142). Diciembre 2008.
- CROQUIS, El: OMA Rem Koolhaas. 1996/2006. Madrid, (131/132). Diciembre 2006.
- CROQUIS, El: OMA Rem Koolhaas. 1996/2007. Madrid, (134/135). Julio 2007.
- CHING, Francis D.K. Forma, espacio y orden. 2ª ed. Ampliada. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 2008. 398 p.
- DEL VALLE, Raúl. La planta dispersa: La evolución de la planta libre. *En*: Campos Baeza, Alberto (comp): La estructura de la estructura. 1ª ed. Buenos Aires: Nobuko, 2010. pp. 70-76.
- DIEZ, Fernando. La Cueva y la nave. *Summa* + (65): pp. 72-77, 2004.
- DIEZ, Fernando. Adición y Sustracción: De la organización a la metáfora. *Summa* +(104): pp. 32-38, 2009.
- DOBERTI, Roberto. Morfología generativa. *Summarios. Morfologías* (9/10): pp. 11-23, Julio-Agosto 1977.
- FERNÁNDEZ, Roberto. Lógicas del Proyecto. 1ª ed. Buenos Aires: Concentra, 2007. 281 p.
- GIURGOLA, Romualdo. Louis I. Kahn. 3ª ed. Ediciones GG, Estudio Paperback. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 1982. 208 p.
- GRINDA, Efren G. Naturaleza y topología en L.I. Kahn. *Fisuras de la cultura contemporánea. Revista de arquitectura de bolsillo* (3): pp. 4-13, 1995.
- IGLESIA, Rafael. Obras y proyectos. *Revista Arq.* [en línea] 2002, n° 51. [fecha de consulta: 20 Noviembre 2012]. Disponible en: www.scielo.cl/pdf/arq/n51/art11.pdf.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

KAUFMANN, Edgar. *An American architecture. Frank Lloyd Wright*. 1ª ed. New York: Horizon Press, 1955. 269 p.

KAUFMANN, Edgar y RAEBURN, Ben. *Frank Lloyd Wright. Sus ideas y realizaciones. Estudio de la obra creadora del arquitecto durante 70 años*. 1ª ed. Buenos Aires: Victor Lerú SRL, 1962. 349 p.

KOOLHAAS, Rem. *Delirio de Nueva York. Un manifiesto retroactivo para Manhattan*. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili S.A. 2009. 318 p.

KOOLHAAS, Rem. *Conversaciones con estudiantes*. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 2007. 93 p.

KOOLHAAS, Rem y MAU, Bruce. S, M L, XL. 1ª ed. New York: The Monacelli press, 2010. 1344 p.

LE CORBUSIER. *Cuando las catedrales eran blancas*. 2ª ed. Buenos Aires: Poseidón, 1958. 294 p.

LEÓZ, Rafael. *Redes y ritmos espaciales*. 1ª ed. Madrid: Blume, 1969. 209 p.

LYNN, Greg. *Levedad. Circo, la cadena de cristal*. [en línea] 1996, n° 34. [fecha de consulta: 18 Junio 2008]. Disponible en: www.mansilla-tunon.com/circo/epoca2/pdf/1996_034pdf.

MASSAD, Fredy y GUERRERO Yeste, Alicia. *Media y teoría en la arquitectura digital. Arqa/ar Comunidad*. [en línea] Enero 2006. [fecha de consulta: 06 Octubre 2011]. Disponible en: arqa.com/comunidad/colaboraciones/media-y-teoria-en-la-arquitectura-digital.html.

MOLINÉ y Lura, Aníbal. *Notas sobre una conferencia de Jesse Reiser. A&P. Revista de la Facultad de Arquitectura, planeamiento y Diseño*.(14): pp. 66-75, 2000.

NASELLI, Cesar. *Morfología arquitectónica y actividades humanas. Sumarios (9-10)*: pp. 42-49, 1977.

NORBERG Schulz, Christian. L.I. Kahn. *Idea e imagine*. 1ª ed. Roma: Officina Edizioni, 1980. 163 p.

PIÑÓN, Helio. *El proyecto como (re) construcción*. 1ª ed. Barcelona: Ediciones UPC. Universidad Politécnica de Catalunya, 2005, 116 p.

QUARONI, Ludovico. *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. 1ª ed. Madrid: Xarait, 1980. 230 p.

BIBLIOGRAFIA

- REISER, Jesse. Solid state architecture. Monografía Reiser + Umemoto. Londres: Academy editions, 1998.
- REISER, Jesse y UMEMOTO, Nanako. Algunos apuntes sobre geodética. *Fisuras de la cultura contemporánea*. (3): pp. 26-31, 1995.
- ROCA, Miguel Angel. Louis Kahn: Arquetipos y Modernidad. 1ª ed. Buenos Aires: Summa, 1984. 96 p.
- ROJO de Castro, Luis. Conversaciones con Zaha Hadid. *El Croquis. Zaha Hadid 1992/1995* (73): pp. 8-21, 1995.
- ROJO de Castro, Luis. Formas de indeterminación. *El Croquis. Zaha Hadid 1992/1995* (73): pp. 22-29, 1995.
- ROWE, Colin. Manierismo y arquitectura moderna. En: Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 1978. pp. 35-62.
- ROWE, Colin. La estructura de Chicago. En: Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 1978. pp. 91-118.
- ROWE, Collin y SLUTZKY, Robert. Transparency: literal and Phenomenal. *Perspecta, Yale School of Architecture* (8): pp.45-54, 1963.
- RUSSELL Hitchcock, Henry. Frank Lloyd Wright. Obras 1887 – 1941. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A, 1978. 428 p.
- SCULLY Jr, Vincent. Frank Lloyd Wright. Barcelona: Editorial Bruguera, S.A, 1961. [125] p.
- SULLIVAN, Louis. Autobiografía de una idea. 1ª ed. Buenos Aires: Infinito, 1961. 236 p.
- TCHUMI, Bernard. Seis conceptos. [en línea] 2012. [fecha de consulta: 11 Agosto /2012]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/108636099/6-Conceptos-Bernard-Tschumi>.
- TYNG, Anne Griswold. Geometric extension of consciousness. *Zodiac* (19): pp. 130-162, 1967.
- ZAERA Polo, Alejandro. Entrevista V Bienal de Santander. [en línea] 2002. [fecha de consulta: 11 Agosto 2006]. Disponible en: <http://www.magisterarq.cl/trayectoria/ptac.ls2002/argpro1.htm>.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

ZEVI, Bruno. Saber ver la arquitectura. Ensayo sobre la interpretación espacial de la arquitectura. 1ª ed. Barcelona: Poseidón, 1976. 222 p.

TECNOLOGIA Y ESTRUCTURA

ARCÁNGELI, Atilio. La estructura en la arquitectura moderna. 1ª ed. Buenos Aires: Eudeba, Editorial universitaria de Buenos Aires, 1965. 391 p.

BALMOND, Cecil. La nueva estructura y lo informal. *Quaderns. Espirales*. (222): pp. 38-45, 1999.

CHARLESON, Andrew W. La estructura como arquitectura. Formas, detalles y simbolismo. 1ª ed. Barcelona: Reverté, 2006. 259 p.

ENGEL, Heinrich. Sistemas de estructuras. 1ª ed. Madrid: Blume, 1979. 271 p.

FERRATER, Carlos. Construir con acero. *Tectónica. Acero II. Estructuras apiladas*. (29): p. 2, 2009.

FORD, Edward R. The details of Modern Architecture. Vol 1. 1ª ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2003. 447 p.

FORD, Edward R. The details of Modern Architecture. Vol 2. 1ª ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2003. 371 p.

FULLER, Richard Buckminster. Design science–engineering, an economic success of all humanity. Conferencia en Tel Aviv durante el congreso Mundial de Diciembre de 1967. *Zodiac* (19): pp. 58-74, 1967.

GRAUSS, Ramón y ROSELL, Jaume. Félix Cardellach y la reinención del Ingeniero. [en línea]. 2010. [fecha de consulta: 12 Agosto 2011]. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/13567/1/2010%20felix%20cardellach%20en%20la%20reinencion%20del%20ingeniero%20graus_rosell.pdf.

JANELLO, Cesar. Estructura y forma. *Revista Parábola, Forma y estructuras. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de Buenos Aires* (4): pp. 27-28, 1961.

JUÁREZ, Antonio. Reflexiones en torno a Robert Le Ricolais. *CIRCO, la cadena de cristal*. [en línea] 1996, n° 39. [fecha de consulta: 03 Mayo 2009]. Disponible en: www.arranz.net/web.arch-mag.com/3/circo/39.html.

BIBLIOGRAFIA

LE RICOLAIS, Robert. 30 ans de recherches sur les structures. *L'architecture d'aujourd'hui*, (108) : 85-101, Junio - Julio 1963.

LIERNUR, Jorge Francisco. Máquinas arcaicas, la obra de Rafael Iglesia en Rosario. *AA Arquitecturas de Autor*. Escuela Técnica superior de Arquitectura. Universidad de Navarra (38): pp. 4-8, 2006.

MAS Guindal, Antonio J. y ADELL, Josep M. Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay. *Informes de la construcción*, vol. 56 (496): pp. 13-23, 2005.

MCDONALD, Angus J. Structure and architecture. 2º ed. Department of Architecture. University of Edinburgh. Great Britain: Architectural Press, 2001. 151 p.

RIGOTTI, Ana María. La cuestión de la estructura: Ossature vs Carcasse. En: RIGOTTI, Ana María y PAMPINELLA, Silvia (comp): Una cosa de vanguardia: hacia una arquitectura. 1ª ed. Rosario: A&P ediciones, 2009. pp. 96-115.

ROSENTHAL, Werner. El estudio de las estructuras. *Ediciones 3, cuadernos del taller serie estabilidad y sistemas constructivos*: pp. 1-27, 1960.

SALVADORI, Mario y HELLER, Robert. Estructuras para Arquitectos. 3ª ed. Buenos Aires: Isla S.R.L, 1974. 374 p.

SEKLER, Edward. Structure, construction, tectonic. En: KEPES, Gyorgy: Structure in Art and in Science. N. York: George Braziller, 1965. pp. 89/95.

SENNET, Richard. El artesano. Colección Argumentos. 2º ed. Barcelona: Anagrama, 2010. 406 p.

SIEGEL Curt. Formas estructurales en la arquitectura moderna. 1ª ed. México, DF: Compañía editorial Continental, 1966. 310 p.

TORROJA MIRET, Eduardo. Razón y ser de los tipos estructurales. 4ª ed. Madrid: Instituto técnico de la construcción y del cemento, 1976. 403 p.

VIOLLET le duc, Eugene. Conversaciones sobre la arquitectura. Décima conversación. Tomo nº 1. Madrid: Consejo general de la arquitectura técnica de España y Obras sociales y caja mediterránea co-editores, 2007. 480 p.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA. REVALORIZACION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DEL APILAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

VIOLLET le Duc, Eugene. Dictionaire raisoiné de l'architecture Francaise. 1854/1868. [en línea] [fecha de consulta: 20 Enero/2013]. Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/arquitectura.

VITRUVIO Polion, Marco Lucio. Compendio de los diez libros de arquitectura. [en línea]. [fecha de consulta: 20 Octubre 2013]. Disponible en: www.estucos.es/bibliografia/Vitrubio.pdf.

ZODIAC: Tensile Space Pneumatic Structures. (21) 1972.

ZODIAC: Etudes et Recherches. Robert Le Ricolais. 1935–1969. Paris. (22) 1973.

TESIS DOCTORALES CONSULTADAS

BERNABÉU Larena, Alejandro. Estrategias de Diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond. Tesis (doctoral) [en línea]. Madrid, España: Departamento de estructuras de edificación. Escuela técnica superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, 2007. 476 p. [fecha de consulta: 16 Mayo /2008] Disponible en: <http://oa.upm.es/910/1/AlejandroBernabeuLarena.pdf>.

BURGOS Flores, Johnny Francisco. Arquitectura y pertinencia, un ensayo sobre la valoración de lo conceptual de la primera generación de la modernidad. Tesis (doctoral) [en línea]. Barcelona, España: Escuela Técnica superior de Arquitectura de Barcelona ETSAB. Universidad politécnica de Cataluña. 1988. 250 p. [fecha de consulta: 20 Noviembre 2013] Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6082/TESIS.PDF?sequence=2.

FERNÁNDEZ Rodríguez, Luisa María. Junta seca. Construcción ligera industrializada, discurso centroeuropeo y tecnología alemana para una nueva tradición. Schindler, Neutra y Breuer. Tesis. (doctoral) [en línea] Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. 2013. 444 p. [fecha de consulta: 08 Mayo 2014] Disponible en: <https://riunet.epv.es/handle/10251/32264?show=full>.

GARCÍA Hernández, Pedro. La agregación modular como mecanismo proyectual residencial en España: El taller de arquitectura. Tesis. (doctoral) [en línea] Barcelona, España: Escola técnica I Superior d' Arquitectura La Salle. Universitat Ramon Llull. Barcelona. 2013. 285 p. [fecha de consulta: 09 Marzo 2014]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/108286>.

JUÁREZ Chicote, Antonio. Continuidad y discontinuidad en Louis I. Kahn. Material, estructura y espacio. Tesis. (doctoral) [en línea] Madrid, España: Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. 2007. 279 p. [fecha de consulta: 27 Setiembre 2011]. Disponible en: oa.upm.es/10639/1/ANTONIO_JUAREZ_CHICOTE.pdf.

CREDITOS DE LAS IMÁGENES E ILUSTRACIONES

Los créditos de las figuras e imágenes se identifican por los números de las imágenes donde se encuentran.

archdaily.com: 137

archinect.com: 29

arch20.com: I

arq.com.mx: 35

Arquitectura Contemporánea.

(1) Viscontea: 4, 83, 84

Arquitectura del siglo XIX. (1)

Viscontea: 1, 28, 59, 60

Arquitectura Mediterránea pre-romana. Aguilar: 52, 54, 56

Auguste Choisy. Historia de la arquitectura: 53, 57, 58

blancallego.com: 43, 47, 48, 49

blogs.ua.es: 27

bosworthsteel.com: 145

Bruno Zevi. El lenguaje moderno de la arquitectura: 81

ca.wikipedia.org: 40

chicago tribune.com: 17

Christian Norberg Schultz. L. I. Kahn. Idea e imagine: 94, 97, 100, 108, 109

Diego Fernández Paoli: 51, 72, 74, 75, 76, 78, 89, 90, 91, 92, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 133, 134, 143.

A-1 a A-6. B-1 a B-11. C-1 a C9

Edgar Kaufmann. An american architecture: 82

El croquis (103): [14](#)

El croquis (134/135): [11](#), [120](#), [127](#), [128](#), [129](#), [130](#), [135](#), [138](#), [140](#), [141](#)

El croquis (142): [71](#), [73](#), [77](#)

elpais.com: [119](#)

elplanzarquitectura.blog.spot.com: [III](#), [IV](#), [142](#)

es.wikiarquitectura.com: [21](#)

Fisuras de la arquitectura contemporánea (3): [105](#)

flickriver.com: [16](#)

floornature.es: [62](#)

Frank Lloyd Wright. El futuro de la arquitectura: [87](#)

Frank Lloyd Wright. Testamento: [85](#)

Henry Russell Hitchcock. Frank Lloyd Wright. Obras 1887 – 1941: [88](#), [93](#)

Informes de la construcción (496): [24](#), [26](#)

Japan architect (133): [65](#), [67](#), [68](#), [69](#)

L'arca plus (08): [61](#)

Louis Kahn. Forma y diseño: [95](#)

Louis Sullivan. Autobiografía de una idea: [19](#), [20](#)

Le Corbusier. 1910-1965. GG: [2](#), [5](#)

Louis Kahn. Le monde de l'architecte: [103](#), [104](#), [109](#)

pinterest.com: [II](#), [23](#), [50](#), [63](#), [101](#), [106](#)

plataformaarquitectura.cl: [22](#)

megaconstrucciones.net: [55](#)

Miguel A. Roca. Louis Kahn. Arquetipos y modernidad: [96](#), [98](#), [99](#)

mimoleskinearquitectonico.blogspot.com: [132](#)

m2darchitects. Blog: concurso Museo Nacional de Bellas artes – Quebec: [118](#), [121](#), [122](#), [123](#), [124](#), [125](#), [126](#)

ntop.gub.uy: [25](#)

oma.eu: [13](#), [136](#), [139](#)

Rafael Leóz. Redes y ritmos espaciales: [10](#)

rex-ny.com: [12](#), [144](#)

Reyner Banham. Megaestructuras: [9](#), [32](#), [107](#)

Ricardo Bofill: [41](#)

schwartz.arch.ethz.ch: [102](#)

Sigfried Gidion. Espacio, tiempo y arquitectura.: [3](#), [15](#), [18](#), [31](#),

[79](#)

Steffen Huth. Construir con células tridimensionales: [33](#), [34](#), [37](#), [38](#), [39](#), [66](#)

Summarios (3): [64](#), [70](#)

Tectónica (29): [30](#), [42](#), [44](#), [45](#), [46](#)

The Japan architect (133): [36](#)

Vincent Scully Jr. Frank Lloyd Wright: [80](#)

vizcayado.blogspot.com: [86](#)

Yona Friedman. La arquitectura móvil: [6](#), [7](#), [8](#)

lst40708.files.worldpress.com: [131](#)