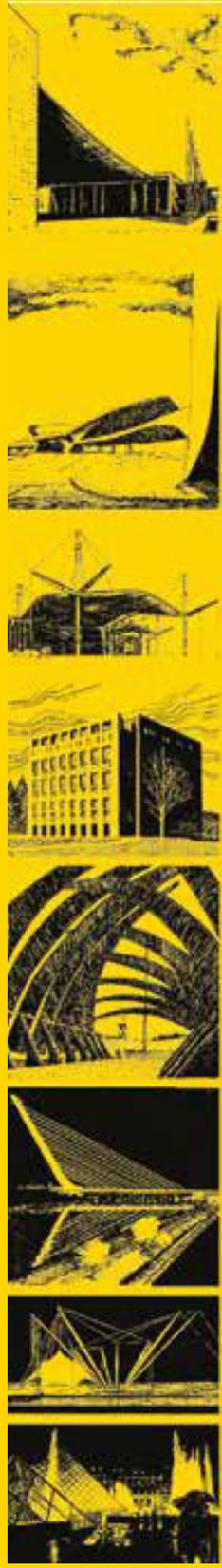


CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Goytia / Moisset



NOEMÍ GOYTÍA DE MOISSET

Arquitecta por la Universidad Nacional de Córdoba desde 1963. Realizó estudios en el Instituto Interuniversitario de Historia de la Arquitectura, dedicándose desde entonces a esa especialidad.

Es profesora titular de Historia de la Arquitectura Moderna, dirige el Laboratorio Experimental de Historia en Relación al Diseño y dicta cursos de postgrado en la Maestría de Desarrollo Urbano. Además dirige el Centro Marina Waisman de formación de investigadores en historia y crítica de la arquitectura dirigiendo también la Revista MW de dicho centro.

Ha dictado conferencias y cursos en diversas universidades de Argentina, Paraguay, Chile y España.

Ha publicado una cantidad de artículos en revistas nacionales y extranjeras además de exponer permanentemente sus trabajos en los más importantes congresos de la especialidad.

Es coautora de los libros "La Cuadrícula en el Trazado de la Ciudad Hispanoamericana" - "El caso Córdoba", y de "Los Poblados Históricos del Norte Cordobés".

Su libro más difundido es "Cuando la Idea se Construye", una historia de la arquitectura que muestra los conceptos instrumentales de base histórica usados por los arquitectos seleccionados en su proceso de diseño.



CUANDO LA **ESTRUCTURA** ES MAS QUE **SOSTENER.**

Noemí Goytia de Moisset - Daniel Moisset de Espanés

CUANDO LA ESTRUCTURA ES MÁS QUE SOSTENER

SEGUNDA EDICIÓN

Cuando la estructura es más que sostener / Noemí Goytía... [et al.] ; fotografías de Inés Moisset de Espanés ; ilustrado por Fernando Torres ... [et al.]. - 1a ed revisada. - Córdoba : Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-8486-12-3

1. Cálculo Estructural. 2. Arquitectura . I. Goytía, Noemí. II. Moisset de Espanés, Inés, fot. III. Torres, Fernando, ilus.

CDD 720.2

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión por ninguna forma o método ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright. Los infractores serán reprimidos con las penas de los Arts 172 y concordantes del Código Penal (Arts. 2, 9, 10, 71, 72, ley 11.723)

Derechos c Reservados por
**FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y
DISEÑO** Universidad Nacional de Córdoba
Vélez Sarsfield 264. Córdoba



CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER

En memoria de nuestra hija Lucía (†)



CRÉDITOS

Ariel Busch dedicó muchísimo tiempo, entusiasmo e iniciativa personal a la diagramación de la primera edición del libro aparecido en 2001, desde la composición de la página hasta el diseño de la tapa.

Fernando Torres innovó el diseño gráfico de la segunda versión del libro. Hoy gracias a su creatividad y profesionalismo el diseño presenta un renovado interés visual que invita al lector a leerlo.

Germán Baigorri. Lucas Peries y Pablo Torres realizaron la mayor parte de los dibujos, los que se identificaron con su firma.

Inés Moisset tomó las fotografías del capítulo sobre Dieste y Consuelo la de portada de dicho capítulo.

Agradecimiento a Laura Giorgiotti y a Agustina Pezza por ayudarnos a que este libro salga en su nueva edición

INDICE

PROLOGO

Noemí Goytia / Daniel Moisset de Espanés

Página 9

EL PAPEL DE LA ESTRUCTURA

Daniel Moisset de Espanés

CAP. 1

Página 10-15

PROCESOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Daniel Moisset de Espanés

CAP. 2

Página 16-39

LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

Noemí Goytia

CAP. 3

Página 40-63

LA METAFORA ESTRUCTURAL

Daniel Moisset de Espanés / María del Carmen Fernández Sáiz

CAP. 4

Página 64-79

LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

Noemí Goytia / Daniel Moisset de Espanés

CAP. 5

Página 80-135

ANALISIS DE OBRAS

Noemí Goytia / Daniel Moisset de Espanés con la colaboración de Rosana Gaggino - María del Carmen Fernández Sáiz y Pablo Pacharoni.

CAP. 6

Página 136-271

UN CASO SINGULAR, LA OBRA DE ELADIO DIESTE

Noemí Goytia / Daniel Moisset de Espanés

CAP. 7

Página 272-298

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

PROLOGO

Nuestro caso particular es el de dos personas con formación que proviene de distintos campos: Noemí del humanismo de la historia y de las ciencias sociales y Daniel de la ciencia y la tecnología de las estructuras.

Pero tantos años de compartir el lugar de trabajo, la biblioteca y las diapositivas nos llevó a la convergencia entre historia de la arquitectura y diseño estructural.

Nos planteamos entonces la posibilidad de investigar la manera en que los arquitectos relevantes de la segunda mitad del Siglo XX incorporaban la estructura a su proceso de diseño arquitectónico.

A partir de 1993, gracias a un subsidio de **CONICOR** y a becarios de **SECYT** pudimos empezar sistemáticamente a reunir información y a profundizar en estos temas. Posteriormente preparamos algunos artículos para revistas y capítulos aislados. También pudimos experimentar la validez y aceptación de nuestras hipótesis en cursos para docentes y graduados en distintas universidades de Argentina, Paraguay y Chile. Finalmente, con un semestre sabático de Daniel en 2000, reunimos y ordenamos artículos y apuntes de los cursos, hasta llegar a darle forma de libro.

Estaríamos muy satisfechos si el lector, después de haber pasado los próximos capítulos, comprende mejor cómo han hecho algunos importantes arquitectos para darle un contenido expresivo a la estructura y más aún, si llegado el caso, el mismo lector decide que sus propias estructuras tengan un papel que vaya más allá de su inevitable misión de sostener.

Daniel y Noemí Moisset

Agua de Oro, enero de 2001
daniel.moisset@gmail.com

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



EL PAPEL DE LA ESTRUCTURA

EL PAPEL DE LA ESTRUCTURA

PRIMER CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



EL PAPEL DE LA ESTRUCTURA

La estructura es la parte de la construcción que se encarga de sostener a la obra toda, incluso de sostenerse a sí misma. Dicho de otra manera, su papel es el de equilibrar las acciones (gravedad, viento, sismo, etc.) con las reacciones del terreno; debe hacerlo sin peligro de rotura, dentro de un nivel aceptable de deformaciones y durante un cierto tiempo que puede considerarse como la vida útil de la construcción. Si cumple eficazmente con ese solo papel ya es suficiente para ocupar su lugar dentro del reparto de roles que tienen las distintas partes de la obra de arquitectura.

Si se observa la bibliografía existente sobre temas estructurales se puede ver que la mayor parte de la misma trata del problema específico de sostener: estática, resistencia de materiales, teorías de elasticidad y plasticidad, estabilidad, durabilidad, en referencia a los materiales corrientes de la construcción como la mampostería, madera, acero, hormigón armado, composites, el mismo suelo de fundación, etc. Los cursos de estructuras de las escuelas de ingeniería y arquitectura siguen ese mismo esquema procurando que el alumno aprenda a lograr que la estructura cumpla con su función de sostener. A veces van mas allá y se preocupan para que además de eficaz sea también eficiente, es decir que logre el objetivo de sostener con el menor consumo de recursos, ya sean materiales, económicos, humanos o ambientales.

Sin embargo, en la arquitectura de todos los tiempos se puede ver que en muchos casos la estructura cumple no sólo con su irrenunciable pero a veces oculto papel de sostener, sino que asume otros papeles que pueden llegar a ser protagónicos en el reparto de la obra de arquitectura. Basta pensar en las bóvedas nervuradas de una catedral gótica para darse cuenta que el tratamiento de la estructura califica al espacio arquitectónico



dándole una expresión que va mucho más allá de la simple función de sostener. Otro tanto ocurre con el modelado de los volúmenes de una obra tan utilitaria como una antena de telecomunicaciones; la estructura adquiere el valor de una escultura y es tratada y percibida como tal.

En el caso de la gran escala, ya sea el edificio de grandes luces o el de gran altura, las mayores exigencias estáticas hacen que la estructura adquiera un rol protagónico; no puede ser ignorada o colocada al final del proceso de diseño, sino que resulta desde el comienzo la generadora de espacios y volúmenes y adquiere un valor monumental.

Habitualmente el conjunto estructural no está formado por un elemento único sino que se va formando por la repetición de varios elementos que se ordenan de acuerdo a distintos tipos de ritmos y proporciones entre sí que son fundamentales en la percepción del objeto en su conjunto.

La estructura también es usada para el tratamiento de la luz ya sea por la distribución de llenos y vacíos, por la variación de las superficies, por los contrastes entre luces y sombras dados por casetonados o nervurados, o directamente por la textura de las superficies.

Otras veces el arquitecto hace sobreactuar a la estructura por medio de grandes gestos retóricos que superan ampliamente las verdaderas necesidades utilitarias; esta actitud se ha dado mucho en la high tech.

Grandes arquitectos han utilizado los elementos estructurales para subdividir y ordenar el espacio interior como lo hizo Mies en el piso inferior de la Galería de Arte Moderno de Berlín, o para organizar el uso del espacio diferenciando lo perteneciente al público



EL PAPEL DE LA ESTRUCTURA

de lo que corresponde a los servicios, como lo hizo Foster en el Centro de Artes Visuales Sainsbury.

También la estructura juega un papel importante en el acondicionamiento ambiental, tanto en lo térmico como en lo lumínico.

Se ve entonces que la estructura inevitablemente **debe** sostener pero que además **puede** desempeñar múltiples papeles en el reparto arquitectónico. Los capítulos siguientes de este libro se proponen explorar las múltiples posibilidades que tiene la estructura y entender el porqué de muchas formas que no tendrían sentido ni explicación si la estructura fuera solamente sostener.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



PROCESOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

SEGUNDO CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



LOS PROCESOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ARQUITECTOS ACTUALES

El conocimiento de la manera en que están diseñando los grandes creadores de las últimas décadas del siglo XX puede ayudar a los profesionales actuales a encontrar su propio camino. Sin embargo no es posible obtener una receta infalible para el arquitecto o ingeniero que debe tomar sus decisiones en función de su propia personalidad y circunstancias.

Los creadores actuales no tienen una sola manera de diseñar; hay muchas diferencias entre unos y otros. Más aún, hay grandes diferencias entre lo que hace el mismo autor en distintas obras contemporáneas, o sucesivas. Se confirma así el principio de la multitendencia que caracteriza a esta época.

Las vías de acceso al diseño estructural son, y han sido, variadas. No son excluyentes unas de otras sino que se complementan y superponen.

Para ayudar a comprender la tesis expuesta se distinguen los siguientes enfoques:

- a)** La lógica constructiva, estática y económica que busca la eficiencia estructural para minimizar el uso de recursos.
- b)** La negación de lo tectónico y estático con una preeminencia de lo estético y de lo sensible por sobre lo racional.
- c)** El rigor de la eficiencia estructural para resolver un problema más complejo que el real, con el objeto de encontrar una solución original.
- d)** La estructura al servicio del acondicionamiento ambiental.
- e)** La retórica de los grandes gestos estructurales que superan el problema estático y se convierten en lenguaje.



- f)** El tratamiento de la estructura como un hecho escultórico.
- g)** El expresionismo mecanicista.
- h)** La transposición metafórica de obras de la naturaleza o de obras humanas de otros campos distintos al de la arquitectura.
- i)** La repetición rítmica monotónica, politónica, o la variación continua.
- j)** El detalle del elemento para dar la escala del conjunto.
- k)** La introducción del recurso informático como auxiliar del diseño, representación, cálculo estructural y construcción.
- l)** La colaboración entre arquitecto e ingeniero con dos protagonistas visibles en la tarea creativa conjunta.

Los verdaderos problemas estructurales se plantean en las obras de grandes espacios sin apoyos o en las de gran altura. Esto puede explicarse, como ya lo hizo el autor en su libro "Intuición y Razonamiento en el Diseño Estructural", por la disminución de la eficiencia de cualquier estructura cuando su tamaño aumenta indefinidamente. (Se entiende por eficiencia la relación entre la carga útil que puede soportar una estructura y su propio peso).

Todos los tipos estructurales tienen una dimensión crítica en la que rompen bajo su propio peso.

El límite de aplicabilidad práctica está muy por debajo de la dimensión crítica. De todos modos, cuando las dimensiones son reducidas, todos los tipos estructurales son posibles y aún los de baja eficiencia pueden resultar aceptables. Pero cuando la escala crece se va reduciendo el número de opciones posibles, y la estructura va tomando necesariamente un protagonismo cada vez mayor.



PROCESOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

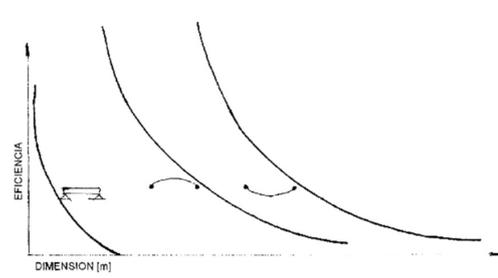
Los tipos solicitados principalmente por esfuerzos axiales, compresión o tracción, son siempre más eficientes que aquellos en los que predominan la flexión, el corte o la torsión, sin olvidar que las de compresión están siempre limitadas por el pandeo. Por eso en las mayores luces reinan las estructuras de cables curvos, las atirantadas por cables rectos, los arcos y las cáscaras. Los sistemas reticulados superan a los de alma llena, cuando hay flexión, porque descomponen la flexión y corte en fuerzas concentradas en barras alejadas entre sí que pueden desarrollar su máxima resistencia.

En las construcciones pequeñas cualquier tipo estructural es válido y el problema estático resulta insignificante en comparación con las otras exigencias arquitectónicas, aún frente a acciones tan severas como los terremotos. En esta escala todos los sistemas tienen una eficiencia más que aceptable y hacer una estructura de cables para 3 metros de luz resulta tan exagerado como tirarle a una mosca con un cañón.

Lo anterior explica por qué se han seleccionado obras de cierta envergadura para estudiar el protagonismo estructural dejando de lado temas tales como la vivienda individual.

La mayor parte de las obras mencionadas en este capítulo están ampliamente documentadas, analizadas y evaluadas en las fichas del capítulo VI (Análisis de obras). Por lo tanto, se recomienda consultar primero, o simultáneamente dicho capítulo para entender el sustento de las conclusiones obtenidas en el capítulo actual sobre los procesos de diseño estructural.

Para dar continuidad al estudio de las obras de las últimas décadas del Siglo XX se ha preferido comenzar con las de Nervi, genial constructor italiano



II. 1

Gráfico que muestra, para cada tipo estructural, como cae la eficiencia cuando aumenta el tamaño de la estructura.



que dominó la escena internacional en las décadas de los 50 y 60, y de su correlato latinoamericano, Eladio Dieste.

Nervi es un diseñador-constructor-empresario, que debe moverse en un medio con graves restricciones económicas. Gran conocedor de las leyes estáticas e inventor de un material como el ferrocemento, para la composición de sus estructuras utilizó la repetición de elementos prefabricados exactamente iguales en el caso de las superficies cilíndricas como el Salón del Automóvil de Turín, o de pocos elementos distintos que siguen una variación continua absolutamente necesaria, en el caso de las superficies esféricas en ambos Palacios de los Deportes de Roma.

Los espacios interiores adquieren un gran valor por la vibración de los contrastes de luz y sombra que obtiene con los nervurados; la traza, sección y dimensiones de los nervios está siempre relacionada con la necesidad de lograr momento de inercia para evitar el pandeo de las superficies curvas y para resistir la flexión de las placas planas, con un mínimo consumo de material.

Nervi aprovecha los resultados de su búsqueda de eficiencia estructural para dar una calidad extraordinaria a los espacios interiores; los casetones según paralelos y meridianos del Panteón romano resultan primitivos frente a la elaborada tracería de las nervaduras que generan los casetones romboidales del Palacete de los Deportes. El sistema compositivo es clásico: hay un basamento de pilares en Y, una transición ondulada, un desarrollo nervurado de la cúpula y una culminación en la linterna central. En el Palacio del Automóvil de Turín se pueden reconocer la nave basilical, el ábside y el deambulatorio.

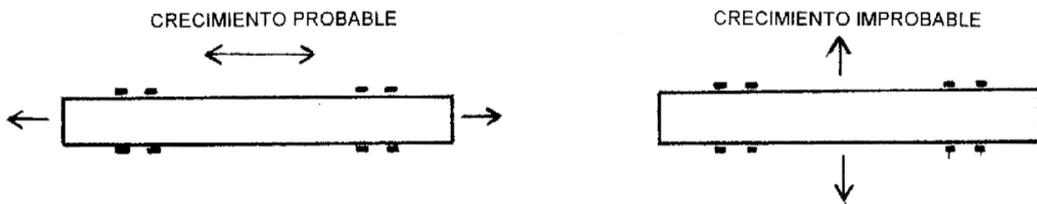
Nervi también usa el modelado escultórico de la forma construida, especialmente los soportes.



Son muchos los ejemplos: los pórticos del edificio de oficinas de Unesco en París, los “truncos de palmeras” del Palacio del Trabajo de Turín, los pilares inclinados del Palacio de los Deportes, los de la Sala de Audiencias Pontificia, etc. Siempre son formas geométricas complejas derivadas de la rotación de formas muy simples (rectángulo, círculo), generadas por la traslación de una recta. La variación continua de las secciones se adapta siempre a la variación de momentos flectores, nunca a una metáfora ajena al campo de la estática. Las generatrices rectas son utilizadas para simplificar la construcción y quedan marcadas como una textura que da testimonio geométrico y tectónico del proceso de diseño y ejecución. Los soportes finales o intermedios suelen llegar suavemente a estrechamientos equivalentes a una articulación. Nervi utiliza este recurso para reducir sus estructuras a esquemas estáticos más simples facilitando los cálculos de esfuerzos. Hay que recordar que en la década del 60 los costosos ensayos de modelos eran la única posibilidad de aproximación a los problemas altamente hiperestáticos. Recién en la década del 80 la irrupción masiva de las computadoras pone al alcance de cualquier profesional una capacidad de análisis que supera a las posibilidades constructivas.

Hay una obra de Nervi totalmente atípica en su planteo que es la fábrica de papel Burgo en Mantua. Es un espacio único lineal, como lo es el proceso de fabricación del papel, de 30 m de ancho por 250 m de largo. La solución normal es salvar la luz menor de sólo 30 m con un elemento estructural lineal y repetirlo monótonamente hasta lograr los 250 m de largo. Es la solución más racional desde el punto de vista de la eficiencia constructiva y económica. Por el contrario, se decide construir una cubierta colgante de cables con 170 m de luz central y voladizos laterales de 40 m. Como es natural durante el Movimiento Moderno, se intenta una explicación racionalista de “la necesidad, exigida

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



II. 2

Esquemas de crecimiento de la fábrica de papel Burgo.

por la previsión de futuras ampliaciones de la instalación, de disponer de un espacio de 250 m x 30 m, completamente libre de los soportes de la cubierta para una zona central no inferior a los 140 m de longitud”. La explicación es poco creíble mientras el proceso siga siendo lineal ya que la expansión se daría por un aumento de longitud de la línea, o por la colocación de una línea paralela. Además el nivel inferior está lleno de columnas separadas entre 6 y 7 m, y los espacios previstos para la ampliación totalmente ocupados por instalaciones varias, una gran fuente, etc.

Es más lógico suponer un deseo tácito o explícito del comitente de tener su monumento dominando el entorno.

Una vez aceptado el desafío de salvar semejantes luces, innecesarias desde el punto de vista funcional y estático, y liberado de las restricciones económicas, la propuesta de Nervi es admirable por su eficiencia mecánica y constructiva, además de constituir, con sus caballetes de 50 m de altura, un hito monumental. El espacio interior no presenta ningún interés fuera de su longitud.

Eladio Dieste es la figura sudamericana paralela a la de Nervi. Como éste, también es un gran constructor que debe competir económicamente para poder subsistir y desarrollarse. En consecuencia recurre a la máxima eficiencia estática y constructiva. Como se encuentra en un medio



industrialmente menos desarrollado inventa un sistema de estructuras laminares de cerámica armada construidas in situ. La forma de catenaria es ampliamente usada para evitar flexiones y economizar material. Construye las láminas con ladrillo común, el material más económico disponible. Desarrolla un sistema de encofrados reutilizables cada 24 horas gracias a la pequeña proporción de junta de mortero en relación a la cerámica, lo que hace competitivo el sistema. Logra así variadas soluciones a diferencia del elenco más limitado de los prefabricados de hormigón. Las líneas curvas de las juntas entre ladrillos, dejadas siempre a la vista, permiten reconocer la geometría de las superficies, y las luces rasantes valorizan las texturas y se obtienen efectos dramáticos. Es admirable que con tantas restricciones económicas y tan simples recursos técnicos, un creador como Dieste haya asumido las limitaciones de su tiempo y lugar para dar una repuesta original y poética a la arquitectura industrial y religiosa.

Sin embargo, sus técnicas y formas geométricas no se han difundido mayormente, quizás porque el sistema constructivo no sea competitivo en otras condiciones de desarrollo tecnológico y social.

Por contraste, otra manera de ser original es abandonar la lógica estructural ignorándola, o aún contradiciéndola. Esto último es lo que hace Niemeyer cuando proyecta el Museo de Caracas.

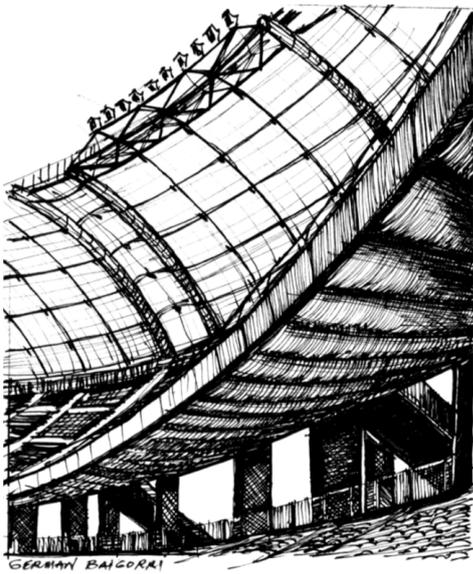
Colocar una masa creciente hacia arriba en una zona con riesgo sísmico produce una forma original, pero poco usada por lo peligrosa e ineficiente que resulta. Además estas formas opuestas a las leyes naturales suelen ser instintivamente poco aceptables para la mayoría. O la supuesta placa horizontal de 70 m de luz que debía cubrir la Cámara de Diputados de Brasilia, que en definitiva se hace como una cúpula esférica con un sobretecho y un cielorraso. De este modo se tenía una eficiencia razonable con una forma final parecida.



II. 3

Proyecto para Museo en Caracas.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



II. 4

Estadio de Bari.

Los trasgresores a las leyes de la mecánica sólo pueden tener éxito en construcciones de dimensiones reducidas, como lo han intentado los deconstructivistas de los ´80 y ´90.

Volviendo a Italia es Renzo Piano quien continúa con la tradición constructiva que se remonta a muchos siglos. Pasado el entusiasmo inicial del Centro Pompidou que en 1972 realiza asociado a Rogers, abandona el mecanicismo “high tech”.

El estadio de Bari para el Mundial de 1990 fig. II.4, es un excelente ejemplo de la utilización de un sistema constructivo totalmente racional y que se lee con claridad en la obra terminada. El esquema estático de las tribunas es muy simple ya que se trata de sectores independientes, cada uno con cuatro columnas y dos vigas principales sobre las que apoyan las vigas secundarias y finalmente la gradería. Además dos ménsulas de acero sostienen la membrana plástica de la cubierta tendida entre ellas. Las vigas secundarias que reciben la tribuna tienen amplios voladizos que generan momentos negativos en todo el tramo. Con el mismo criterio de Nervi en el Auditorio de Unesco, la placa se acomoda en la cara inferior comprimida y tiene una forma doblemente convexa. Esta forma compleja se consiguió moldeando la cáscara y parte de las vigas sobre un encofrado de tierra modelado directamente en el suelo, a pie de obra.

Luego, in situ, se completan las vigas y se unen las columnas. Se trata de un sistema mixto libre de prejuicios puristas.

La totalidad de tribuna superior y cubierta translúcida tiene la forma de una fuente rítmicamente ondulada lo que le da el aspecto de un enorme plato volador suspendido a pocos metros del suelo. La manera de Piano de utilizar, los ritmos estructurales es bastante clásica y está entroncada



en una antigua tradición: pequeñas repeticiones periódicas y acentos con un período múltiplo del anterior.

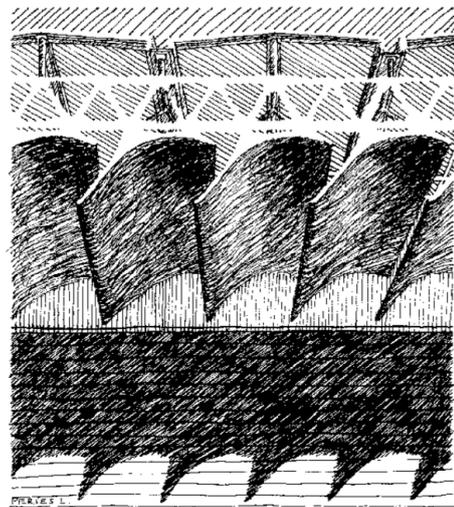
En la galería de arte Menil en Houston se repite un esquema estático muy simple de vigas principales reticuladas que reciben en sus triángulos a las vigas secundarias. Estas últimas tienen una extraña sección de forma curva que está pensada más por exigencias de acondicionamiento lumínico y ambiental, que por motivos estáticos.

Piano proyecta el aeropuerto Kansai como un edificio de 1,7 km de largo, seguramente el más largo del mundo. Para evitar la monotonía de semejante longitud da a la envolvente una suave curva de varios kilómetros de radio, construida a partir de elementos rectangulares iguales. Las variaciones para lograr la curva se obtienen con las tolerancias de vacíos entre los paneles que adoptan forma de cuñas.

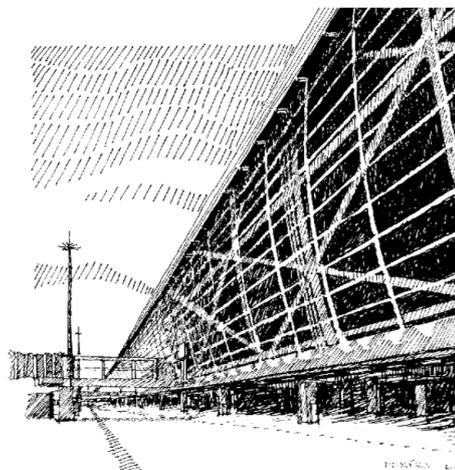
Hay un gran respeto por la repetición constante de lo construido y la variación múltiple está en lo no construido, en lo intertectónico. Aquí también, el perfil aerodinámico de las vigas principales reticuladas espaciales, está en consonancia con la conducción del flujo del aire acondicionado que corre entre el techo y los deflectores del cielorraso.

En esta obra gigantesca el cuidado del detalle constructivo, y especialmente las uniones entre piezas, sirven para dar escala al conjunto y ponerlo al alcance del hombre.

Calatrava constituye un capítulo sobresaliente dentro de los creadores estructurales de fines del Siglo XX. Se encuentran antecedentes de su obra en muchas de Nervi y en algunos planteos de Saarinen. Con un sentido ecléctico usa diferentes recursos proyectuales



II. 5
Galería Menil, Houston.



II. 6
Aeropuerto Kansai.



aún en la misma obra. Veamos algunos:

a) La repetición de elementos lineales con grandes contrastes de luces y sombras. La estación Satolas del tren de alta velocidad en Lyon, muestra esa predilección por la linealidad en la composición con una sucesión gradual de arcos, nervios, nervaduras y estrías. Las rectas se empalman casi siempre con suaves arcos de circunferencia. Los ángulos vivos y formas adiamantadas del arranque de la cubierta de las vías son una excepción.

b) Adecuación de las formas al comportamiento estático. Los sistemas estructurales son fácilmente reconocibles, en general simples, muchas veces representables por esquemas de la estática plana, como arcos articulados. Los nervios son de secciones variables reduciéndose hacia las articulaciones virtuales y ensanchándose hacia los empotramientos. Las uniones son más directas sin el despliegue mecanicista de pernos, bulones, chapas nodales, collares, bielas que caracteriza a la High Tech inglesa (Foster, Rogers, Grimshaw).

c) Invención de un problema distinto y más complejo que el verdaderamente existente; a partir de esta premisa generar una propuesta de alta eficiencia estática, audaz en su concepción, y que difícilmente se repita. Nervi procedió así una sola vez con la fábrica de papel Burgo. Por supuesto que este procedimiento puede llevar a soluciones originales pero siempre mucho más costosas que las tradicionales avaladas y optimizadas por múltiples antecedentes. Se justifica cuando se quiere lograr un monumento además de cumplir con un fin utilitario. Los ejemplos de esta postura son muchos. El más notable es el puente del Alamillo, en Sevilla. La colocación asimétrica del pilón inclinado hace que la casi totalidad del peso del puente descargue en el apoyo coincidente con el pilón, resultando el otro apoyo prácticamente inútil.

En el hipotético caso de que la capacidad portante del suelo en una de las márgenes del río fuera



despreciable, sería casi obligatorio apoyarse solamente en la otra y volar hacia el costado inútil. Este no es el caso; los demás puentes construidos en la misma época con motivo de la exposición del Vº Centenario son todos simétricos.

Para evaluar la eficiencia estática de un puente se puede tomar la altura del tablero con respecto a la luz total que es de 1/45 en el Alamillo. Los puentes atirantados actuales están entre 1/64 sobre el río Ebro y 1/191 el de Barrios de Luna, también en España, todos ellos mucho más esbeltos que el de Calatrava. El hormigón y la carcasa de acero del pilón alcanzarían por sí solos para construir otro puente convencional. Además la existencia de tirantes de un solo lado del pilón produce una extraordinaria sensibilidad a los desequilibrios lo que complica extraordinariamente el control de obra durante la ejecución.

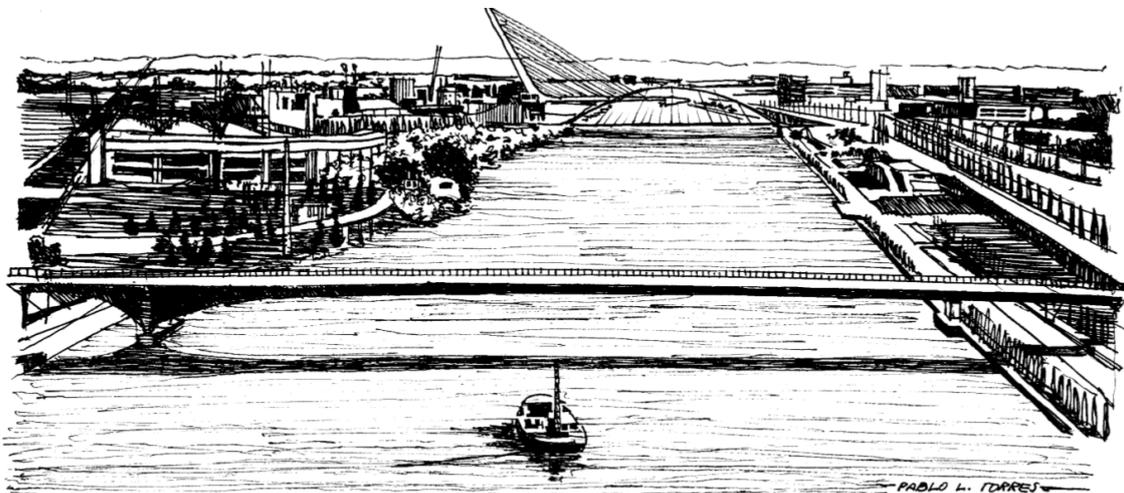
Este puente costó varias veces más que cualquiera de los otros que se construyeron simultáneamente en el mismo lugar. Es el costo que la comunidad está dispuesta a pagar cuando quiere que la obra utilitaria sea también un monumento que le dé prestigio internacional.

Por contraste, el puente de La Cartuja, de Viñuela y Leonhardt fig. II.7, es una simple viga continua de acero, ligeramente asimétrica en sus tres vanos. El perfil estilizado es sumamente esbelto con la suave curvatura superior del tablero y la variación de altura propia de la variación de momentos flectores. Es una forma sumamente eficiente, depurada al máximo por un gran número de experiencias anteriores y que sin duda se seguirá utilizando en muchos puentes futuros por su economía. A diferencia del puente del Alamillo, el de la Cartuja no tiene ningún protagonismo urbano y la persona que atraviesa el río por él no puede apreciar su perfil ni recordará su forma.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

El puente de la Barqueta, de Arenas y Pantaleón, emplazado sobre el río entre los dos anteriores, conceptualmente también está entre ellos. Es un solo arco superior en el plano medio que se abre en dos en los accesos. Los cables que soportan el tablero están en el plano del arco pero no son verticales, ni tampoco concurrentes. La eficiencia estática es total y de ningún modo falta la originalidad en la obra. Si bien no constituye un monumento del carácter del Alamillo no deja de tener su propia expresión y significado en el paisaje.

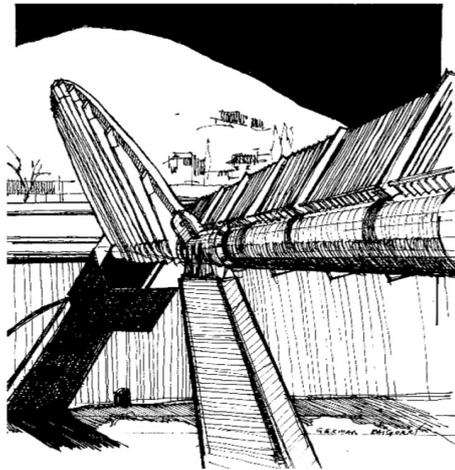
Calatrava ha inventado el problema también en otros puentes. En la pasarela peatonal de Ripoll fig. II.8, decide construir sólo el plano del arco en un costado y el plano horizontal del tablero. Con sólo dos planos resistentes el sistema no tiene rigidez torsional; entonces en la intersección de ambos planos va una viga de sección tubular, la más eficiente para resistir torsiones, y además inclina el plano del arco para centrar la carga en el tubo y evitar las torsiones.



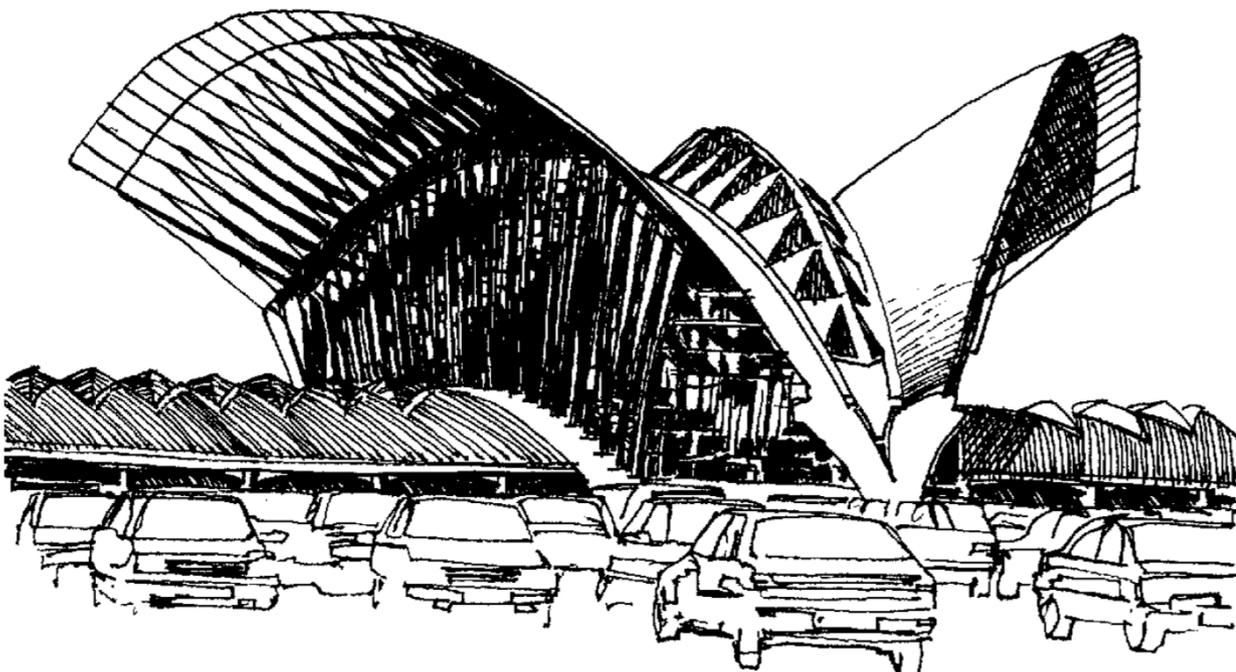
II. 7

Puentes construidos para la Expo-92, Sevilla.

d) La metáfora orgánica. En algún caso la metáfora es más vale parte de un proceso de ideación que explica el propio Calatrava, que una realidad visible cuando la obra está terminada. Es lo que ocurre en el puente de Mérida cuya sección está inspirada en la cabeza cornamentada de un toro pero que ningún observador podrá descubrir por sí mismo. En cambio el hall de la Estación de Lyon-Saint Exúpery TGV, Lyon, fig.II.9, sugiere inmediatamente las alas de un gigantesco insecto.



II. 8
Pasarela peatonal en Ripoll.



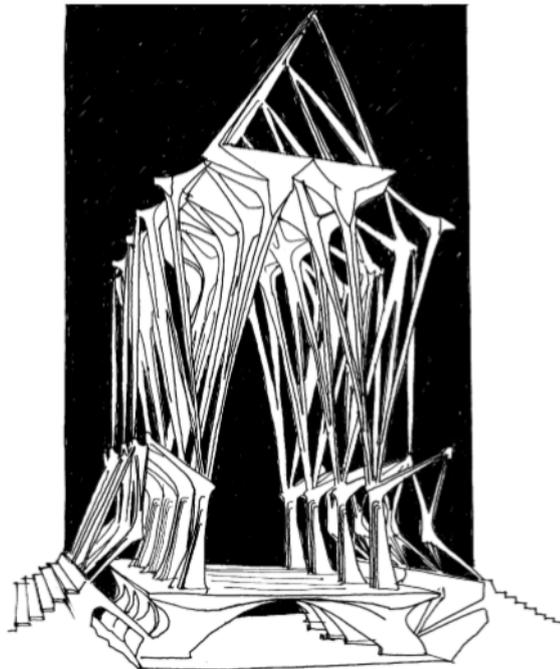
II. 9
Estación de Lyon-Saint Exúpery TGV, Lyon.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Las reminiscencias arborescentes son evidentes en varios proyectos como la catedral de San Juan el Divino, en Nueva York, el restaurante Bauschänzli en Zurich o la plaza BCE en Toronto.

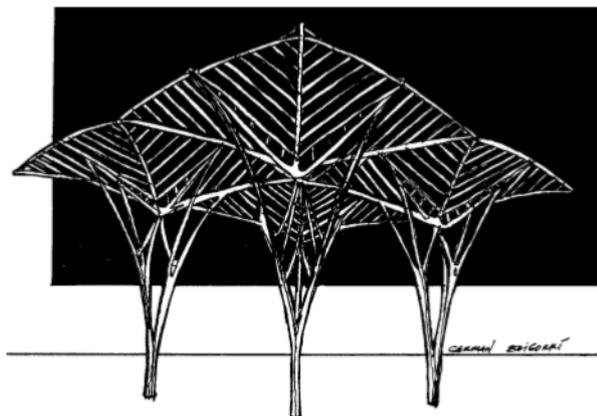
e) Ritmos y arritmia.

Una de las características principales de la obra de Calatrava es la repetición arrítmica de elementos



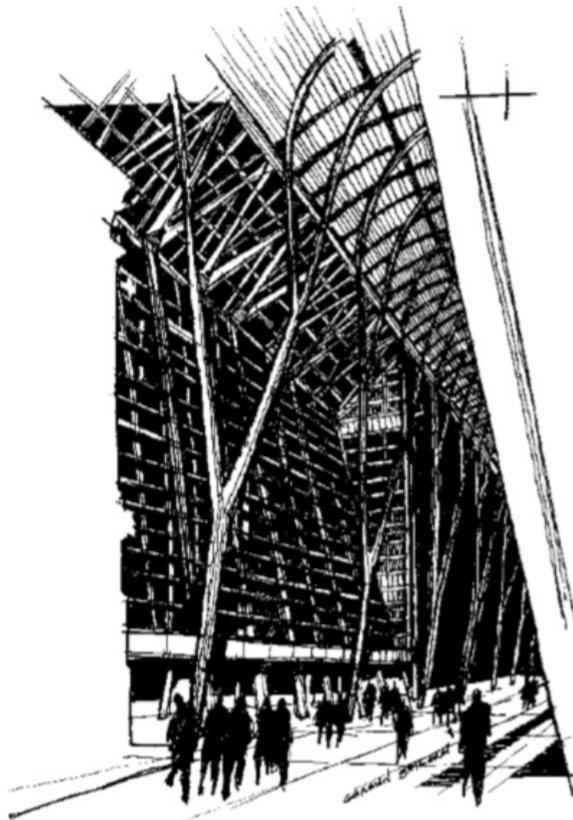
II. 10

Catedral de San Juan el Divino. Nueva York.



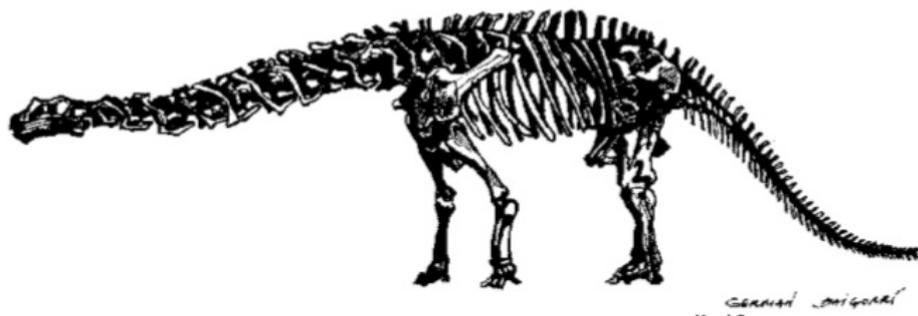
II. 11

Restaurante Bauschänzli, Zurich.



II. 12
Plaza BCE en Toronto.

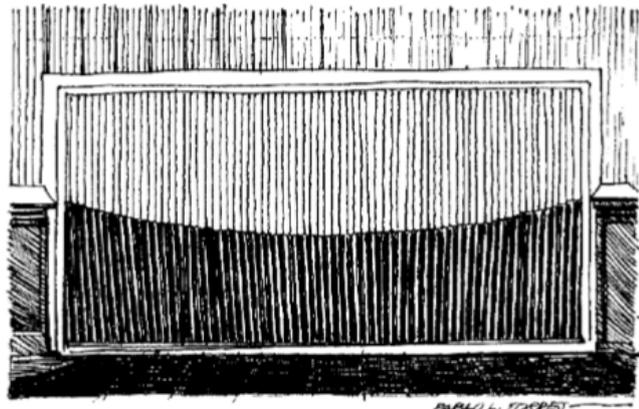
constructivos en los que cada uno se parece mucho al anterior pero se va produciendo en el conjunto una variación continua. Es lo mismo que ocurre con las vértebras o las costillas de un esqueleto.



II. 13
Esqueleto de un dinosaurio.

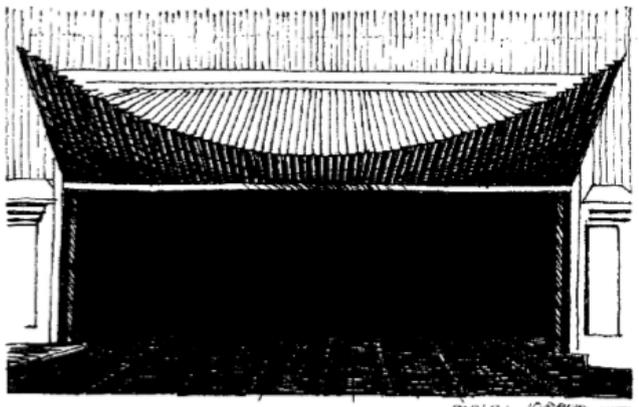
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Y de esa ley morfológica se deriva el zoomorfismo estructural. Como ejemplos pueden citarse el hall de la estación Satolas de Lyon, el Aeropuerto de Bilbao, las cuerdas del “arpa” del Alamillo y en general las uniones entre arco y tablero de muchos puentes, las uniones entre arcos del puente del Cinturón de Ronda en Barcelona, etc.



II. 14

Portón de la fábrica Ernsting, durante su apertura



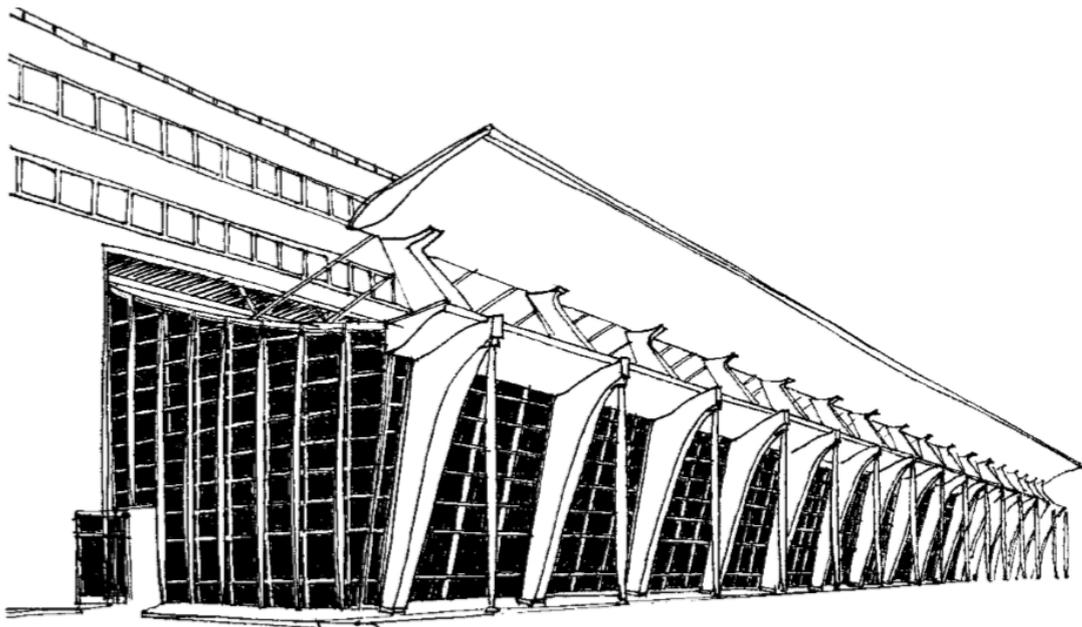
II. 15

Idem, totalmente abierto.



Los portones articulados de la fábrica Ernsting en Coesfeld-Lette y de las instalaciones de la torre de comunicaciones de Montjuic, al levantarse generan conoides por los segmentos rectos de variación continua dando una solución original independiente de las necesidades reales del acceso.

Otras veces, las menos, el ritmo es casi monótono como en el Museo de la Ciencia de Valencia, o en la entrada de la estación de Lucerna donde la repetición indefinida de los escultóricos pórticos de la marquesina apenas queda subdividida por la ligera trama de la carpintería metálica.



II. 16

Pórtico de entrada de la Estación de Lucerna.



f) La estructura como hecho escultórico. Es casi una constante en la obra de Calatrava, el que conjuga las habilidades del escultor, del arquitecto y del ingeniero, en ese orden, que es también el orden en que realizó sus estudios entre 1968 y 1981. Las torres de comunicaciones de Barcelona y Valencia tienen un valor artístico propio y de paso sirven como antenas.

g) El detalle del elemento para dar escala al conjunto.

Basta ver el cuidadoso diseño de las barandas de los puentes y en general el empalme entre las piezas y su entrega al terreno, para darse cuenta de la importancia que tiene este recurso en su forma de diseñar.

Puede concluirse entonces que la obra de Calatrava tiene una constante eminentemente escultórica y monumental con un claro conocimiento y respeto por las leyes de la estática, pero que con un cierto sentido ecléctico, no se priva de ninguna de las posibilidades compositivas del mundo actual; es como si la multitendencia que se encuentra a fines del siglo XX estuviera contenida en una misma persona.

En este período finisecular ha aparecido un solo material estructural nuevo que es el plástico en forma de telas traslúcidas y ya hay una serie de obras interesantes, pero todavía tienen cierto carácter experimental, seguramente por no llevar aún la firma de ninguna de las estrellas internacionales. Lo que sí ha cambiado totalmente los métodos de cálculo, representación y también construcción de estructuras es la computadora. En 1969 cuando Mies van der Rohe proyecta la Galería de Arte Moderno de Berlín, los esfuerzos del emparrillado del techo pudieron calcularse gracias a que sus cuatro ejes de simetría dividen a la malla en ocho sectores iguales y se logró reducir a el problema a un sistema de sólo 45 incógnitas. Apenas 25 años después, cualquier estudiante



de arquitectura de nuestra escuela utiliza para su ejercitación equipos y programas que le permiten lidiar con miles de incógnitas simultáneas.

Otro tanto ocurre con la representación bi y tridimensional con programas que más que dibujar construyen modelos tridimensionales como quien arma una maqueta. La construcción también se ha visto modificada porque la mecanización rígida que venía de la Revolución Industrial requería la repetición idéntica de piezas en grandes series para abaratar los costos. El movimiento moderno había exaltado el uso repetido de elementos iguales, la prefabricación, y la mecanización como un avance sobre la tradicional artesanía de la construcción. Las máquinas de control numérico en cambio, se adaptan rápidamente a distintas operaciones, cambios de formas y dimensiones; la repetición monótona deja de ser una premisa de diseño.

Es natural que muchos grandes arquitectos no estén dispuestos a modificar sus hábitos y a utilizar otro instrumento distinto del lápiz; pero la nueva generación está asimilando rápidamente las posibilidades creativas de la informática. Además como actividad industrial y económica que es la construcción, sólo pueden sobrevivir los que se adaptan a las nuevas formas de producción.

De este modo, Jourda y Perraudin construyen el techo transparente de la Escuela Internacional de Lyon con una compleja superficie de doble curvatura que se cubre con trozos de vidrio que parecen iguales pero que en realidad son de 800 medidas distintas. La anterior racionalización de la construcción evitaría esta situación por el enorme costo de proyecto y ejecución de tantas piezas diferentes. Pero hoy, un programa de computación calcula instantáneamente todas las dimensiones, se archivan en un diskette y se envían a la vidriería cuyas máquinas de control numérico automáticamente cortan y rotulan todas las piezas sin ninguna posibilidad de error.

“
CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Es posible que en pocos años la informática modifique la actitud de diseñadores y constructores de estructuras tanto como ya lo ha hecho con los calculistas. Otra característica de la creación de los últimos años es la participación de grandes empresas consultoras de ingeniería, no sólo estructural, con cabezas visibles que asumen un rol protagónico como asociadas a famosos arquitectos.

Tal es el caso de Ove Arup, Peter Rice, Richard Robertson y William LeMessurier.

Así se da que un arquitecto del talento y trayectoria de Ion Ming Pei que no había dado a la estructura otro papel que el de sostener sin entrar en conflicto con los espacios interiores, pero sin estridencias ni protagonismo, llega a un instante de su carrera en que produce dos importantes obras de trascendencia estructural.

La pirámide de vidrio del Gran Louvre, que hace en colaboración con Peter Rice, es realmente original en su mecanismo estático ya que prescinde de las vigas de las aristas y de nervios paralelos o perpendiculares a los bordes. Los nervios son paralelos a ambas diagonales descomponiendo a la superficie en rombos iguales con una unidad expresiva mucho más agradable que la habitualmente resultante de descomponer las caras en rectángulos y triángulos. La forma parabólica del cordón inferior de las vigas responde exactamente a la variación de momentos flectores, con lo que se consiguen esfuerzos constantes.

Los tensores anulares para contrarrestar la succión del viento completan la tracería de esta cúpula, en la que cada miembro es del material y la sección exacta para resistir el esfuerzo máximo a que estará sometido. Los nudos cuidadosamente detallados son un claro testimonio del proceso constructivo.



PROCESOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el Banco de China en Hong Kong, Pei trabaja con Robertson y Fowler como estructuralistas.

La concentración de esfuerzos en las columnas de hormigón de alta resistencia en las esquinas y las diagonales cada 13 pisos (los pisos de instalaciones) es una inteligente respuesta ingenieril al problema del edificio de gran altura.

El tratamiento exterior como el tallado de una gema, la transformación de los rectángulos con diagonales de contraventeo en elegantes rombos a escala del edificio, las transiciones volumétricas y espaciales, son propias de un arquitecto de exquisita sensibilidad y cuidadoso del detalle.

La relación entre Foster y Arup se da en distintos términos. En general Foster suele usar una retórica estructural deliberada; en el Centro Renault de Swindon, el tipo estructural resulta exagerado para una modesta separación entre columnas de 25 metros; aún así, los primeros esquemas estructurales de Foster son casi inestables por el exceso de semiarticulaciones, lo que es posteriormente resuelto por la intervención de Arup dando lugar a tensores adicionales a las columnas. Las articulaciones, pernos de anclaje, bielas para sujetar los cerramientos, cumplen el rol decorativo que en la arquitectura clásica tenían las molduras y cornisas. Esos detalles son tan importantes que figuran desde los bocetos iniciales que publica Foster.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

3

LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

TERCER CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



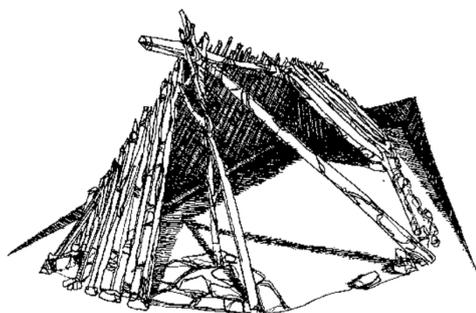
La arcilla se moldea en forma de vasos y precisamente por el espacio donde no hay arcilla es por lo que podemos utilizarlos como vasos. Así pues de un lado hallamos beneficio en la existencia. De otro lado en la no existencia. Lao Tsé (550 aC)

Introducción

Se ha repetido muchas veces que la arquitectura hace espacios, pero definir un espacio es pensar en las relaciones sensibles tanto como racionales, que el habitante establece con el ámbito en que se encuentra y por el que se desplaza. Cobra entonces importancia sustancial la materialidad de las formas que lo limitan, puesto que radica allí una parte importante del estímulo de esa vivencia espacial. El tema que se desea analizar aquí, es qué rol juega en ese espacio la estructura.

Espacio y formas fueron interdependientes hasta el siglo XIX. Si se piensa en la arquitectura desde los tiempos más remotos, se encuentra siempre la preocupación por buscar los materiales de construcción y adquirir el ingenio para ensamblarlos y de ese modo materializar el necesario cobijo. La piedra, las ramas, las pieles, la arcilla fueron los primeros recursos que se utilizaron y que dieron origen a formas estructurales arquetípicas: el entramado, el plano sólido resistente y la forma plástica, vigentes aún hoy como elementos de sostén y sostenido, a la vez que como cierre del cobijo, al que contribuyen a calificar y darle significado.(fig III.1)

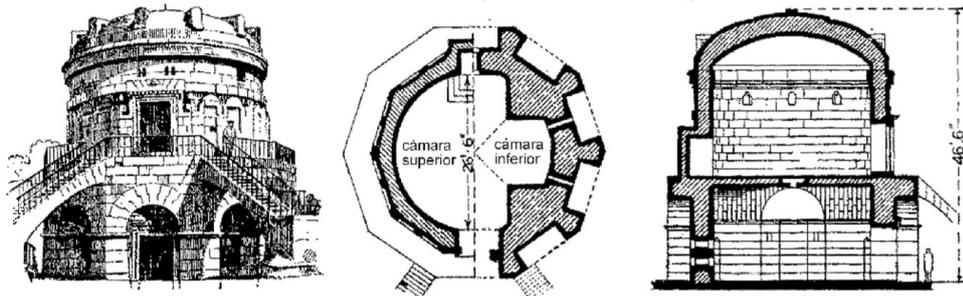
La génesis de toda obra de arquitectura comenzaba con la idea de un ámbito encerrado por muros continuos de barro, ladrillo o piedra, configurantes exteriores de la "forma" del cobijo interior. El muro era entonces el origen de la estructura portante.



III. 1
Choza primitiva.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

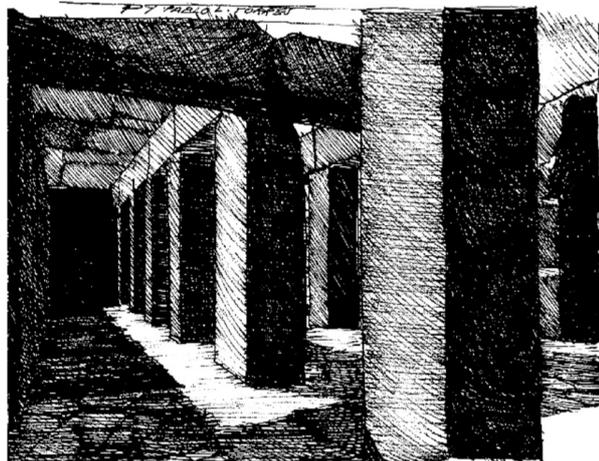
Se trataba de configuraciones simples de espacios unitarios, donde el principal papel como refugio estaba presente o bien de espacios de celebración, como reflejo del anterior. Un ejemplo algo tardío de esos ámbitos es la tumba de Teodorico de Ravena (fig III.2), cuya estructura, configuración interior y forma exterior, es asumida por una masa pétreo unitaria, coronada por una curiosa cúpula monolítica.



III. 2

Tumba de Teodorico.

Al abrirse esa pared con huecos para dejar pasar la luz y para permitir mirar hacia el exterior, surge la ventana y la puerta con dintel y enseguida, por qué no, la idea de sustituir el muro por columnas y vigas como ya lo descubrieron los egipcios 2000 años AC (fig. III.3) y tan bien lo expresara L. Kahn en sus clases.

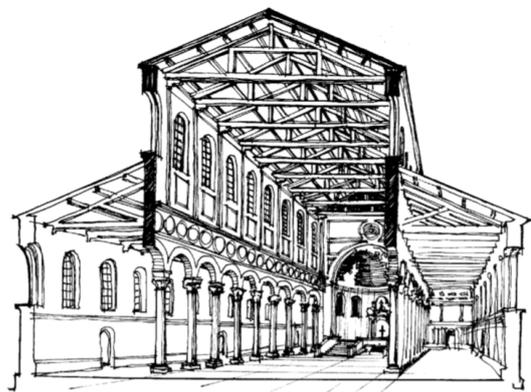


III. 3

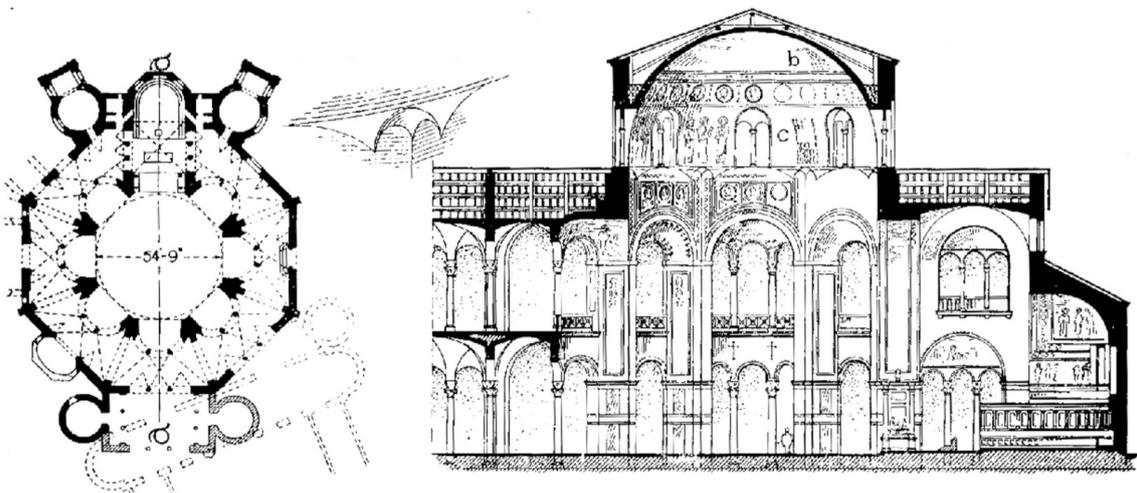
Templo de Kefren.

LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

A partir de entonces y pensando en el espacio interior exclusivamente, podría decirse que históricamente la estructura ha cumplido varios roles, no sólo como soporte, sino como responsable de jerarquizar perceptualmente y materialmente los ámbitos en principales y secundarios y de ordenar los ejes de desplazamientos de los habitantes ya sean secuenciales o centralizantes. Para esta última finalidad se ha valido de recursos geométricos, como son las líneas directrices virtuales creadas por alineaciones de columnas, por ritmos repetitivos de soportes y arcos o cerchas, capaces de orientar, encaminar, y estimular movimientos vivenciales, hacia adelante, hacia arriba, hacia los costados, hacia abajo. De igual modo, la aparición de las columnas exentas, alejadas de la envolvente continua exterior complementada con cubiertas modulares, como por ejemplo, las bóvedas por arista, contribuyen a definir los espacios principales y secundarios, en composiciones complejas (fig. III.4). Un ejemplo histórico extraordinario es San Vitale, donde no se puede ignorar el papel ordenador y calificador de la estructura (fig. III.5).

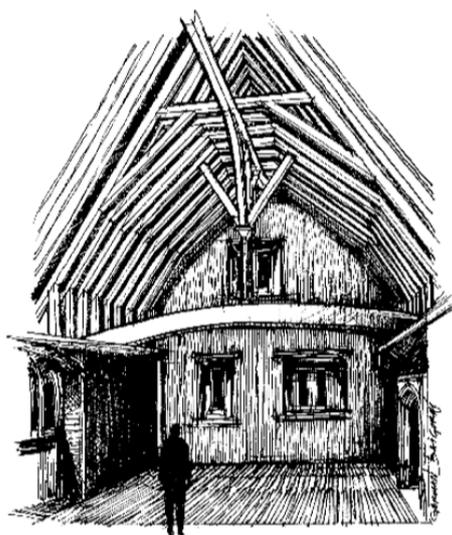


III. 4
San Apolinario in Classe. Interior.



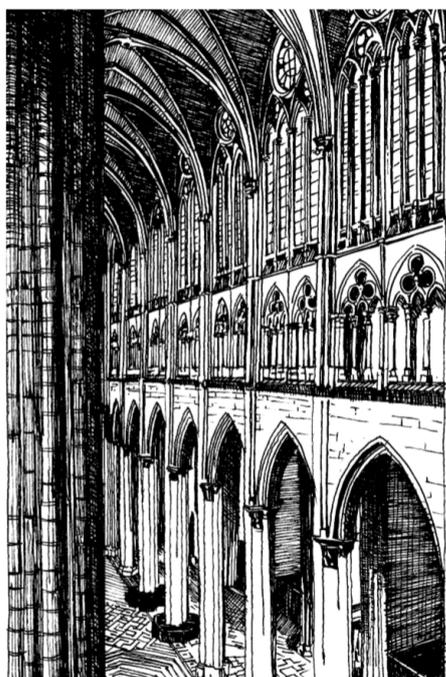
III. 5
San Vitale.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



III. 6

Construcción doméstica medieval.



III. 7

Catedral de Amiens.

Si se piensa solamente en la estructura dentro de los esquemas tipológicos más simples de espacios: el central isotrópico y el longitudinal o dirigido, claramente se va a comprender su rol organizador, su capacidad para marcar los ritmos y las pausas en el recorrido, para indicar caminos, y enmarcar visuales

Un simple ritmo marcado sólo por cabriadas repetidas de una cabaña primitiva o un cobertizo utilitario señalan una directriz predominante, sin renunciar en este caso a representar al mismo tiempo la idea de refugio, asociada en el imaginario colectivo con el techo a dos aguas. (fig. III.6). La bóveda continua, alternativa de la cabriada con sus pilastras repiten esta intención de direccionalidad unifocal. Otras búsquedas creativas mientras tanto, logran esta directriz por medio de una estructura genial, compleja y rica, la del espacio gótico de una catedral de varias naves separadas por hileras de columnas con girola y cubiertas en cada tramo por fascinantes bóvedas de crucería. En este caso es fundamental en la percepción de la atmósfera espiritual, casi mágica, la luz entrando como rayos refulgentes de colores y destacando los huesos de esa estructura (fig. III.7).

La clásica cúpula, imagen de un orden cósmico universal, más allá de hacer de techumbre, marca siempre un claro punto central culminante, en los espacios isotrópicos, sean simples como en el Panteón de Roma o más complejos, con espacios subordinados según su jerarquía, como en Santa Sofía en Constantinopla (fig. III.8 y 9)

Los arquitectos desde la antigüedad conocían perfectamente el papel expresivo que podía lograrse a través de la estructura, considerada no sólo como un soporte, sino también como portadora de gran parte de la decoración, enriquecedora de los ámbitos. La estructura jugaba como uno de los componentes que merecían mayor atención para

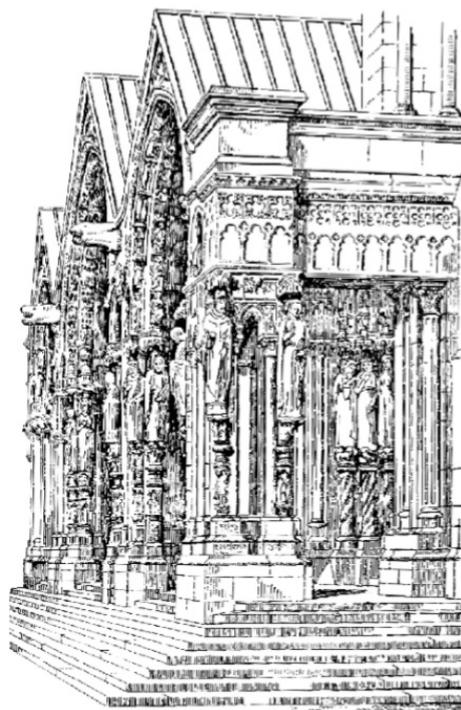


LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

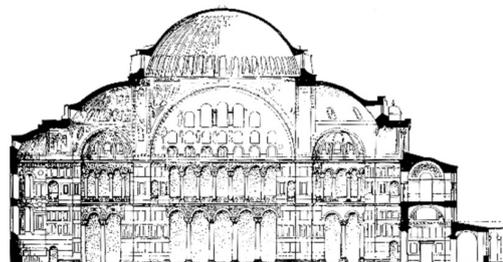
el diseñador, y así lo muestran las piezas que componen ese soporte: columnas con sus capiteles realizados por hojas o cornamentas, frisos con decoración y molduras, arco, arquivoltas, bóvedas y cúpulas con casetones por nombrar sólo algunos recursos (figs. III.10 y 11). Esas piezas son las portadoras de gran parte de la decoración, llámese pinturas, relieves escultóricos con sus salientes y entrantes, luces y sombras, texturas y brillos de mármoles o la rusticidad del ladrillo o la piedra apenas desbastada, rasgos valorados a través de las percepciones de la vista y del sentido háptico de todo ser humano sensible. No hay que olvidar tampoco la silueta recortada exterior de las iglesias góticas cuyo perfil responde a la presencia de elementos estructurales fundamentales como arbotantes, botareles y pináculos



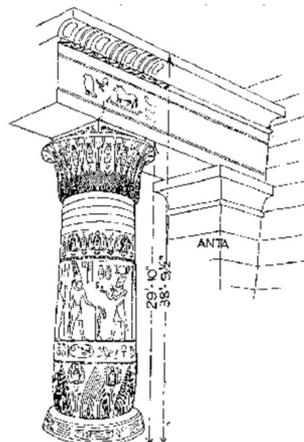
III. 8
Panteón.



III. 10
Catedral de Chartres, entrada.

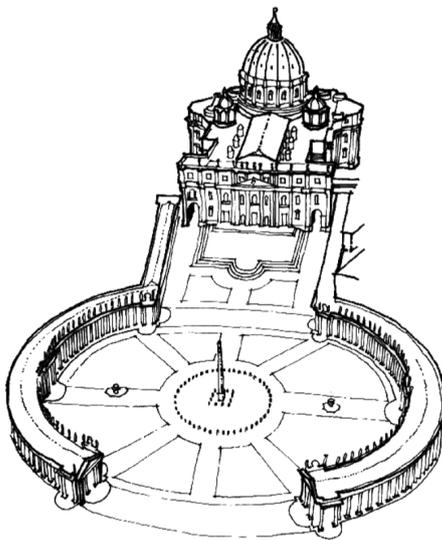


III. 9
Santa Sofía.



III. 11
Columna y entablamento egipcio.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



III. 12

Columnata de San Pedro.

En otros casos, la sobredimensión de los soportes para cumplir con los efectos que busca el diseñador y dónde no es por cierto despreciable el sentido de escala necesario para el espacio ideado, hacen que se pueda hablar de una estructura perceptual diferente de la física. Basta mencionar la Columnata de Bernini en la Plaza de San Pedro (fig. III.12) o más cerca en el tiempo a la casa Otolenghi sobre el lago de Garda de Carlo Scarpa (fig. III.13).

Cabe todavía hacer una reflexión más sobre la relación espacio estructura: la arquitectura es sin duda un arte tectónico. En la escultura se crea sustrayendo a partir de un volumen existente; en la arquitectura se crea añadiendo, ensamblando miembros alrededor de una idea espacial pre-existente. La tectonicidad de la arquitectura se manifiesta por componerse de elementos que se unen en el lugar de su implantación, aunque su resultado final pueda tener la apariencia de una sustracción del volumen, como espacio hecho hueco al modo de la escultura. Semper se refiere a un espacio estereotómico cuando apunta a esta virtual concepción escultórica de la arquitectura reconociendo que fue el camino más transitado por la arquitectura monumental de todos los tiempos hasta el siglo XIX.



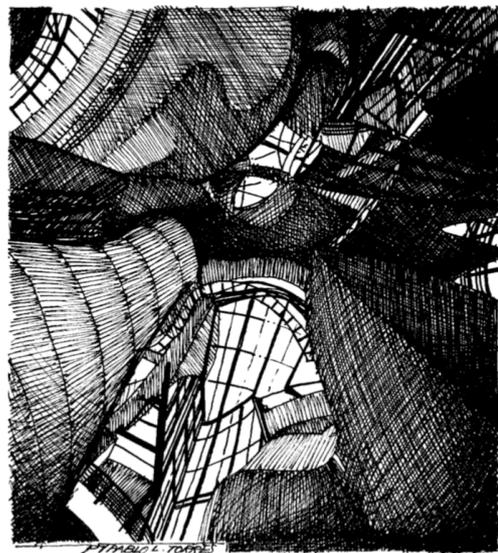
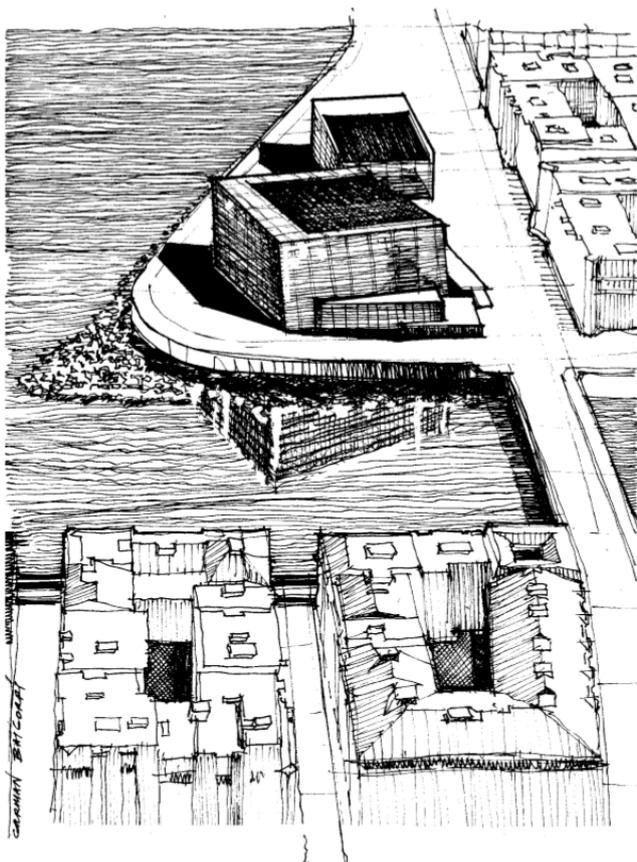
III. 13

Carlo Scarpa. Casa Otolenghi.



LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

Las pocas excepciones que se pueden señalar por su respeto a la expresión tectónica de separar analíticamente los componentes de su estructura, corresponden a la arquitectura gótica. Hoy el modo de construir por adición pero con apariencia de sustracción del volumen al modo del escultor para generar el espacio como hueco excavado, sigue teniendo vigencia. Ejemplos elocuentes son las obras de Ghery en el Guggenheim de Bilbao (fig. III.14) o las de Moneo en el Kursaal de San Sebastián (fig. III.15) o las obras más modestas como una simple casa de mampostería



III. 14

Ghery. Museo Guggenheim, Bilbao.

III. 15

R. Moneo. Kursaal.

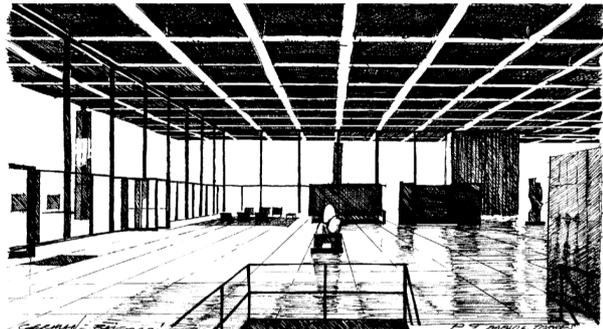
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La estructura a partir del Movimiento Moderno

A partir del Movimiento Moderno con un concepto diferente interesado en marcar la continuidad de un espacio único total infinito y dinámico, independiente de los objetos, se abre la frontera entre exterior e interior. Las columnas, soportes aislados de la cubierta asumen el rol en muchos casos de marcar, ordenar, separar, conformar planos virtuales en el continuo espacial, fluido, nunca más encerrado (fig. III.16).

Se generaliza al mismo tiempo, manifestar el desglose de los miembros de la estructura y los cerramientos, del sostén y lo sostenido, que aparecen ahora como fuerzas fuertemente articuladas y diferenciadas. Esta manera de expresarse, reflejo magnífico del paradigma analítico mecanicista de la modernidad, esta relacionado también a un concepto acuñado ya por los griegos de Tecton como carpintería y lo tectónico referido a la carpintería, que va a caracterizar al Estilo Internacional.

La tecnología alimenta la imaginación creadora de los Maestros del Movimiento Moderno. Los arquitectos buscan estímulos en otras disciplinas para aplicar sus técnicas en los nuevos edificios. Muchas búsquedas se encaminan a aplicar materiales y envoltentes utilizados en objetos de producción industrial y sistemas de producción y montaje por sumatoria de módulos, donde siempre es posibles agregar otro más.



III. 16

Mies. Galería de Arte Contemporáneo, Berlín.



LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

En el campo de las ideas, sin duda que la industria productora de automóviles, barcos y aviones tuvieron un alto valor como modelos para producir la arquitectura seriada, prefabricada, aunque en la práctica la metáfora industrial no resultase todo lo aplicable que se pudiera pensar.

Las envolventes livianas, no ya como masa pétreo, sino más bien como delgada piel tersa, lisa, sin sombras ni claroscuros, traslúcida a veces transparente otras, varía la calificación de los espacios, desde ahora de límites indefinidos, cada vez con sensación de más amplios y bañados de luz natural. Pero es el uso del vidrio en grandes paños, junto a las estructuras de hierro los que contribuyen en gran medida a redefinir esos límites espaciales a partir de fines del siglo XIX. Son estos recursos los que generan esos espacios dinámicos abiertos. Al respecto decía el diario The Times de Londres, el 2 de mayo de 1851 respecto al Crystal Palace: "Sobre los visitantes se elevaba un arco luminoso, aún más elevado y espacioso que las bóvedas de nuestras catedrales. A uno y otro lado la vista parecía infinita"¹ (fig. III.17)

Sin duda **las estructuras de entramados y las de grandes luces** son las que definen un nueva revolución espacial. Liberaron a los arquitectos de la restricción propia de las técnicas constructivas y de los materiales tradicionales: espacios de luces pequeñas, resolución compositiva en células, dependencia absoluta de las paredes de carga como estructura y como cerramiento. La tecnología de esta revolución fue generada ya en el siglo XIX. A partir de entonces, al liberar muros y tabiques de la estructura, el espacio arquitectónico pudo jugar con mayor libertad y alcanzar sobre todo escalas hasta entonces impensables. Surgen nuevas tipologías tectónicas, nuevas resoluciones estructurales y constructivas, muy diferentes de las resoluciones tradicionales: por ejemplo

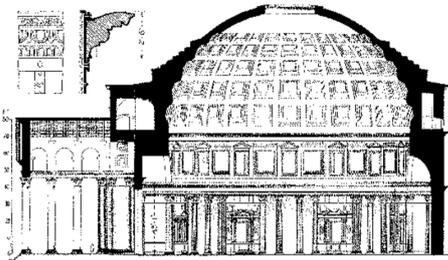


III. 17

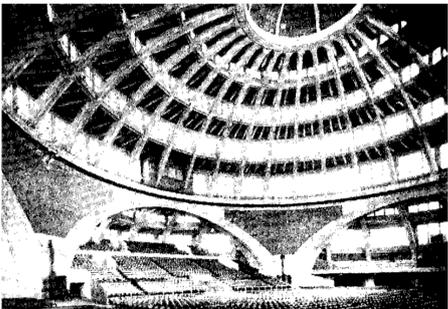
J. Paxton. Crystal Palace.

1- Norberg Schulz, Intenciones en arquitectura

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



III. 18
Panteón de Roma.



III. 19
Jahrhunderthalle.



III. 20
Terminal de Omnibus de Córdoba.

el arco de tres articulaciones, las cúpulas de costillas de hormigón armado que superan por primera vez las luces del Panteón de Roma del siglo I, con la posibilidad de una envolvente de sólo pocos centímetros de espesor en lugar de los 6,40 metros de grosor que requería el Panteón. (figs. III.18 y 19)

Los tipos clásicos de espacios como el basilical y el central, se ven enriquecidos por la aparición de una gama inmensa de nuevas posibilidades dadas por espacios anisótropos de crecimiento infinito en dos direcciones, como los pabellones de exposiciones.

El elenco de nuevos tipos estructurales no deja de crecer desde entonces. Todo el siglo XX, presenta una diversidad cada vez mayor de estos tipos en sus infinitas variantes y por tanto de nuevos posibles espacios arquitectónicos: estructuras de entramados, reticuladas, bóvedas en sus distintas versiones: cañón corrido o por arista, cúpula, mallas espaciales, cúpulas geodésicas, estructuras laminares de simple y de doble curvatura, estructuras plegadas o suspendidas, membranas tensadas, estructuras neumáticas, estructuras en arco, pórticos etcétera, etcétera. Muchos de estos tipos estructurales ya existían desde la antigüedad, como las bóvedas y las cúpulas pero ahora al ser muy delgadas, sin contrafuertes exteriores y de dimensiones inmensamente mayores encierran espacios totalmente diferentes. La escala, la luminosidad, la esbeltez de sus miembros cambian las relaciones que el hombre hace con estos ámbitos.

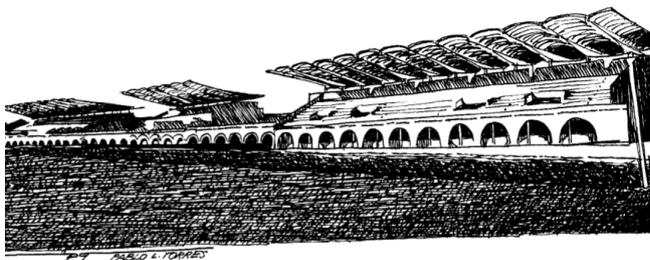
A modo de ejemplos, ya que se encuentran innumerables casos en la arquitectura actual, se ha seleccionado aquí una obra didáctica por tipo estructural. Se trata de la aplicación de tipos estructurales nuevos en la generación del nuevo espacio, a la vez que constituyen su elemento expresivo principal.



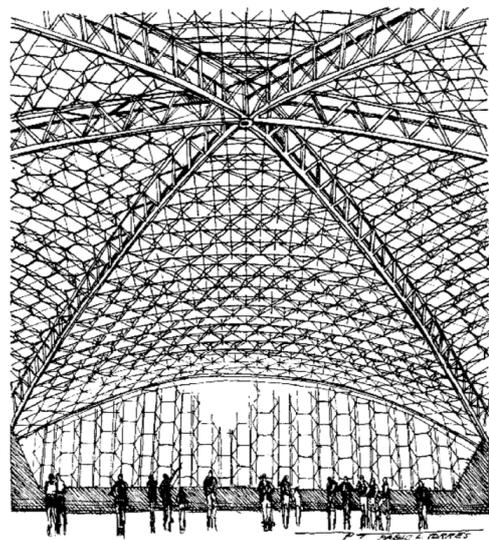
LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

La estructura de mallas espaciales de la cubierta de la Estación terminal de Omnibus de Córdoba, o del Complejo Ferial de Córdoba (figs. III.20 y 21), las numerosas cúpulas geodésicas de Buckminster Fuller (fig. III.22), las estructuras plegadas del Hipódromo de la Zarzuela de Eduardo Torroja (fig. III.23), las estructuras suspendidas del Aeropuerto Foster Dulles en Washington de Eero Saarinen (fig. III.24) como también las del Pabellón de Portugal en la Expo de Lisboa de Alvaro Siza (fig. III.25), las cubiertas de simple y de doble curvatura de Eladio Dieste y de Félix Candela (fig. III.26), las tensadas de los estadios olímpicos de Munich de 1972 de Frei Otto (fig. III.28), la neumática del Pabellón de Fuji en la Expo de Osaka de 1970 (fig. III.27), son clara evidencia de la diversidad de posibilidades que se abren hoy al diseñador y a la vez muestra expresiva de nuestra cultura actual multifacética².

Al contemplar este panorama, no podemos dejar de pensar en Laugier que sostenía ya en el siglo XVIII que la técnica es el componente principal de la expresión arquitectónica. Su visión de profeta preanunciaba entonces, el culto por esa técnica en el Movimiento Moderno

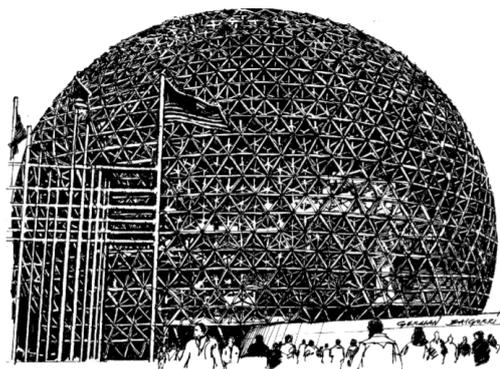


² Para tipos estructurales consultar: Leland M. Roth. Entender la Arquitectura. Editorial G. Gili.



III. 21

Pons. Fecor.



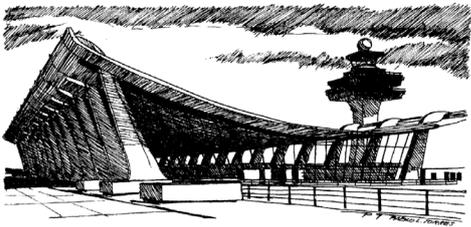
III. 22

Fuller. Pabellón, Expo de Montreal.

III. 23

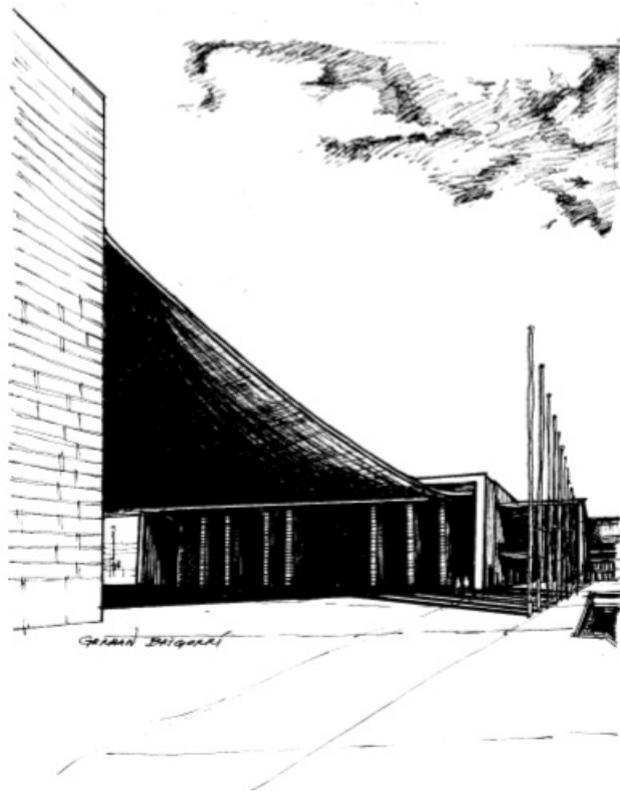
Torroja. Hipodromo Zarzuela.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



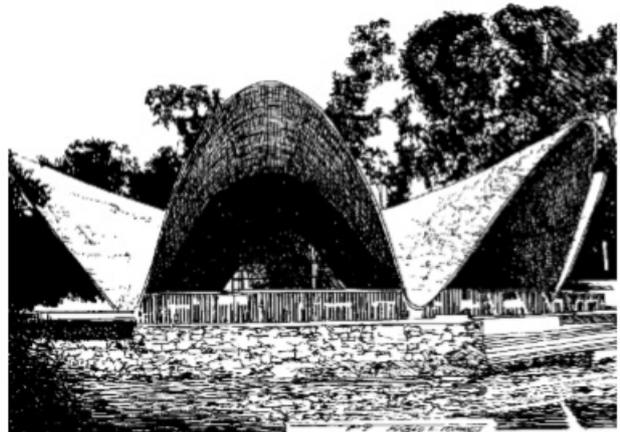
III. 24

Saarinen. Aeropuerto de Washington.



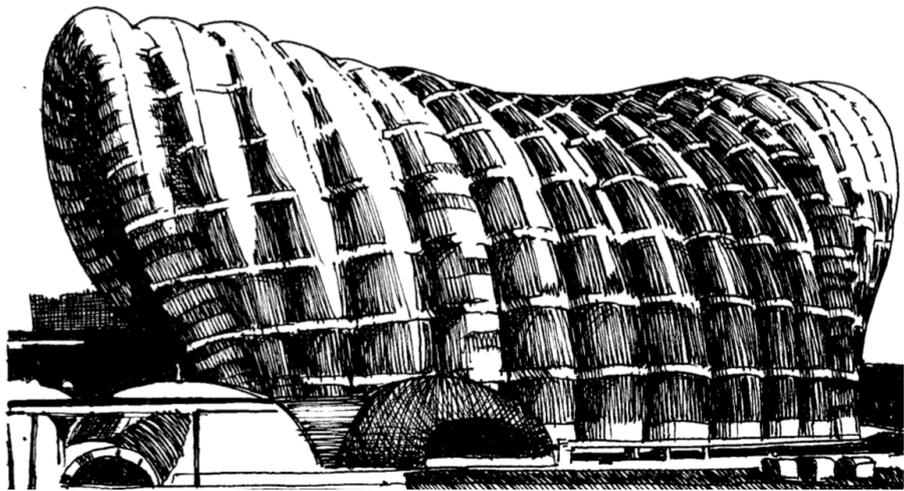
III. 25

A. Siza. Pabellón, Expo Lisboa 98.



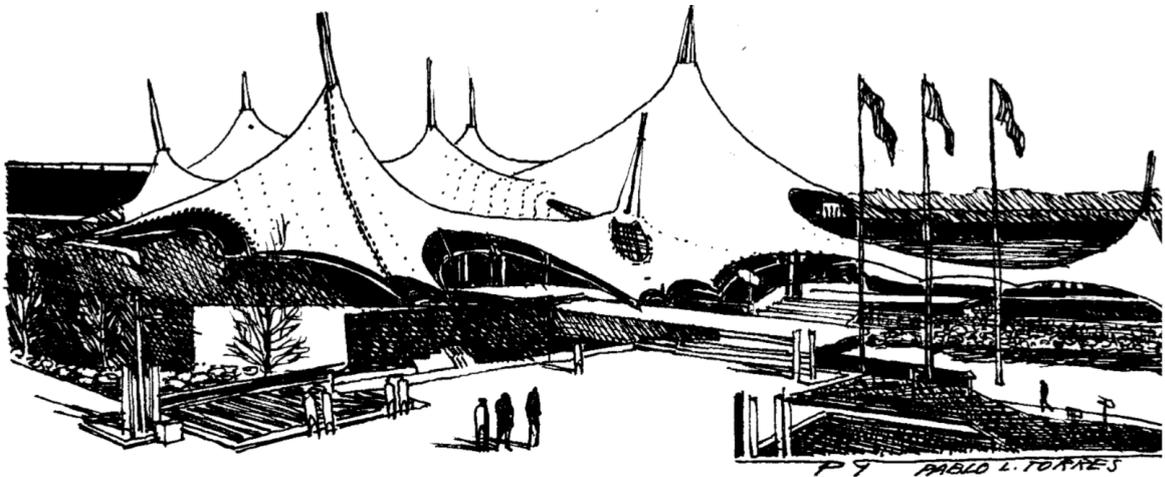
III. 26

F. Candela. Xochimilco.



III. 27

Y. Murata. Pabellón Fuyi, Osaka 70.



III. 28

F. Otto. Munich 72.



Qué distingue lo nuevo de lo clásico

El sistema cartesiano de representar la tridimensionalidad espacial, como paradigma de una posible lectura racional, objetiva, geométrica, descomprometida de toda interpretación sensible, del espacio clásico, puede admitir también otra lectura que toma como eje el sistema perceptual del hombre. Si se consideran a los ejes de coordenadas tridimensionales con el punto cero ocupado por un ser humano, se pueden interpretar que las distintas direcciones de esas rectas no son otra cosa que las directrices del sistema de orientación de ese ser: adelante y atrás, izquierda y derecha, arriba y abajo.

Si se ha definido al espacio al principio de este capítulo como el producto de una serie de relaciones que el hombre como protagonista establece con su ámbito, y si de acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior, el espacio cartesiano no distingue al espacio clásico del moderno, cabe preguntarse en este momento ¿Qué es lo nuevo en relación al espacio a partir de las posibilidades estructurales actuales?

Borrar límites entre interior y exterior aparece hoy tan atractivo como hace 150 años. Definir espacios por otros recursos diferentes a los clásicos cerramientos opacos y macizos tradicionales sigue teniendo muchos adeptos a pesar de las limitaciones medioambientales que colateralmente deben resolverse como el control térmico y lumínico. Pero esto no es todo, puesto que la gran escala, el nuevo carácter de los límites que tienden a la inmaterialidad, la apertura de grandes vanos que permiten una nueva relación más fluida entre interior y exterior, la luz que inunda a raudales los interiores, diferentes a los bastante oscuros de la arquitectura del pasado, la levedad de las envolventes continuas de vidrio y la esbeltez de la estructura reducidas a líneas, reemplazando los sólidos pilares del pasado, junto a los nuevos

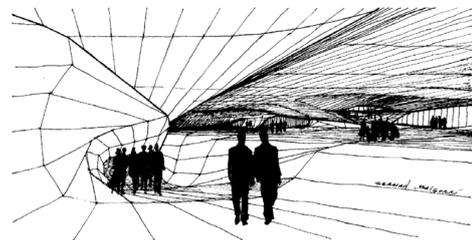


LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

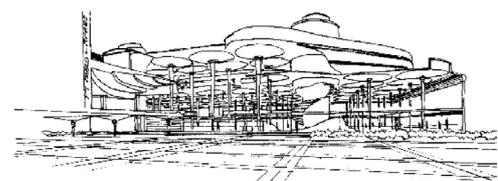
recursos proyectuales como la computadora, capaces de generar formas de geometría muy compleja, son algunos de los factores de mas peso que contribuyen a crear este espacio innovador casi mágico de hoy. (fig. III.29)

En lo que hace al tipo, el espacio contemporáneo se aparta de los esquemas antes explicados puesto que puede crecer al infinito en ambas direcciones con el solo recurso de repetir monótonamente el módulo estructural. El orden y la referencia perceptual quedan así vinculados exclusivamente al ritmo repetido en ambas direcciones de estas columnas y vigas o bien de columnas hongos, llenando el recinto como lo hizo magníficamente Wright en la Fábrica Johnson (fig. III.30), Pier Luigi Nervi en el Pabellón de exposiciones de Turín (ver fig IV.19), o Norman Foster en la Fábrica Renault de Swindon (ver fig V.46).

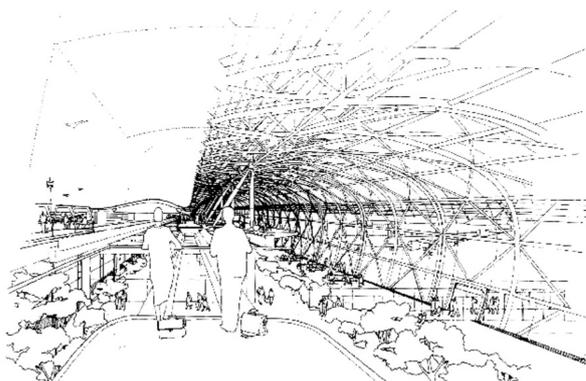
Crecer y crecer agregando módulos es una experiencia de todos los días en la arquitectura para adaptarse rápidamente a nuevos requerimientos espaciales. El aeropuerto Foster Dulles en Washington de Eero Saarinen, o el más reciente de Kansai de Renzo Piano (fig. III.31), podrían así crecer sin fin, porque fueron pensados en ese sentido



III. 29
Foreign Office, Terminal Yokohama.



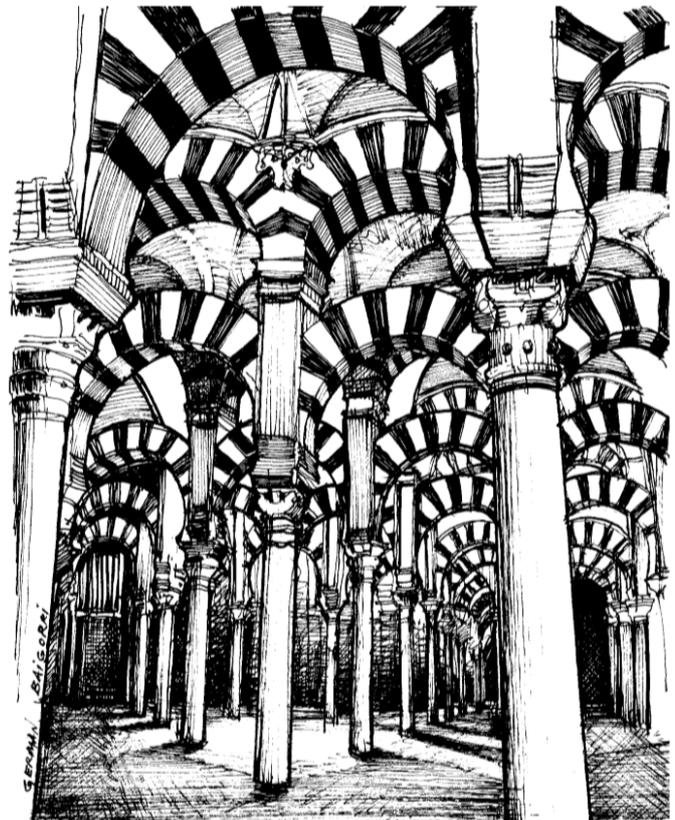
III. 30
Wright. Laboratorio Johnson.



III. 31
R. Piano. Aeropuerto de Kansai.

“**CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.**”

El nuevo espacio indeterminado, versión nueva de las apadanas persas, no tiene muchos antecedentes en la arquitectura occidental, salvo algunos raros ejemplos de arquitectura árabe como la Mezquita de Córdoba en España. (fig. III.32). Desaparece en estos espacios el sistema proporcional progresivo de mayor a menor con un punto culminante de la organización clásica, desafiando al principio de Alberti según el cual para que algo sea bello “nada puede añadirse, ni sustraerse”. y también al de Santo Tomás de Aquino que sostenía “lo que es inacabado o fragmentario, carece de belleza, claridad y congruencia”.



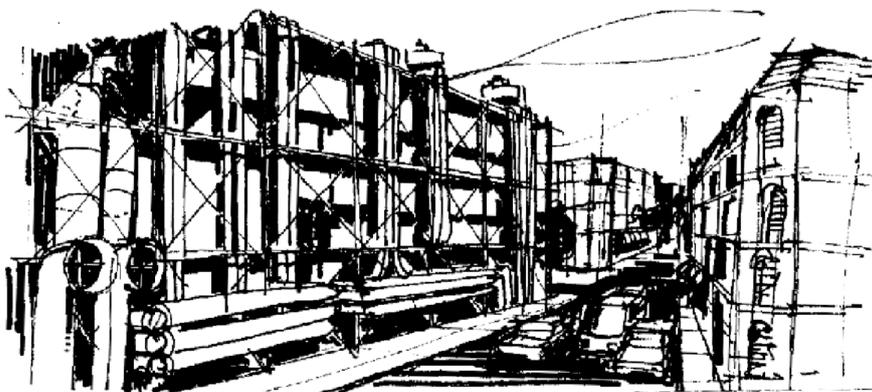
III. 32
Mezquita de Córdoba.



LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

Se podría agregar además que el espacio contemporáneo se define hoy no ya por el tipo estructural exclusivamente sino en gran medida por el carácter de cada uno de sus componentes estructurales y por la interrelación entre esas piezas que haga el arquitecto. Hoy el detalle constructivo vuelve a tomar protagonismo como calificador de las piezas en sí y en el conjunto. Las relaciones y las uniones entre los miembros se manifiestan en toda su importancia. La forma de una simple viga, de una simple columna y de un plano de cerramiento y la manera de vincularse pueden contribuir a crear espacios de vivencias tan diferentes como la Galería de Arte Contemporáneo de Berlín (1967) de Mies van der Rohe (ver fig. III.16) o el Centro Pompidou (1976) en París de Rogers y Piano (fig. III.33), o el espacio entre un bosque de columnas del Aeropuerto de Stuttgart de von Gerkan (ver fig. IV.17) por mencionar sólo algunos ejemplos.

Al pasar, gracias a los nuevos materiales, hormigón armado y acero, de la masa de los muros de carga a una red puntual de columnas y vigas independientes de su envolvente, la estructura redefine su sentido expresivo tectónico. Este tipo de estructuras limitados en el pasado a obras menores como las viviendas medioevales, las carpas de los indios, las casas



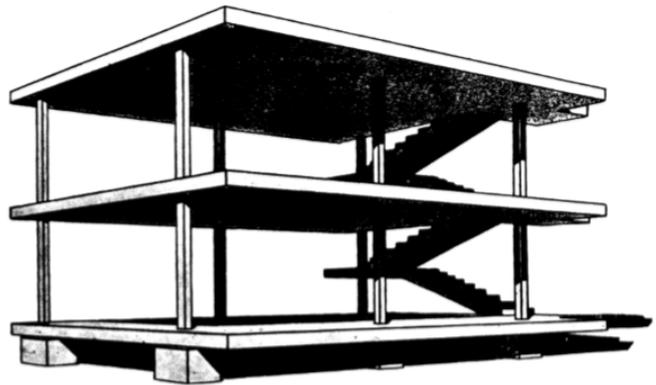
III. 33

Centro Pompidou.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

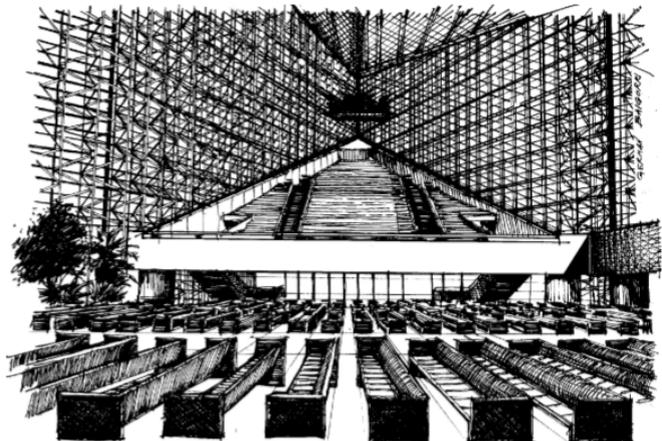
y los templos japoneses y las yurtas asiáticas, pasa en la arquitectura actual a ser protagonista de la gran escala de los nuevos espacios monumentales y de los nuevos monumentos, los rascacielos.

En síntesis, los elementos estructurales y de cerramiento que contribuyen a crear nuevas imágenes espaciales pueden resumirse así:



III. 34

Le Corbusier. Estructura Domíno.



III. 35

Philip Johnson. Catedral de vidrio.



LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

- Un sistema de entramado estructural independiente de las envolventes que da libertad para ahuecar losas, derribar o prescindir de tabiques y crear espacios sumamente complejos y ricos.(fig. III.34).
- Crecimiento indeterminado por módulos tridimensionales. (ver fig. III.20).
- Axialidad espacial sin un punto culminante (fig. III.35).
- Gran escala.(fig. III.36).
- Esbeltez de la estructura.(fig. III.37).



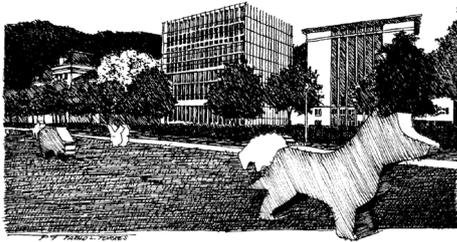
III. 36

R. Vignoly. Foro de Tokio.

III. 37

Calatrava. Plaza BCE. Toronto.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



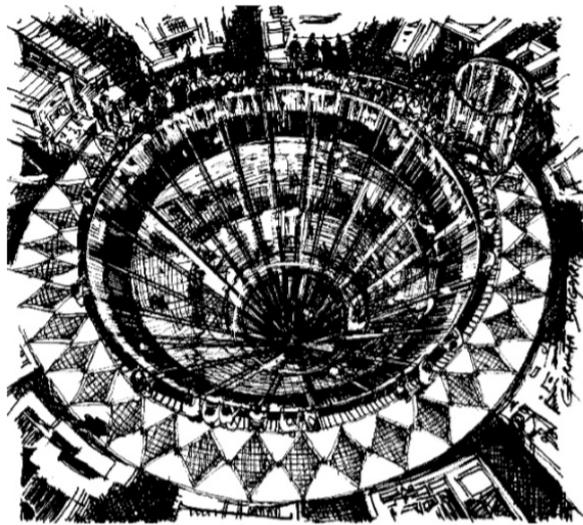
III. 38

P. Zumthor. Kuntshaus, Bregenz.

- Inmaterialidad y sutileza de los límites por los nuevos materiales, en especial el vidrio.(fig.III.38).

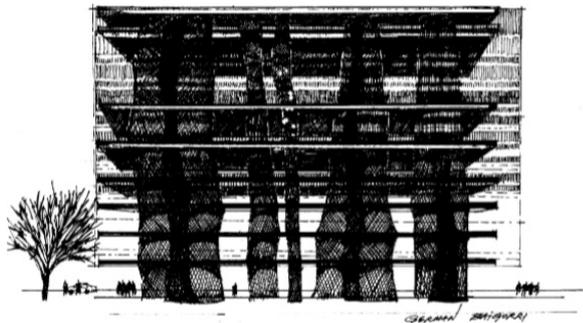
- Posibilidad de una intensa luminosidad interior por las fachadas y a la vez de entradas insospechadas de luz natural por linternas y, lucernarios de las cubiertas (fig.III.39).

- Materialidad e inmaterialidad del espacio creado a través de umbrales concretos y virtuales. (fig. III.40).



III. 39

J. Nouvel. Galería Laffayette, Berlín.



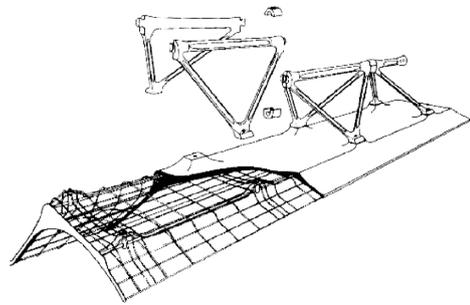
III. 40

Toyo Ito. Mediateca de Sendai.



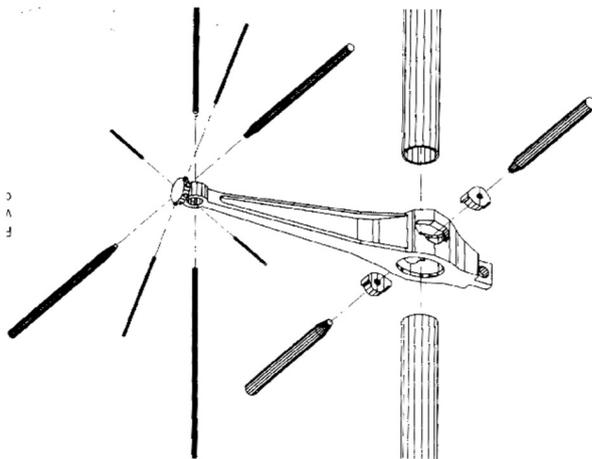
LA ESTRUCTURA COMO GENERADORA DE ESPACIO

- Detalles y encuentros, nuevos recursos decorativos. (fig.III.41)
- Diseño de cada pieza estructural como una obra de arte.(fig.III.42)
- Abstracción geométrica de las configuraciones. (fig.III.43)



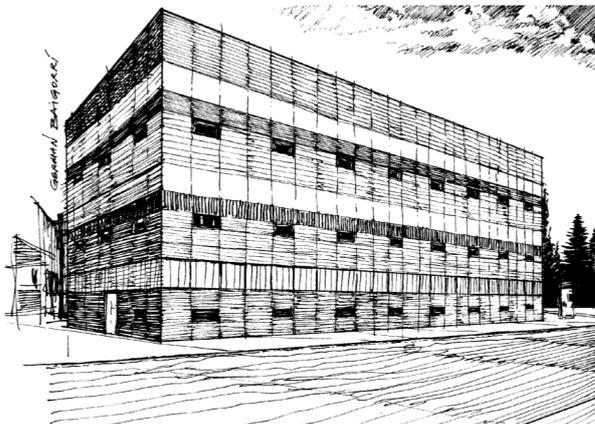
III. 41

R. Piano. Galería Menil, Houston. Detalle.



III. 42

R. Rogers y R. Piano. Pompidou. Detalle.



III. 43

Herzog y de Meuron. Biblioteca Eberswalde, Alemania.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



LA METAFORA ESTRUCTURAL

CUARTO CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



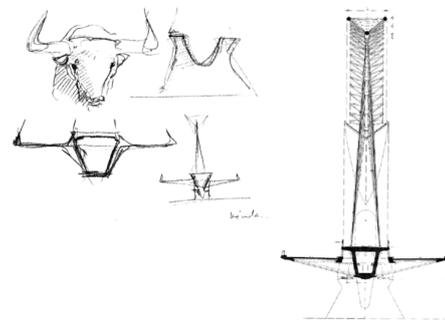
LA METAFORA ESTRUCTURAL

Ultimamente se ha recurrido mucho a la metáfora para la generación de formas estructurales. Se entiende por metáfora la traslación por semejanza de otro objeto, o idea, a una forma constructiva que cumple con el objetivo de sostener. La metáfora puede ser el traslado apriorístico de una forma geométrica o natural a la configuración de la estructura. Tal es el caso del puente sobre el río Guadiana (Mérida, 1992) que su autor, Santiago Calatrava, imagina como la cabeza de un toro de largos cuernos. La semejanza se da con la sección transversal del tablero, la que difícilmente puede ser apreciada, o siquiera imaginada, por un observador que pase por las orillas del río, o aun que cruce el puente.

Otro tipo de metáfora hace un traslado de leyes geométricas representativas del funcionamiento físico de la estructura (solicitud, resistencia, etc.) a la forma estructural.

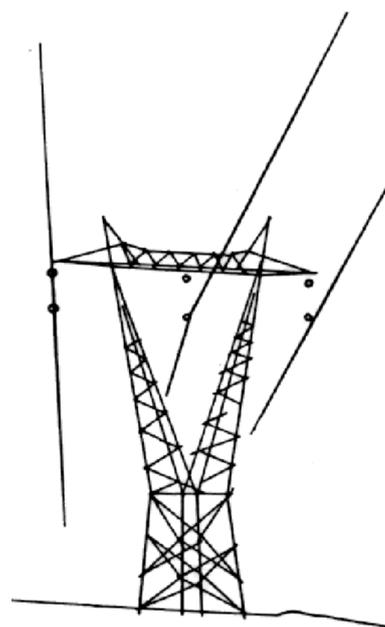
Esta postura ha sido adoptada por muchos diseñadores de los siglos XIX y XX, que es cuando el conocimiento y difusión de las leyes que rigen el comportamiento estructural se generalizan y llegan a hacerse normativas. Curt Siegel en su libro "Formas Estructurales en la Arquitectura Moderna" (1960), dedica una buena parte a lo que denomina "soporte en V", relacionando esta forma con la del diagrama de momentos flectores propio de las estructuras aporricadas (articuladas en la base y empotradas en la viga superior) tales como las de Le Corbusier o Nervi.

A su vez muestra la analogía formal entre el soporte en V invertida y el diagrama de momentos flectores del soporte empotrado en la base y sometido a fuerzas horizontales, con ejemplos que van desde los contrafuertes medievales hasta las líneas de transmisión eléctrica y torres de radio y televisión del siglo XX.



IV. 1

S. Calatrava. Metáfora zoomórfica en la sección transversal del puente sobre el Guadiana.

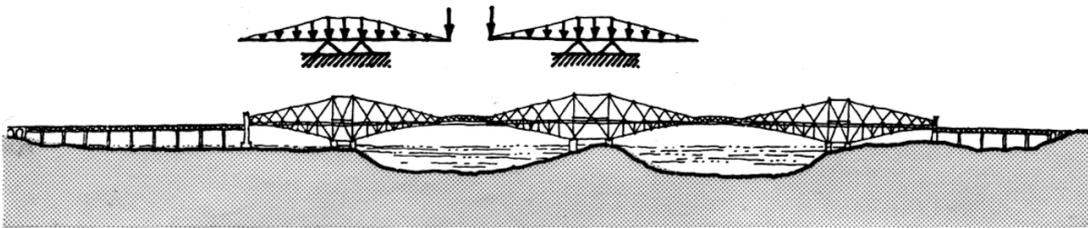


IV. 2

Torres de transmisión eléctrica.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La historia del puente de los últimos dos siglos muestra cómo los ingenieros se han valido de la metáfora estructural, más en búsqueda de la eficiencia del sistema que por una deliberada intención formal. Basta citar el ya centenario puente de Firth de Forth (Escocia, ca.1885) como ejemplo de combinación de tramos con voladizos sobre los que apoyan vigas simplemente apoyadas.



IV. 3
Puente de Firth de Forth.

El puente de Tordera de Eduardo Torroja tiene la forma de un diagrama de momentos flectores de una viga simplemente apoyada.

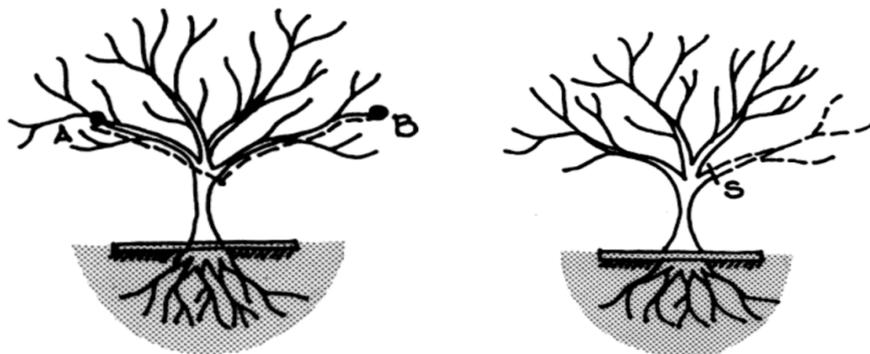


IV. 4
E. Torroja. Puente de Tordera.



Los puentes colgantes de cable curvo repiten el funicular de la carga permanente, y los puentes en arco el antifunicular de dichas cargas. Las vigas continuas de altura variable se adaptan a la variación del valor del momento. Las cruces de las vigas reticuladas en la zona central de los puentes ferroviarios corresponde a la zona donde puede invertirse el signo del esfuerzo de corte. Este tipo de metáfora, por su contenido lógico, puede transmitirse y reproducirse con cierta facilidad, aunque ello no implica que los resultados de su aplicación sean únicos ni que garanticen calidad de diseño.

Existe otro tipo de metáfora en la que la traslación se hace en el funcionamiento estático de la estructura, más que en su aspecto visual. El caso típico es el árbol. La estructura del árbol se basa exclusivamente en el sistema en ménsula, es decir que cada parte está unida al resto por un sólo punto. Esta unión necesariamente debe ser un empotramiento que impida cualquier tipo de movimiento y que resista cualquier sollicitación (compresión, tracción, corte, flexión y torsión). La organización geométrica del árbol es de tipo fractal, o sea que cada parte reproduce la misma ley generativa del todo. Por ejemplo, una rama clavada en el suelo tiene la misma organización topológica que el árbol todo, y así sucesivamente hasta llegar finalmente a cada hoja, flor o fruto.



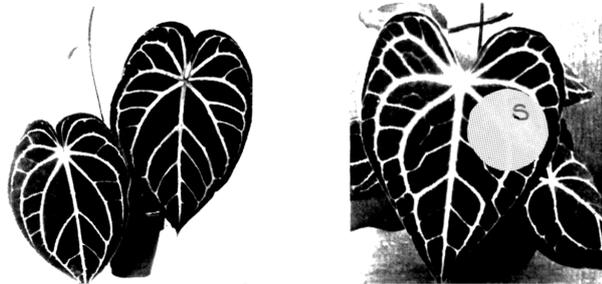
IV. 5

Estructura de árbol. Hay un sólo recorrido posible entre A y B.

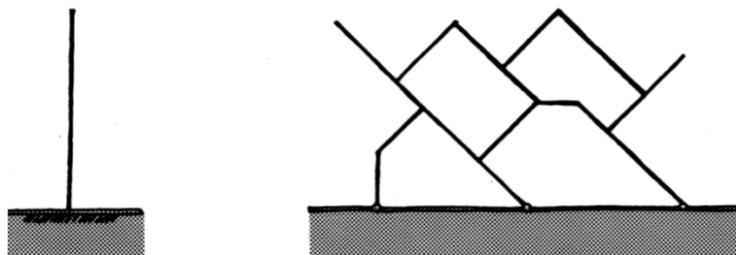
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La característica de la organización en árbol es que para unir dos puntos cualesquiera, por ejemplo A y B, existe un sólo recorrido posible entre ellos. La estructura de la hoja es totalmente distinta y constituye una trama con múltiples recorridos alternativos. Si en el árbol se interrumpe el flujo de la savia en la sección S, muere toda la rama que contiene al punto B; si se corta con una sierra la sección S la rama pierde estabilidad y cae al piso. En cambio, si un insecto elimina el sector S de una hoja, la vida no se interrumpe porque los flujos vitales encuentran otras vías alternativas y tampoco cae la hoja.

IV. 6
Estructura de trama. Múltiples recorridos posibles.



La estructura del árbol es absolutamente isostática y tiene una sola posibilidad de equilibrio; las tramas son hiperestáticas y tienen posibilidades alternativas para el equilibrio.

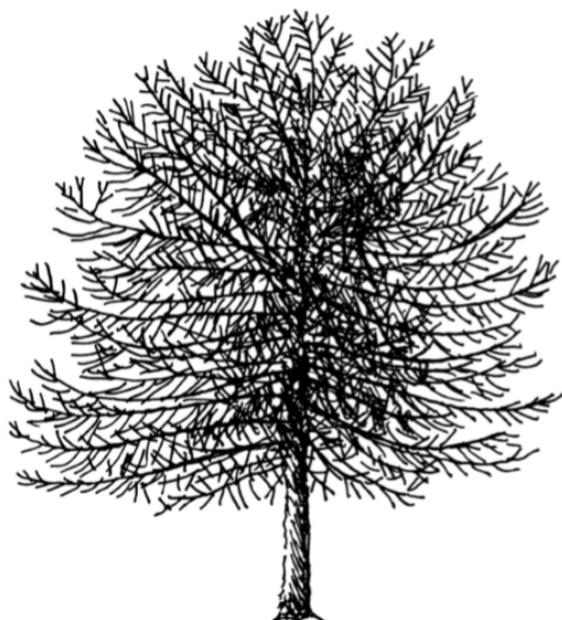


IV. 7
Organización tipo árbol: isostática, y organización
tipo trama: hiperestática.



En el árbol, como en cualquier otra estructura, habrá que relacionar las cargas que sobre ella actúan con la geometría y vínculos de apoyo para comprender el estado de sollicitación que se produce.

La primera carga es la permanente, el peso mismo del árbol, que produce flexiones en todas las ramas combinadas con compresiones en las ramas ascendentes y tracciones en las descendentes, si las hubiera. Si el árbol es aproximadamente simétrico en su desarrollo horizontal, el tronco mismo estará sometido a una compresión casi centrada. Sin embargo las situaciones límites se dan cuando al peso propio se le superponen acciones extraordinarias como puede ser el peso de la nieve o de los frutos, o la peor de todas, el empuje del viento.



IV. 8
Arbol con ramas ascendentes y árbol con ramas descendentes.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



$$P \cdot l < P \cdot L$$

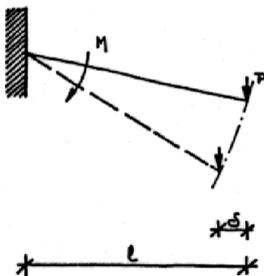
El aumento de peso por la nieve, o por los frutos, produce un incremento de la flexión pudiendo llegar a quebrarse las ramas. Pero el árbol tiene un sistema defensivo que es la propia flexión de las ramas que al descender se acercan al tronco disminuyendo el momento flector en el arranque, porque $l < L$.

IV. 9

Además en el caso de la nieve, al inclinarse las ramas, la nieve se desliza, cae, y desaparece la causa del problema. Por supuesto que el material constitutivo de las ramas debe permitir grandes deformaciones sin romperse y sin entrar en fluencia total.

Este comportamiento podría llamarse homeostático por ser un proceso de autorregulación del organismo para mantenerse estable frente a las variaciones del medio ambiente.

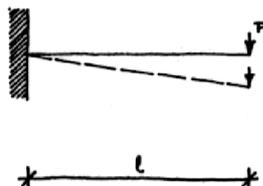
En estática, el efecto de la variación de la forma estructural que significa un corrimiento de la carga causante de la deformación se llama efecto P-delta y puede ser beneficioso, o perjudicial para la estructura, según los casos.



EFECTO BENEFICIOSO

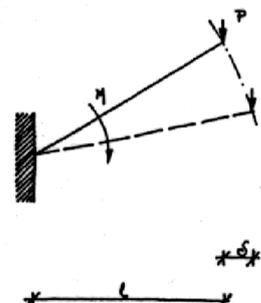
Estr. Original $M = P \cdot l$

Estr. Deformada $M = P \cdot l - P \cdot \delta$



EFECTO NEUTRO

$\delta = 0$



EFECTO PERJUDICIAL

Estr. original $M = P \cdot l$

Estr. deformada $M = P \cdot l + P \cdot \delta$

IV. 10

El viento es, por lejos, la causa del mayor número de colapsos estructurales en los árboles. Pueden darse fallos parciales por rotura de ramas, o totales por rotura del tronco, o vuelco de toda la estructura por falla en las "fundaciones".

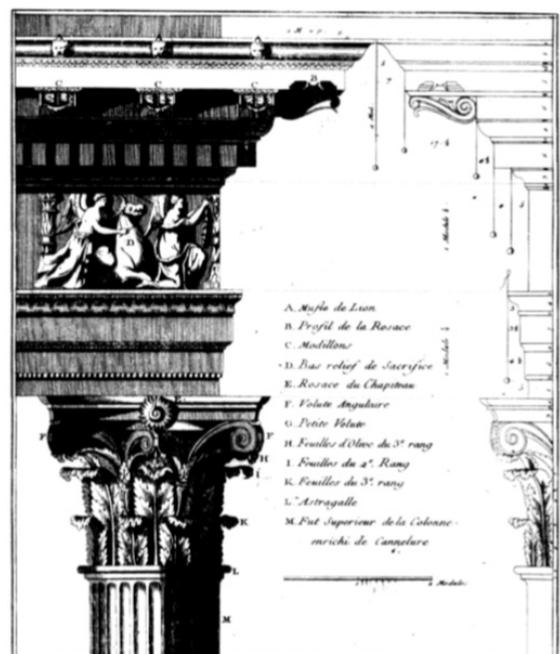


Aquí también los árboles tienen un comportamiento homeostático al dejar que sus ramas sean arrastradas para disminuir su exposición al viento, al extremo de que en las zonas de vientos unidireccionales permanentes la forma habitual del árbol es la que expresa ese arrastre. En definitiva, es siempre la flexión (permanente para las ramas, circunstancial para el tronco) el esfuerzo más desfavorable, mucho más que la compresión.

Las grandes oscilaciones y movimientos de las ramas no alteran el funcionamiento biológico del árbol ni auyentan a los pájaros que allí viven. Movimientos semejantes en los edificios producirían roturas en cerramientos e instalaciones además de sensaciones molestísimas a sus habitantes. La posibilidad de construir edificios que se transformen geoméricamente para liberarse de solicitaciones peligrosas puede resultar muy atractiva pero hasta ahora no ha encontrado mayores posibilidades prácticas.

IV. 11

Las cargas horizontales (viento) producen el colapso del árbol.

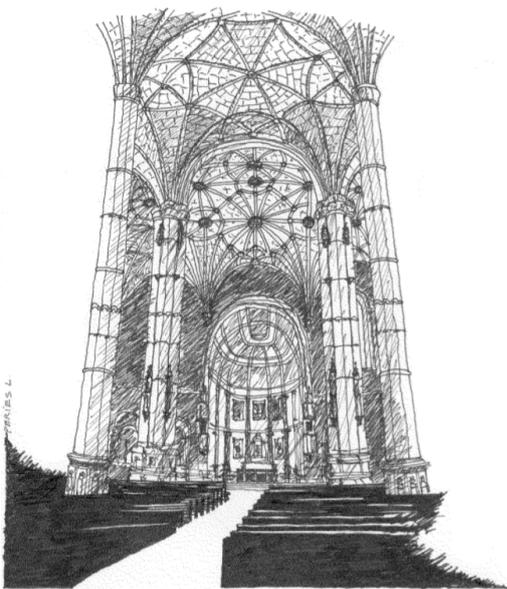


IV. 12

Formas vegetales.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Al estudiar las construcciones de la naturaleza, desde D'Arcy Thompson en adelante, muchos autores han tratado de mostrar la sabiduría de la Naturaleza por la economía de medios y de consumo energético con que ella construye. Sin embargo llama la atención que los troncos de los árboles sean de sección circular maciza, la menos eficiente de todas en lo que a cantidad de material se refiere cuando hay que resistir flexiones. Las ramas suelen tener una sección ligeramente elíptica algo más favorable cuando hay un plano definido para la flexión. La Naturaleza ha reservado la eficiencia de la sección tubular hueca a las cañas y pajas de una escala intermedia o menor respectivamente. Resulta paradójal que las estructuras de gran porte como los árboles, donde el problema estructural se agudiza por el cambio de escala, no recurran a las secciones óptimas que son las huecas. Es posible que la explicación haya que buscarla en el tiempo de construcción y de vida de los grandes árboles, que se mide en centenas o miles de años. La urgencia de construir en pocos meses el tallo de una caña hace necesaria la economía de material. El nogal, el algarrobo o la secoya pueden tomarse el tiempo necesario para ir agregando anillo tras anillo hasta lograr troncos macizos de varios metros de diámetro.



IV. 13

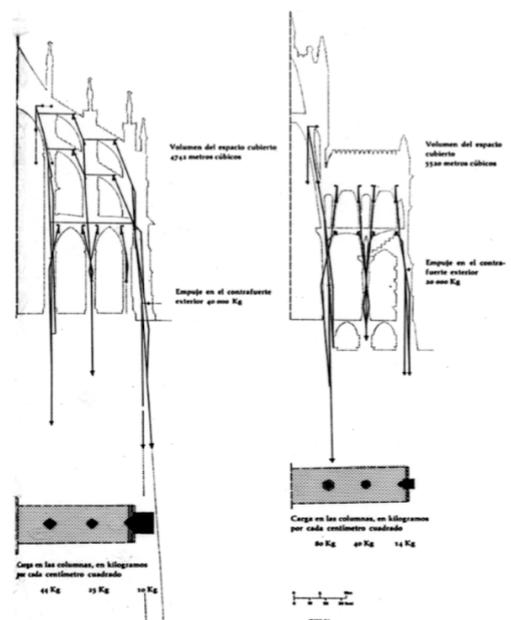
Los “árboles” que se unen entre sí forman tramas.

Ya desde la antigüedad el vegetal en general y el árbol en particular han atraído la imaginación de los constructores. Basta recordar las columnas que culminan con flores de loto, hojas de acanto o estípites de palmeras.

Se ha comparado al interior de las catedrales góticas con el entrecruzamiento de las ramas de un árbol. Pero esa metáfora, si bien real, es sólo visual. Porque las ramas de un árbol se cruzan entre sí, o con las ramas de árboles vecinos, sin asociarse entre ellas y sin transmitir esfuerzos permanentemente entre ellas.

Un pilar gótico con todos sus nervios ramificados no puede sostenerse por sí solo, como lo hacen los árboles, y necesita de los vecinos para formar una estructura en arco, con dos o más apoyos y que elimine casi totalmente la flexión. La mampostería de piedra con que están contruístos los arcos no resiste flexión, a diferencia de la madera de las ramas y el tronco del árbol.

Otro tanto se ha dicho de las bóvedas de Gaudí. Hay autores que señalan que las columnas de la Sagrada Familia trabajan a compresión "porque cada una de ellas apunta exactamente al centro de gravedad de la parte de bóveda que sostiene". Esta afirmación no es real desde el punto de vista estático, y el arranque del tronco de un árbol que cumpliera esa condición estaría sometido a un momento $M = P \cdot d$ imposible de ser resistido por la mampostería. Tampoco es coincidente con el procedimiento generativo que utilizó Gaudí de poliedros funiculares contruístos con hilos suspendidos de varios puntos simultáneamente.

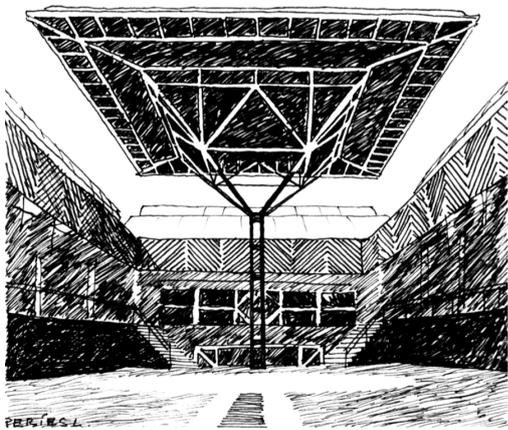


IV. 14
Esfuerzos en las catedrales góticas.



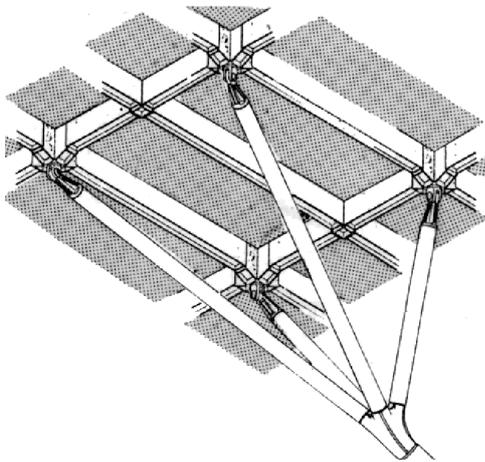
IV. 15
Gaudí. Sagrada Familia.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



IV. 16

M. A. Roca. "Arbol" aislado con sus ramas atadas en el plano de cubierta.



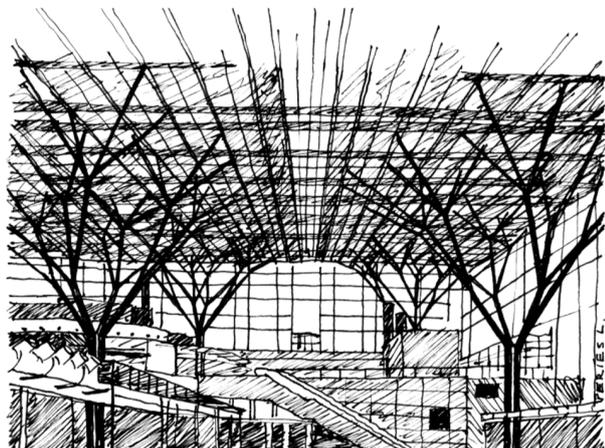
IV. 17

Aeropuerto de Stuttgart. "Arboles" multiples con vinculación superior.

Es obvio que resulta imposible construir, ni imaginar, un árbol invertido construido con hilos sin rigidez flexional. Ocurre entonces que la mayoría de las construcciones arbóreas que existen son más bien conjuntos de árboles que en vez de entrecruzarse solamente, tienen las ramas superiores atadas o apoyadas entre sí de un modo permanente con lo que pueden evitarse las flexiones. Aún en el caso de árboles aislados, la atadura de ramas en los puntos superiores, o intermedios, modifica sustancialmente las relaciones topológicas de las partes y modifica también el comportamiento estático permitiendo disminuir y hasta eliminar totalmente las flexiones, al menos para cargas gravitatorias.

Hay muchos ejemplos de formas arborescentes modificadas en sus conectividades y en su comportamiento estático. Se podría decir entonces que la inventiva humana, inspirada en la naturaleza, ha logrado superar a su modelo en el campo de la eficiencia estructural. Al evitar las flexiones ha podido construir "árboles" de mampostería, o reticulados planos o espaciales, mucho más resistentes y livianos que los naturales, con una gran economía de material.

Lo que la arquitectura no ha podido lograr es un sistema constructivo que a partir de una

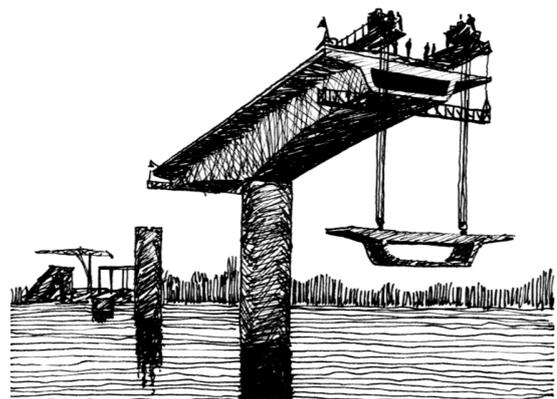




LA METAFORA ESTRUCTURAL

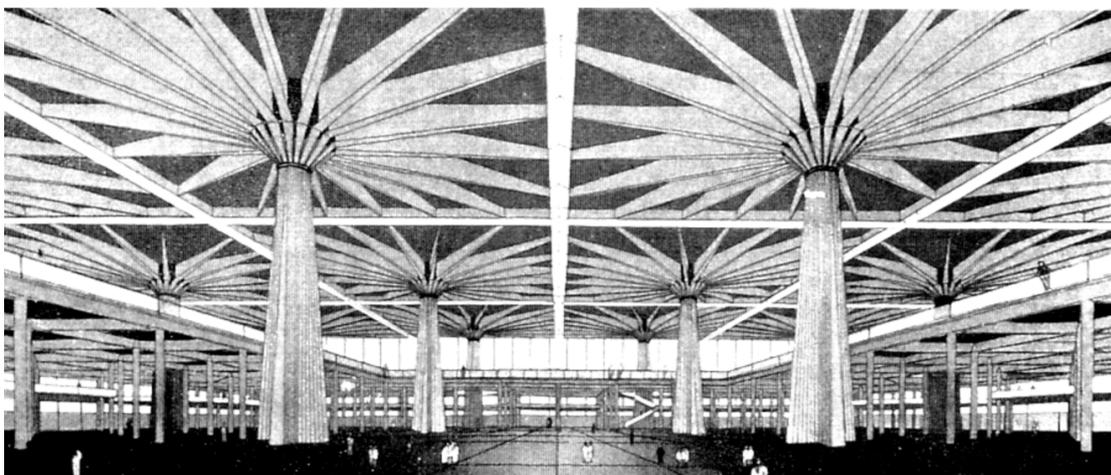
semilla y con sólo tierra, lluvia, sol y tiempo, pueda construir millones de árboles que se renueven durante miles de años sin solución de continuidad. Nuevamente el sistema constructivo se evidencia como fundamental en el proceso de diseño. El procedimiento quizás más parecido al del árbol es el de los puentes por voladizos crecientes por dovelas postesadas sucesivas. A partir de una semilla ubicada bajo tierra, "crece" el tronco primero y después ambas ramas sin siquiera tocarse con los "árboles" siguientes.

Uno de los pocos casos de verdaderos árboles estructurales lo constituye el Palacio del Lavoro de Turín, obra de Nervi. Cada uno de los tramos es totalmente independiente de los vecinos. Aquí Nervi ha optimizado la eficiencia de las partes dando al tronco una sección variable que pasa de una cruz en la base a un círculo en la cúspide acorde a la sollicitación flexional. Las ramas son vigas de acero de sección doble T, mucho más eficiente para la flexión que la sección circular. La cubierta es una "hoja" apoyada sobre las ramas.



IV. 18

Puente por crecimiento de las "ramas". Auténtico esquema estático de árbol.



IV. 19

Nervi. Verdaderos "árboles" con ramas en voladizo.

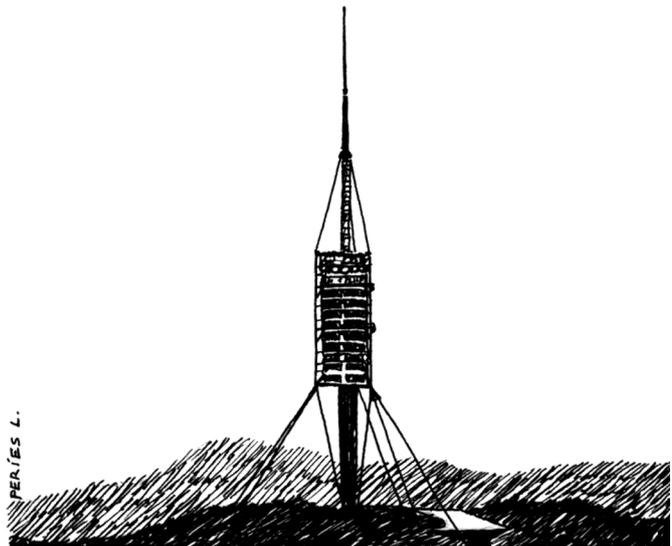
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



IV. 20

Mangle. Extraño árbol hiperestático.

Como rareza estructural puede mencionarse el mangle (*Rizophora mangle*), árbol de zonas cenagosas cuyo tronco produce raíces arqueadas que se fijan al suelo pantanoso de las costas o desembocadura de los ríos. Constituye así un extraño caso de estructura hiperestática, con múltiples apoyos y posibilidades de equilibrio, donde no se cumple la organización conectiva tipo árbol sino que es una trama. Dentro de la teoría de adaptación de los seres vivos al medio podría pensarse que el suelo pantanoso es poco apto para producir un adecuado empotramiento y por eso el mangle busca una serie de apoyos a manera de puntales en una zona tan extendida como la copa misma. La estructura de las antenas de radio y televisión imitan esta imagen con la diferencia que las barras que unen el tronco con la tierra son cables que sólo pueden trabajar a tracción; en consecuencia los tensores de la antena no son capaces de sostener por sí solos la estructura como lo harían las raíces del mangle si se quitara el tronco principal.



IV. 21

Foster. Organización similar al mangle.



Dentro de las metáforas utilizadas para explicar la capacidad resistente del árbol se ha llegado a imágenes netamente poéticas como la de afirmar que es la savia en su movimiento ascendente la que sostiene el tronco, ramas y hojas, y que cuando la savia deja de subir el árbol cae. A pesar de su atractivo vital esta imagen se aleja totalmente de la realidad física y biológica. Cuando la savia deja de fluir el árbol muere pero su comportamiento estructural se mantiene inalterado. Con el paso del tiempo los insectos y los hongos van reduciendo las secciones de madera y su resistencia hasta que por fin el árbol cae. Este proceso puede llevar unos pocos años o muchas décadas, según la naturaleza de la madera y la agresividad del medio. Las leyes de la estática no demorarían ni un segundo para tumbar el árbol después de la ausencia de savia, si esta tuviera algo que ver con el equilibrio del sistema.

Se ve entonces que la metáfora estructural tiene el carácter de una semejanza de la estructura con otro objeto o idea, no necesariamente constructivos. A veces la semejanza es sólo formal, organizativa, poética, y puede que hasta sólo sea legible para el diseñador. Otras veces la imagen hace al comportamiento físico de la estructura y es evidente para cualquier conocedor de la mecánica estructural. En cualquier caso, la metáfora es siempre útil para el diseñador como impulso inicial en esa etapa en la que se generan las ideas, en ese momento de partida donde todo puede resultar válido si ayuda a obtener buenos resultados aún cuando todavía no podamos precisar el porqué.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

5

LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

QUINTO CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Contribución de la estructura a la configuración singular y a la escala monumental de la arquitectura contemporánea

La torre de Babel

“Después dijeron: Ea, vamos a edificarnos una ciudad y una torre con la cúspide en los cielos, y hagámonos famosos, por si nos desperdigamos por toda la tierra.” Génesis - 11 - 4

Mucho más elevado que lo material es lo espiritual, mucho más alto que la FUNCION, el MATERIAL y la TECNICA, se yergue la FORMA. Estos tres aspectos materiales pueden estar impecablemente resueltos pero si no lo estuviera la forma viviríamos todavía en un mundo embrutecido. H. Muthesius

Forma exterior dominante y escala singular se conjugan en el origen del monumento.

Belleza, valor simbólico y perdurabilidad del mensaje que se transmite, complementan sus intenciones.

Trascender su tiempo y a la vez permanecer idéntico en las “largas duraciones” son los requisitos que los hombres les imponen a estos testimonios de sus ideales.

El concepto de monumento, tan antiguo como la humanidad, está asociado fundamentalmente al concepto de forma singular y a la idea de crear hitos humanos que sobrevivan al período en que fueron originados.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Son a la vez una referencia que estimula un recuerdo y un nexo entre el pasado y el futuro.

El hombre necesita de estos referentes singulares puesto que son los que dan sentido de pertenencia a su cultura. Desde el pasado se ha sentido impulsado a dejar sus huellas: obeliscos y estelas funerarias, pirámides gigantescas o templos singulares identifican a diferentes culturas. Son huellas de sí mismos y sus obras o de acontecimientos extraordinarios colectivos, pero son también testimonio de su fe, de sus creencias, son sedes de sus ritos y celebraciones de sus mitos.

Estas formas singulares arquetípicas se transmiten en el tiempo, cargadas de significado, son los vestigios de las acciones que dejan los pueblos.

Adquieren el carácter de monumento por reconocimiento colectivo y como tal se transmiten. Al respecto Louis Kahn sostiene que las estructuras monumentales del pasado tienen las mismas características de grandeza que deberían poseer los edificios del futuro, en un sentido u otro, deberían ser el referente de ese futuro.

La historia de la arquitectura, desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX, no es otra cosa que la historia de obras singulares creadas por los pueblos como símbolos expresivos de sus ideales, de sus creencias, como testimonio de su paso por el mundo y como homenaje al poder.

Todas las épocas tuvieron hombres con poder que buscaron artistas con capacidad creativa para construir sus símbolos.

La Acrópolis de Atenas, las fascinantes estructuras de las catedrales góticas, el orden perfecto de los trazados de las iglesias renacentistas, los edificios



V. 1
Acrópolis de Atenas.

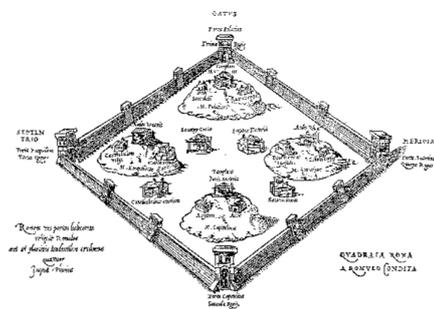
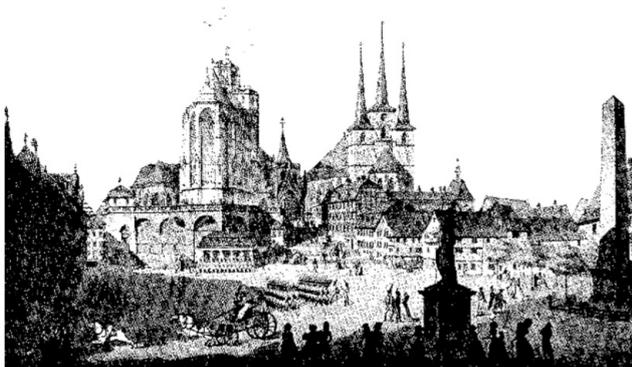


LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

institucionales neoclásicos del siglo XIX, todas obras singulares en su medio, implicaban una voluntad creadora artística individual o colectiva y a la vez una potente sensibilidad comunitaria de todo el pueblo al que estaba destinado, que compartía sus significados, comprendía sus mensajes y se sentía identificado con ellas.

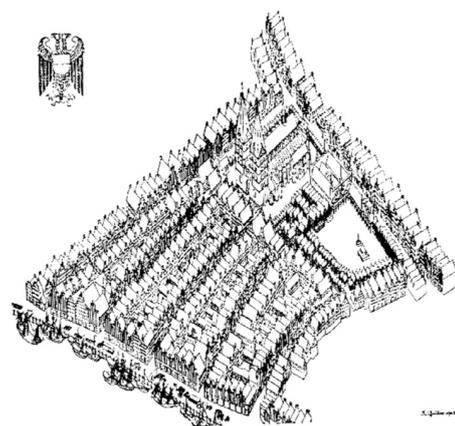
Formas singulares en los orígenes que con el tiempo devienen en arquetipos atemporales en reconocimiento de sus significados, son recursos al que en muchos casos recurre el arquitecto para expresarse en estas obras.

Cúpulas y arbotantes, arcos apuntados, pórticos de ingreso, secuencia direccional del templo son signos necesarios para reconocer estos edificios, sin embargo únicos, especiales, no repetibles, que exaltaban a dioses y reyes, al poder y a la religión en todas las épocas. Sin embargo en todos ellos adquiere relevancia la forma exterior singular y la escala destacándose y contraponiéndose al tejido urbano que lo rodea.



V. 2

Roma Cuadrata. Grabado de 1527, imaginando que sobre cada colina hay un templo, monumentos singulares de su momento.



V. 3

Lübeck. La catedral se destaca por su forma singular y su escala sobre el Tejido urbano.

V. 4

Erfurt. Catedral.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



FRANZES L.

V.5

Congreso de Buenos Aires.

Proliferan los grandes edificios en la ciudad industrial y con ello desaparece la jerarquía tradicional del paisaje urbano: los templos, los palacios, los municipios, el castillo destacándose sobre un tejido urbano homogéneo. Desaparece el hecho único singular, para entrar en un estado de competencia de muchas formas singulares aglutinadas en el casco de la ciudad. No se reconoce ya el orden tradicional. Se sumergen los viejos referentes bajo la sombra de los nuevos, muchas veces de escalas enormes.

Se genera desde entonces una verdadera competencia de formas diferentes, atractivas cada una en sí misma, enormes para llamar la atención, pero ignorantes la mayoría de las veces del ambiente en que se erigen.



FRANZES L.

V.6

Córdoba. Estación de Ferrocarril General B. Mitre.



V.7

Puguin, grabado. Ciudad cristiana, 1840.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.8

Schinkel, dibujo. La ciudad industrial inglesa.



V.9

Doré, G., Grabado. Ludgate Hillviaduct. Londres, 1870.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.10

Londres 1875. Barrios generados según la Normativa vigente. Monotonía que luego caracterizará a ciertos barrios del Movimiento Moderno.



V.11

Le Corbusier. Representación crítica de la ciudad del siglo XX.

Los símbolos colectivos del siglo XX

Pese a la preferencia a nivel teórico fundamentalmente, que los arquitectos del movimiento moderno expresaron por el tema de la vivienda colectiva, como conjuntos de bloques altos o bajos constituyentes de tejido homogéneo a nivel barrial o suburbano, no por ello renunciaron en la práctica a generar monumentos. Y, aunque su postura vanguardista los hacía asumir la ruptura con la arquitectura reconocida del pasado como una manera ineludible de marcar la diferencia, su sensibilidad de artistas los traicionaba y gracias a ello crearon verdaderas obras singulares, testimonios de su época

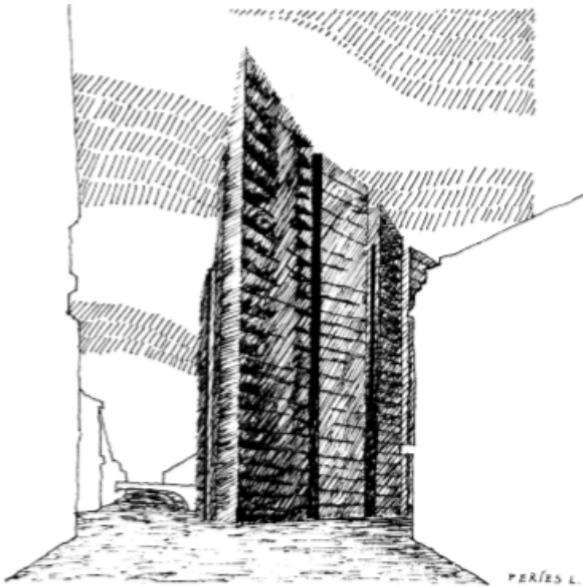
Si bien es cierto que la corriente dura alemana aliada a la Sachlichkeit comprometida con problemas sociales donde la construcción y producción de viviendas masivas con su equipamiento y las fábricas eran prioritarias, ya que este problema social se asociaba al económico e imponía construir lo máximo con los menores recursos posibles, sería falso sostener que la arquitectura masiva, repetitiva, monótonamente producida para estos fines es paradigmática del M.M.

La singularidad de las propuestas de un Mies van der Rohe en sus rascacielos de vidrio de Berlín de 1919 y 1921, destinados a calificar un espacio urbano, o las obras de los expresionistas alemanes: Mendelsohn con su torre Einstein o Poelzig con sus propuestas coronando montañas con hitos espectaculares, se asocian más a una escultura a nivel ambiental, al sentido de hito característico de la arquitectura de siempre.

Le Corbusier, el gran creador de formas del siglo XX, en los años 40 abandona definitivamente las normas y los prototipos industrializados que lo habían preocupado en su juventud y deja surgir al poeta de lo



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.12

Mies van der Rohe, el nuevo monumento de cristal.
Berlín 1919.



V.13

Mies van der Rohe, nueva propuesta de Rascacielos
de vidrio. Berlín 1920. Imposible de construir entonces.



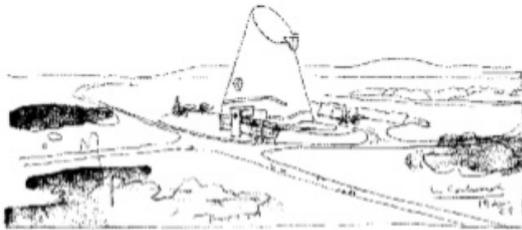
V.14

Mendelsohn, Eric. Torre Einstein en Postdam, 1921.
La forma singular

V.15

Poelzig, Hans, proyecto de Teatro para Salzburgo, 1919.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.16

Le Corbusier, Proyecto de iglesia de Firminy, 1963.

singular, de la metáfora, usando recursos proyectuales contemporáneos solamente. Sus intenciones de diseño a partir de entonces adquieren un parecido a las de los arquitectos de todos los tiempos en sus búsquedas de dejar huellas singulares, testimonio de su época y su cultura. Ronchamps (1950-54) corona una colina dominando el paisaje, situación tradicional del monumento como pieza aislada destacándose en su entorno, pero sin renunciar a la innovación.

La masa de valor escultórico contribuye a darle ese carácter. La preocupación formal maciza puesta en evidencia en la capilla, señalan a su autor como un extraordinario creador de monumentos. Esta actitud se repite en otros proyectos, como el de la iglesia de Firminy



V.17

París, torre Eiffel, 1889.

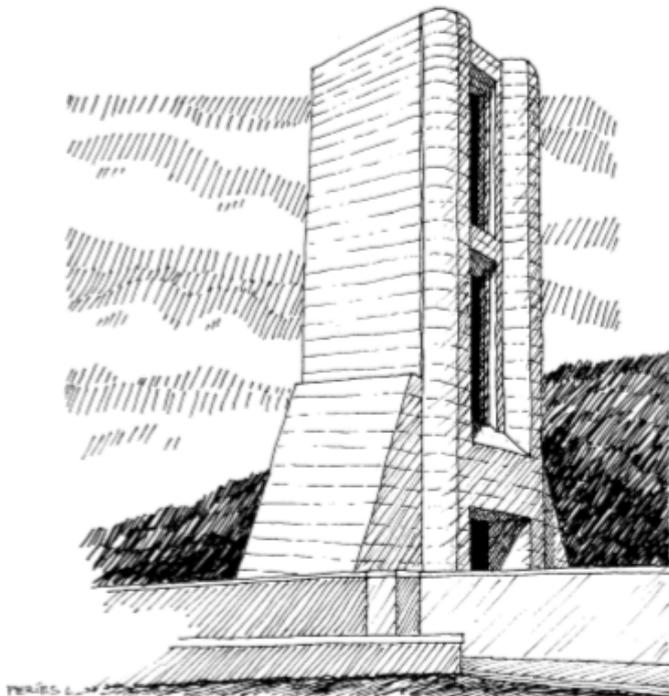


V.18

Loos, Adolf, proyecto para el Chicago Tribune 1921.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.19

Garnier, Tony, Proyecto de Ciudad Industrial, 1906.

V.20

Terragni, Giuseppe y Prampolini, Enrico; monumento en Como, 1926.

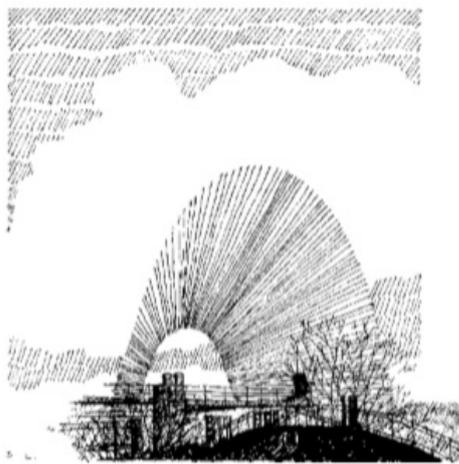
L. Kahn, marca la vuelta deliberada al monumento, así lo entendió y expresó en sus escritos y en sus obras. Su voluntad de grandeza buscó un camino diferente para la arquitectura. Revalorizó la monumentalidad, pero su arquitectura compleja valoraba al mismo tiempo otros aspectos como el protagonismo del espacio y la jerarquía del mismo según un orden único donde se evocara el sentido de su uso. Le interesaba, al mismo tiempo, la doble piel que da espesor a los límites y el gusto por la solidez del muro, por el juego de las luces y sombras. Es una arquitectura que representa la institución retomando las enseñanzas de la historia en unión con su formación Beaux Arts.



V.21

Libera, Adalberto. Poster de la Exposición Universal de Roma de 1942. Arco que conducía al lugar y al futuro.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

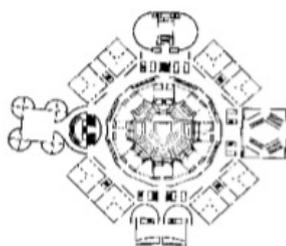


V.22

Maillart, Robert. Pabellón del cemento en la Exposición de las Provincias Suizas. Zurich, 1939.

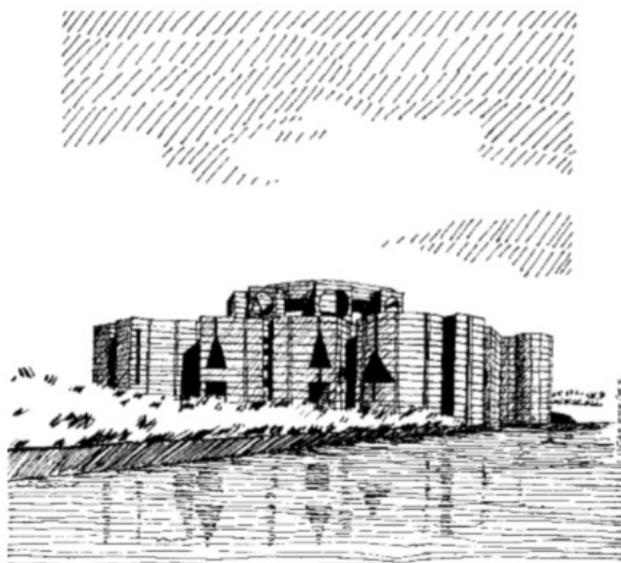
Su amor por las formas, la forma singular, simétrica, única, aunque compuesta de un cuerpo mayor rodeada de cuerpos menores se expresa sobre todo en obras como el Parlamento de Dacca, la Biblioteca Exeter o la Iglesia Unitaria configurando los nuevos monumentos muy vinculados por su carácter a los de toda la historia. Es común en este aspecto encontrar en sus obras la reinterpretación de formas arquetípicas, tipologías consagradas y por sobre todo su obra vincula estructura y configuración con la herencia histórica.

Podríamos mencionar compartiendo esta postura a Saarinen y a Utzon. Ellos también manejan la masa escultórica singular, calificadora de espacios urbanos o no, cargada de simbolismo, tal como se aprecia en la TWA y en la Opera de Sidney, aunque en estos casos la estructura fuera sacrificada a un rol de esclavo ineficiente y costoso, que atiende a costa de sacrificios las espléndidas formas exteriores.



V.23-24

Kahn, Luis. Asamblea Dacca, Bangladesh, 1962-1983.



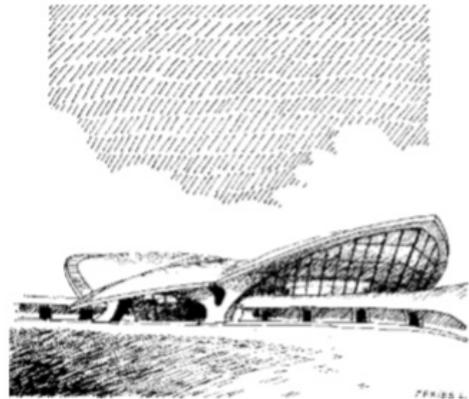


LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.25

Utzon, J. Opera de Sydney. 1957-1965.

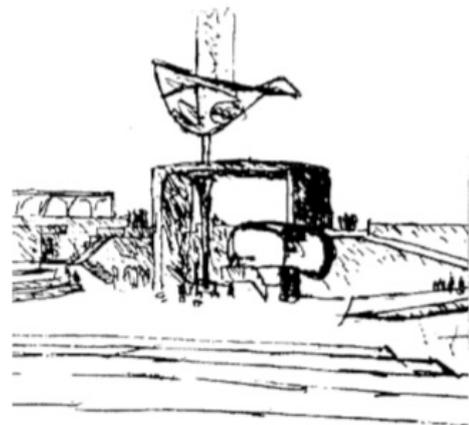


V.26

Saarinen, Eero. T.W.A., Nueva York, 1962.

Si bien no existía en el inicio del Movimiento moderno, en los primeros años del siglo XX, una teoría escrita sobre los monumentos, el vocero principal Giedion junto a F. Léger y a J. L. Sert, en 1943 se ocupan de producirla. Hablan sobre "la necesidad de crear una nueva monumentalidad, que responda a las más elevadas necesidades culturales del hombre". Consideran que existe una verdadera necesidad de símbolos colectivos en la ciudad que signifiquen algo más que la satisfacción funcional y que trasciendan su tiempo, a la vez nexos del pasado y del futuro.

El monumento contemporáneo de la teoría de Giedion, Léger y Sert, refrendada luego por Giedion en su libro *Arquitectura y Comunidad*, debería ser diferente de los del pasado, sugiriendo que tanto el rascacielos, sede de la administración como las autopistas tomen el papel dejado por las instituciones.

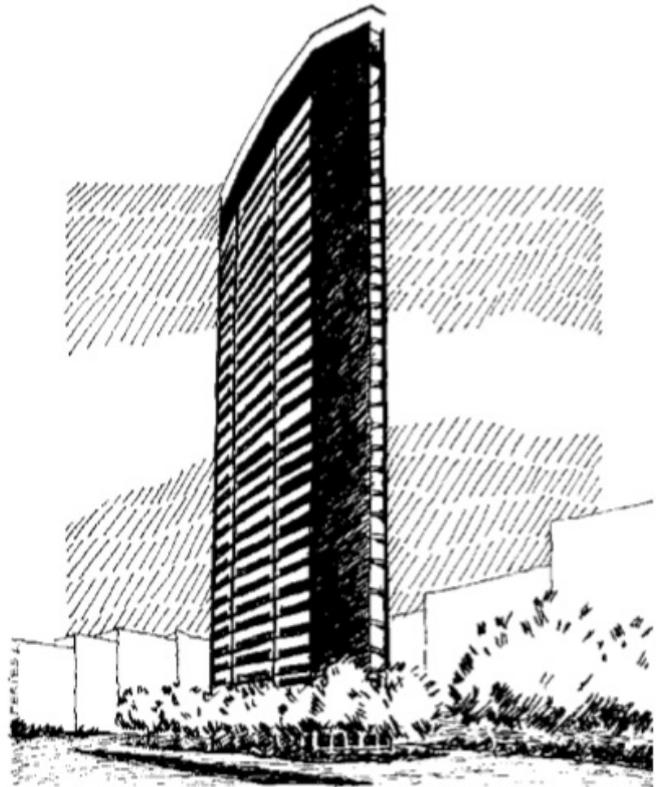


V.27

Le Corbusier, La mano abierta. Chandigarh.

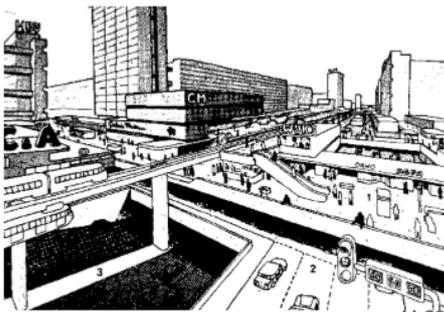
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Estos referentes de su tiempo, de su cultura, estarían asociada a las nuevas posibilidades técnicas y materiales de la época moderna: vidrio, acero, hormigón.



V.28

Nervi, P.L. y Ponti, G. Edificio Pirelli. Milán, 1957.



V.29

Van den Broek. Plan Amsterdam - Pampus, area central. Holanda 1965.

De este modo pretendían diferenciarse de la retórica clásica del monumento que haciendo uso de recursos tanto materiales como proyectuales tradicionales explotaban los gobiernos dictatoriales para destacar su hegemonía. No hay que olvidar que tanto Hitler como Musolini, implantaban su presencia por estos medios y que tanto uno como otro contaban con experimentados arquitectos para lograr sus fines.(Speer, Piacentini, etc.)

LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

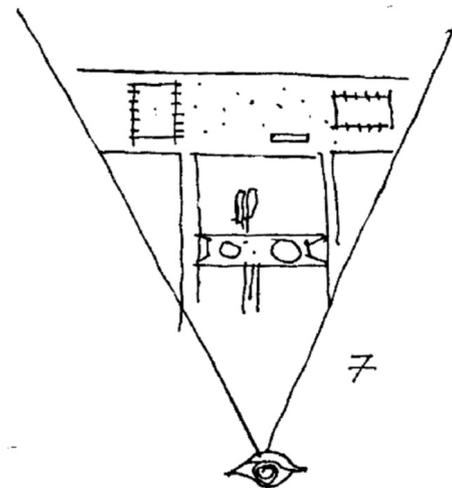
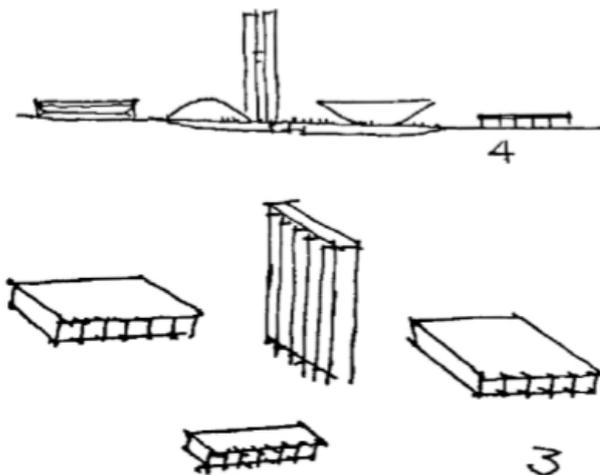


V.30
Iofan, proyecto del Palacio de los Soviets. Moscú, 1934



V.31
Moscú, universidad en las colinas de Lenin, 1935.

Paralelamente el siglo XX genera una nueva retórica contemporánea que tiene su expresión en **intervenciones urbanas como en Brasilia y en Chandigarh**, nuevas capitales de Estados, cuyos centros cívicos son expresivos ejemplos al respecto.



V.32
Niemeyer, O., Plaza de los tres poderes de Brasilia, 1959.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.33

Schinkel, K., Museo de Arte de Berlín.
Monumento de siglo XIX.



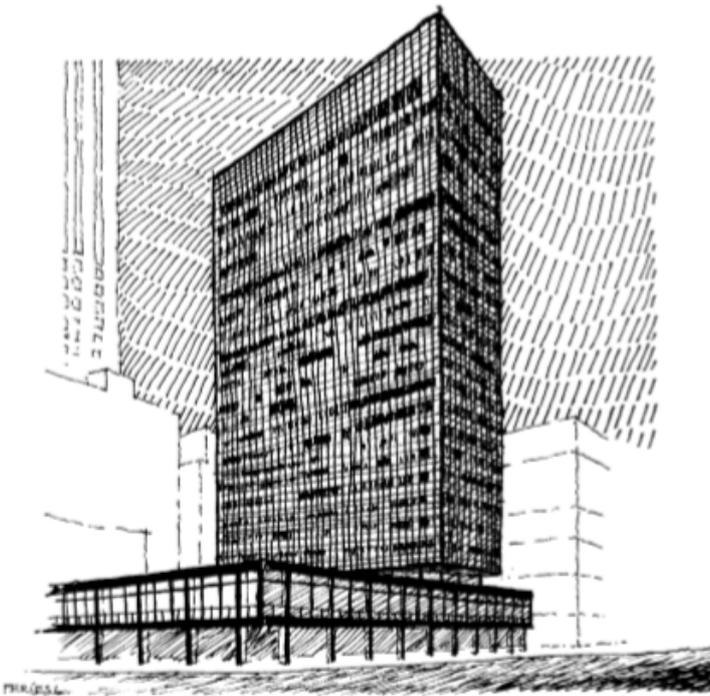
V.34

Johnson, Ph., Galería de Arte de Nebraska.
No pierde el carácter de monumento el
museo del siglo XX.

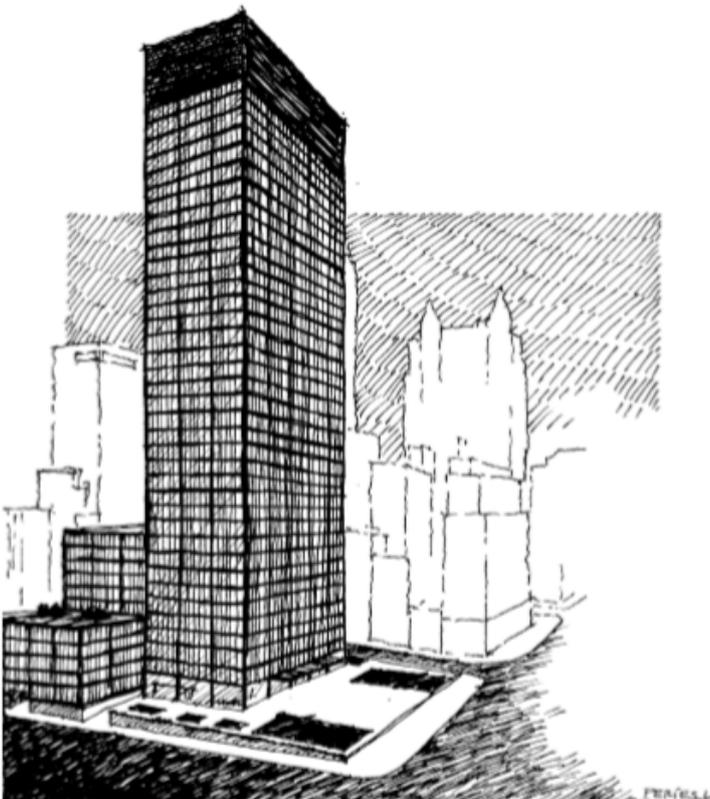
El rascacielos que según lo expresara Giedion en su libro *Arquitectura y Comunidad*, estaba destinado a asumir el papel de nuevo monumento, merece un párrafo aparte. Son los nuevos obeliscos del paisaje urbano actual. Representan no ya a las instituciones culturales, políticas o religiosas, sino al poder económico. Compiten entre ellos como se compite en el campo de los negocios, en una carrera despiadada para el ambiente urbano. Son bellos en sí mismos, hacen ostentación de costosos materiales, de alturas cada vez mayores y formas cada vez más complejas.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.35
S.O.M., Lever House, Nueva York, 1951.



V.36
Mies van der Rohe, Edificio Seagram, Nueva York, 1957.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Pretenden ser hitos, que retomando las búsquedas de Mies van der Rohe de Berlín en 1919, se destaquen en el perfil de la ciudad. Sin embargo su duración como símbolo es efímera, porque inmediatamente en sus inmediaciones aparecen otras formas en su competencia. Desconocen el espacio urbano que se configura en relación con sus edificios vecinos. Estas obras no son ya los límites calificantes de los espacios urbanos, ni tampoco la transgresión excepcional del tejido urbano homogéneo que lo rodea.

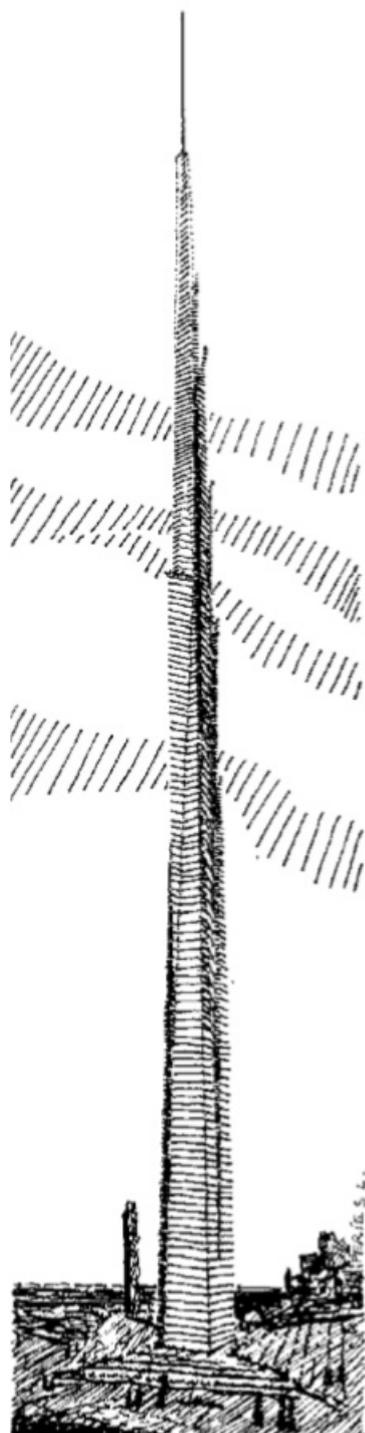
Son obras autónomas, que se implantan en los centros de ciudades como si nada existiera a su alrededor, o como si se tratara de una ciudad de bloques aislados en el verde al más puro estilo CIAM, ignorando el verdadero soporte, la ciudad real de edificación compacta entre medianeras.

Consideramos que los rascacielos comparten desde hace 20 años, rasgos comunes a pesar de la intención de sus autores de que sean piezas únicas; son torres exentas, simétricas, con alguna alusión a la composición clásica (tienen “base noble”, desarrollo homogéneo y coronamiento llamativo). La estructura toma un rol protagónico, ya sea porque la escala así lo requiere, como por el descubrimiento de sus posibilidades expresivas. Las superficies vidriadas completan el elenco de elementos constitutivos del rascacielos actual, y son el rasgo innovador de finales del siglo XX, ya que desmaterializan sus envolventes, las vuelven etéreas, distinguiéndose de los monumentos del pasado, sólidos y donde la masa se expresaba por marcados contrastes de luz y sombra.

La escala extraordinaria es la última característica que apuntaremos, pero tal vez la más importante. Se está llegando a los 800 m. y Le Messurier ha planteado teóricamente la posibilidad de llegar a los 1600 m, la milla de la propuesta de rascacielos del siglo XX de F.L.I. Wright. Desde este punto de vista, la estructura se vuelve elemento definitorio.



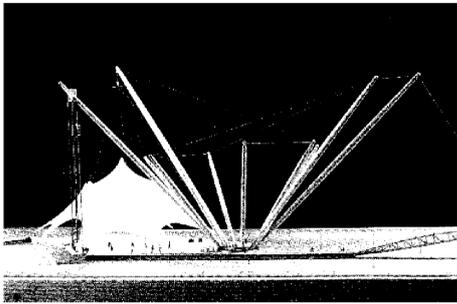
LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



V.37

Wright, F. L., Edificio de una milla de altura.
Chicago, 1956.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

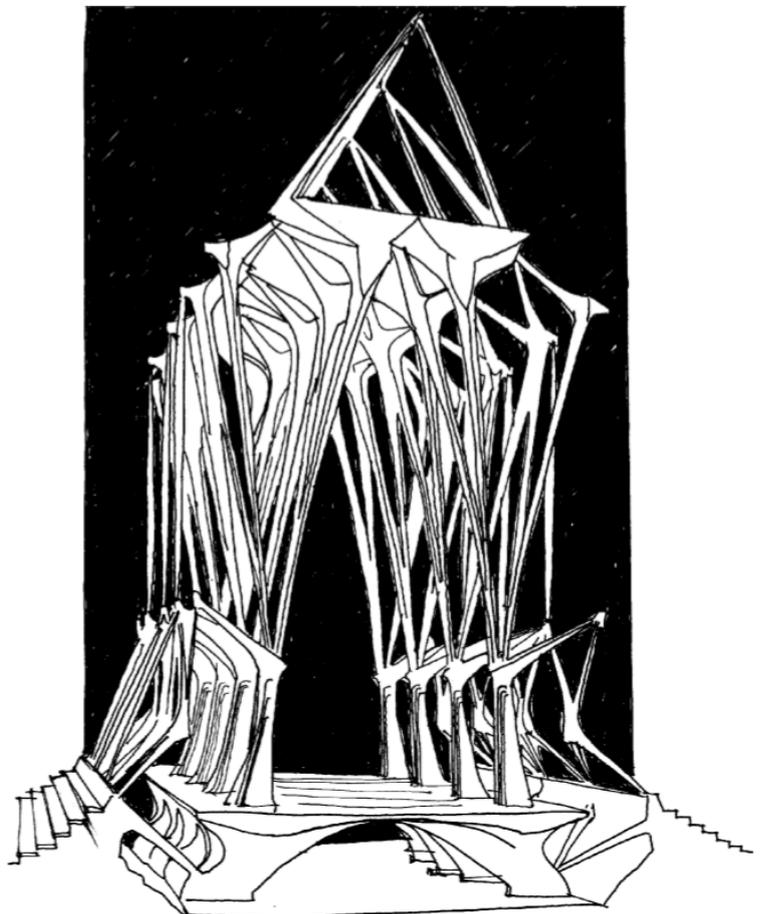


V.38

Piano, Renzo. Monumento a C. Colón en Génova, 1982.

El otro tipo de monumento que distingue a nuestra época, no es ya la autopista a las que Giedion atribuía hace 50 años ese valor, sino que ha aparecido una nueva especie de escultura urbana.

Son obras de artistas, que conjugan la sensibilidad espacial y de manejo de formas propia del arquitecto y el escultor y la capacidad de resolución precisa del ingeniero especialista. El ejemplo más claro de este nuevo protagonista es Santiago de Calatrava y en alguna medida, Renzo Piano.

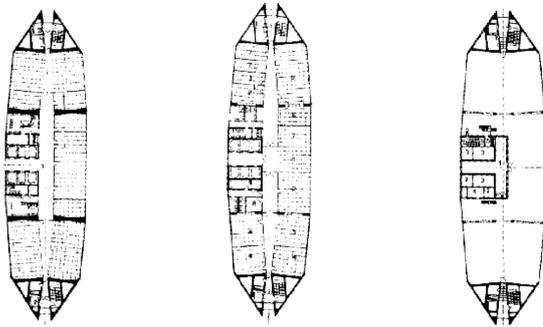


V.39

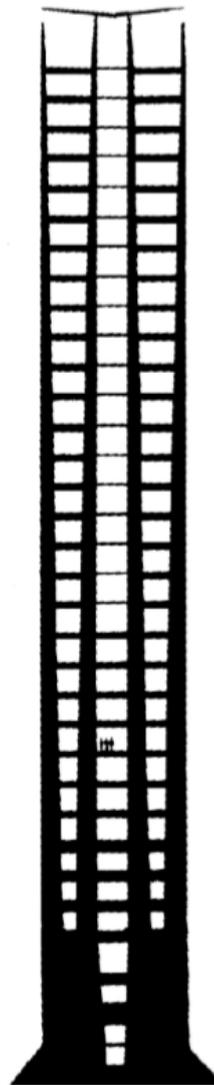
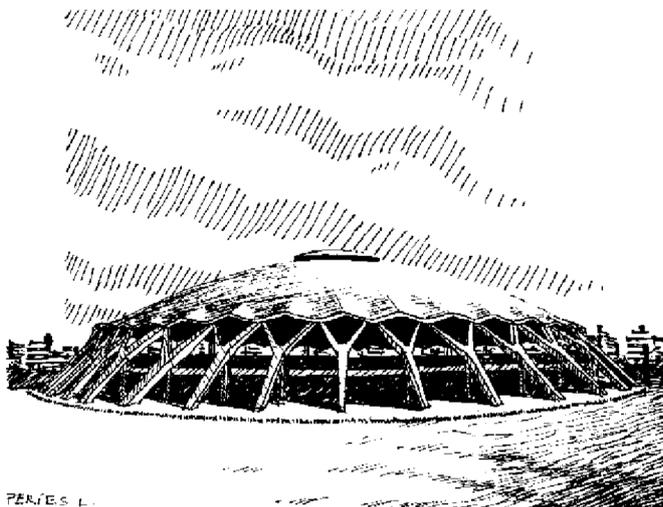
Calatrava, Santiago, Catedral en Nueva York.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



Si bien es cierto que podíamos considerar a P.L. Nervi un antecesor de valor equivalente, sin embargo su campo de acción, y las oportunidades de trabajo que se le presentaron fueron mucho más limitadas. Italia fue centro de sus actividades en los años previos e inmediatamente posteriores a la segunda guerra mundial y sólo en su última etapa trascendió sus fronteras con obras en EE.UU., Venezuela o Australia pero siempre circunscriptas a instalaciones deportivas o fabriles y con raras excepciones (Torre Pirelli en Milán, Palazzo del Lavoro en Turín) realizando obras con carácter de hito significativo.



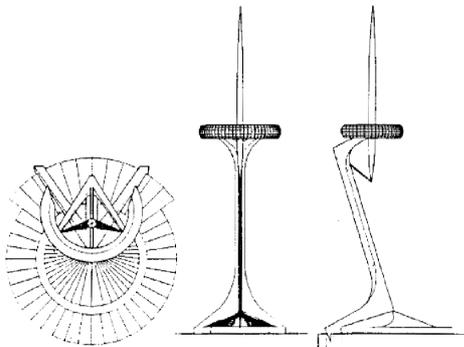
V.40

Nervi, P. Ly Ponti, G., Edificio Pirelli, Milán, 1957.

V.41

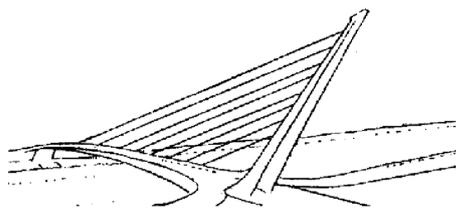
Nervi, Palacete de Deportes. Roma, 1950.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.42

Calatrava, Santiago. Torre de Comunicaciones de Barcelona. Barcelona, 1992.



V.43

Calatrava, Santiago. Puentes del Alamillo. Sevilla, 1992.

Los puentes, las torres de transmisión, las estaciones de ferrocarril de Calatrava, son los hitos de la ciudad actual. El mundo hoy exige figuras descolantes, incitan a cada ciudad a competir por tener obras de este tipo para preciarse de pertenecer al primer mundo. La España pujante de la Expo Sevilla y la Barcelona Olímpica del 92; la Suiza tradicional de Lucerna y Zurich, incorpora estaciones de F.F. C.C. que se armonizan con lagos, puentes de madera y los picos nevados de los Alpes; la cosmopolita Nueva York; la discreta y elegante Montreal; poseen o poseerán obras suyas.



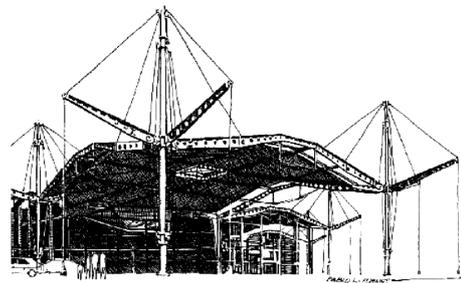
V.44

Calatrava, Santiago. Pabellón de Kuwait. Expo de Sevilla, 1992.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

El tercer tipo de hito, monumentos singulares tal vez, son las fábricas actuales. Centros de atracción, intentan convertirse no solamente en lugar de trabajo agradable, sino también en nodo de actividades comunitarias, donde el operario sienta que tiene un lugar propio. Ejemplo de ello es la Fábrica Renault, en Swindon, Inglaterra, obra del arquitecto Norman Foster, que se analiza en detalle en capítulo VI. Finalmente consideramos algunas sedes culturales que no constituyen por su carácter, una innovación en cuanto al sentido de monumento respecto al pasado, pero sí en cuanto a su expresión. Paradigma de esto es el Centro Pompidou, y el Centro del mundo árabe en París, o el complemento de otro monumento como la Pirámide de Pei en el Louvre también en París.



V.45

Foster, N., Fábrica Renault, Swindon, Inglaterra, 1983.



V.46

Pei, Pirámide del Louvre. París, 1989.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

CARACTERISTICAS DEL MONUMENTO COMO SÍMBOLO COLECTIVO

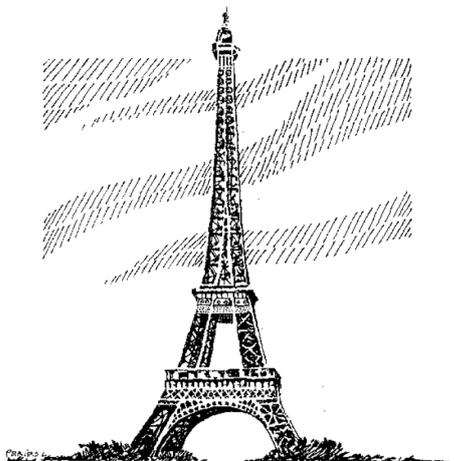
De lo antes expresado podemos distinguir rasgos comunes que en el transcurrir histórico han calificado a estos monumentos. Ellos nos servirán para introducir el tema objeto de nuestro estudio en las obras contemporáneas:

* La dimensión extraordinaria: se sobrepone a lo que lo rodea con el fin de sorprender. Lo grande, la escala mayor es manifestación de la monumentalidad. El mito de la torre de Babel nos enseña que este recurso es tan antiguo como la humanidad y responde a la aspiración del hombre de perdurar a través de sus obras y enfrentar de ese modo las angustias que le provoca el sentido de lo efímero de su existencia.



V.47

Teotihuacán, Piramide del Sol, 200 a.C. a 750 d.C.

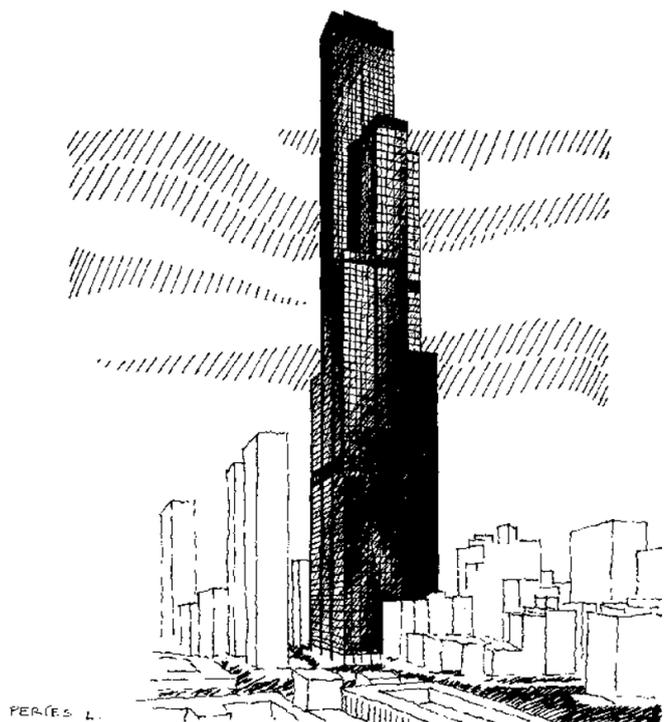


V.48

París, Torre Eiffel, 1889.

V.49

S.O.M. Torre Sears. Chicago, 1973.



PERE.S. L.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

El problema figura fondo: una este punto con el siguiente puesto que el monumento requiere una clara definición entre la forma y su fondo. Muchas veces se ha acudido al recurso de las bases reflejantes del agua, del estanque y a la definición precisa del perfil contra el cielo.



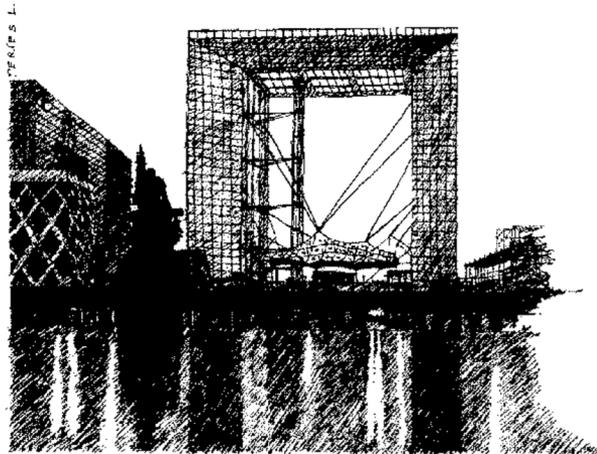
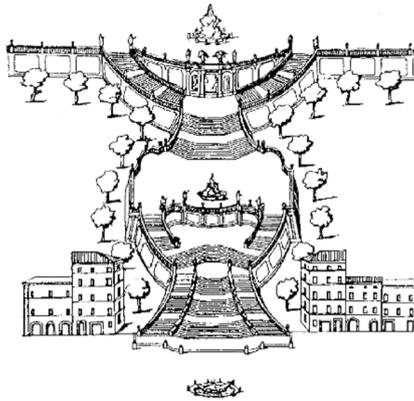
V.

Córdoba, Catedral antes y después de la edificación en altura en el centro histórico.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

V.51

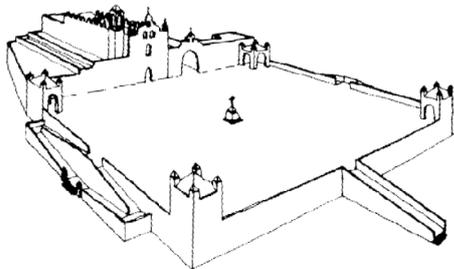
Von Spreckelsen, Arco de la Défense, París, 1989.



* Espacio alrededor: El monumento requiere espacio que lo destaque, que permita recorrerlo alrededor para admirar todas sus facetas, todos sus enfoques posibles. Muchas veces el fin de los monumentos no es que se los reconozca como tales sino hacer reconocer el espacio que está alrededor, que genera el propio monumento. En este aspecto, toma especial importancia el modo de aproximación, el camino como rito, grandioso a veces, sorpresivo otras.

V.52

Roma, Plaza España.

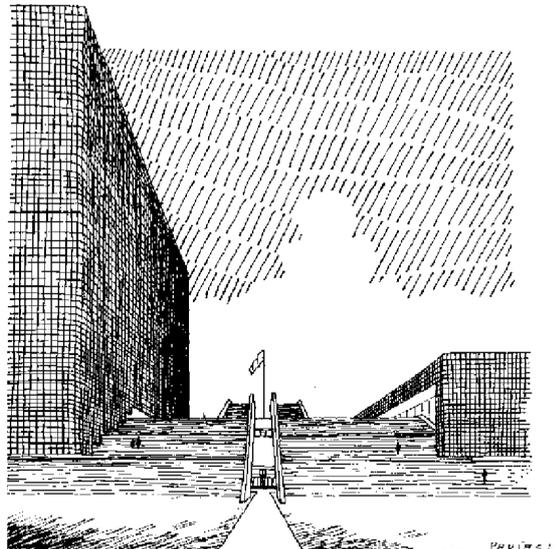


V.53

México, conjunto conventual del siglo XVI.

V.54

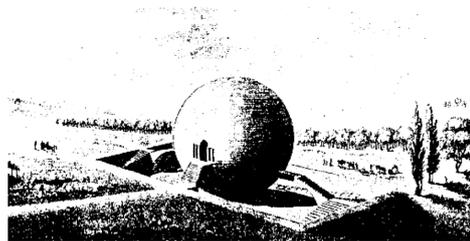
Lasala, P., Cancillería de Venezuela en Caracas.





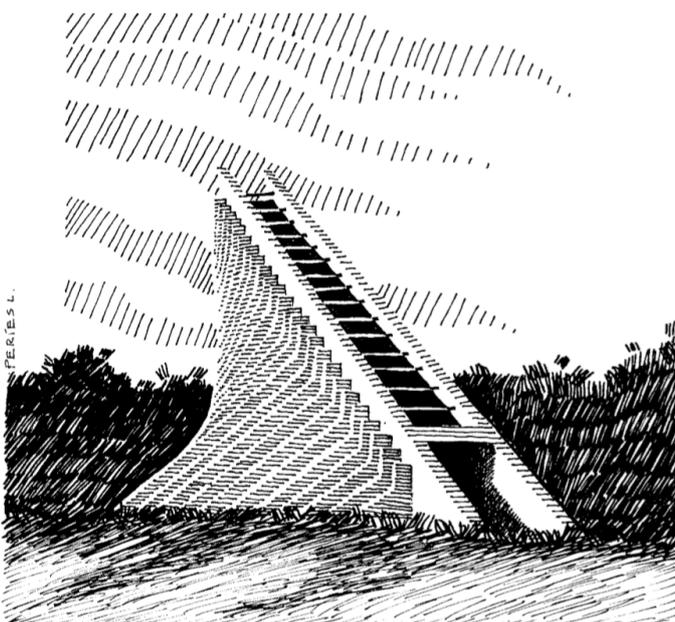
LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

* Singularidad formal: Debe ser un “Acontecimiento plástico” dice Le Corbusier. Esto implica considerar a la arquitectura como un hecho artístico, pero también implica que el lenguaje empleado sea claro, formando un todo compositivamente estructurado con un cuerpo único, simple (pirámide, cilindro, prisma, por que no esfera) o un cuerpo principal y los demás subordinados. Esta simplicidad hace que la comunicación con la sociedad en su conjunto sea inmediata, objetivo fundamental del monumento. En el aspecto formal, cabría acotar que hasta la irrupción del Movimiento Moderno, la fuerte articulación de la masa a través del recurso del relieve, del juego de luces y sombras, daban ese sentido de escultura singular al monumento, instrumento también explotado por Louis Kahn en sus obras.



V.55

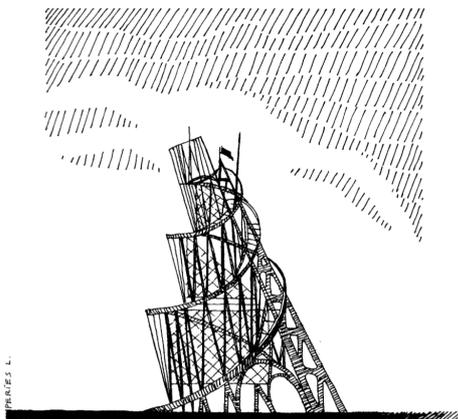
Ledoux, Casa de los guardias agrícolas en Maurpertuis. Siglo XVIII.



V.56

Forero, L. y Arboleda, R., Capilla Campos de Paz. Medellín, Colombia.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.57

Tatlin, Monumento a la Tercera Internacional. Moscú.

El material “noble”: mármol, granito, bronce son requisitos que garantizan la calidad en el tiempo. Se han hecho experiencias con materiales nuevos como el hormigón (**Monumento en Como de G. Terragni, 1926, Arco de Maillart en Zurich, exposición de 1939**) y el hierro (**Torre Eiffel, 1889; proyecto del Monumento de la Tercera Internacional, Moscú 1920**) pero no son habituales.

Es tal vez Mies van der Rohe y luego sus seguidores quienes introducen la novedad más destacada en el uso del material en el monumento del siglo XX. Se trata del vidrio, que transgrede por primera vez el sentido de masa asociado a estas construcciones. Se sustituye la solidez por una piel fina casi inmaterial que envuelve el volumen de brillos y reflejos, transparencias y translucidez, creando verdaderas gemas de vidrio como nuevos monumentos. Hoy se ha desarrollado ampliamente este camino en la **expresión de los rascacielos**.

* *El detalle refinado*: La buena construcción esta asociada al monumento. El cuidado del detalle constructivo es parte de sus características. “Dios está en los detalles” es en este sentido elocuente principio atribuido a Mies van der Rohe.

RELACION MONUMENTO ESTRUCTURA

Hemos definido ciertas características comunes a los monumentos que nos interesan destacar dada la naturaleza de nuestro trabajo. La singularidad formal y la escala, porque en ellas la estructura está especialmente involucrada.

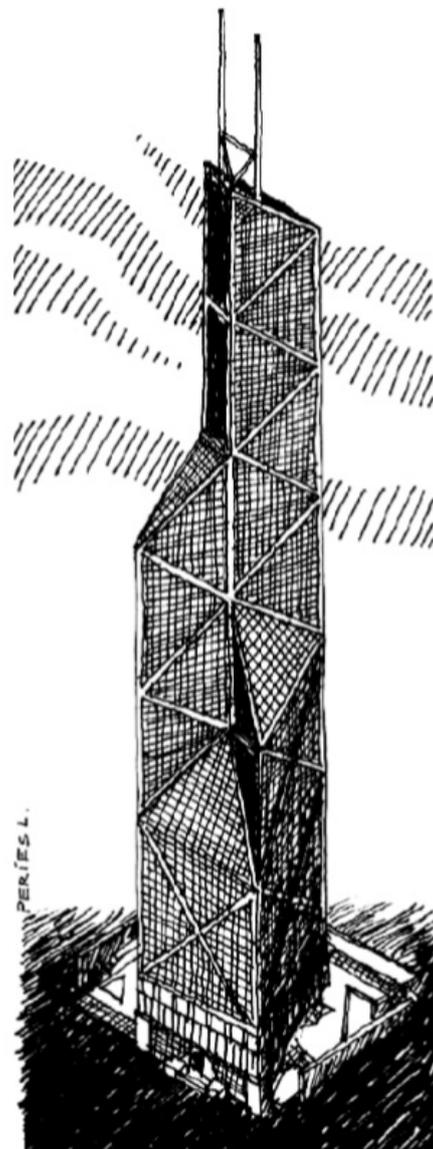
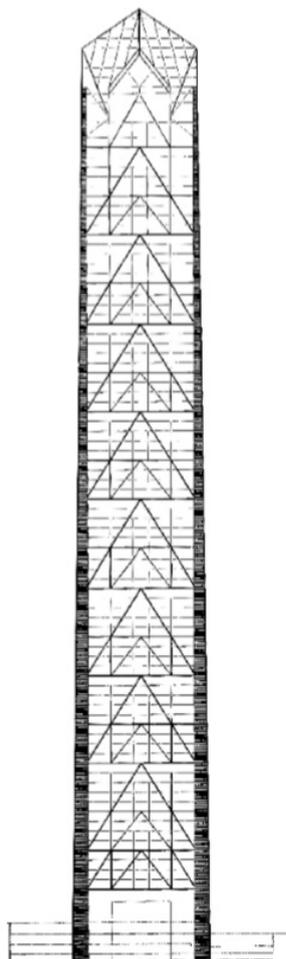
Grandes alturas, llamativas expresiones estructurales son signos característicos de los monumentos actuales.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

Se consideran dos grupos de ejemplos.

El primero referido a los rascacielos, monumentos del poder económico privado fundamentalmente y lateralmente del poder político administrativo. Podemos citar como ejemplos representativos al Banco de China en Hongkong de Pei, al **Banco del Southwest en Houston de Helmuth Jahn** y al **Arco de la Défense en París de von Spreckelsen**, todos estudiados con más detalle en el capítulo VI (Análisis de obras).



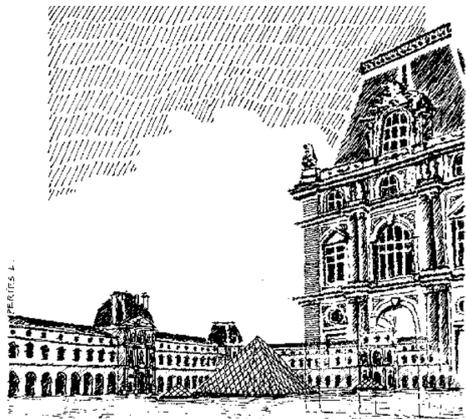
V.58

Pei, Banco de China en Hong Kong, 1985.

V.59

Jahn, H., Banco Southwest en Houston, 1985.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.60

Pei, Pirámide del Louvre. París, 1989.

El segundo grupo está referido a formas singulares que si bien dan respuesta a requerimientos funcionales: puentes, torres de trasmisión, de comunicaciones, fábricas, tienen otro fin más vinculado al campo simbólico. Son los testimonios de nuestro mundo actual, de nuestra cultura y de sus desarrollos científicos- técnicos. Nacen como ideas sobre el significado del tiempo que vivimos que se hace materia con el manejo de los recursos más avanzados, más innovadores, más acordes a un mundo que se enorgullece de su progreso.

Dentro de este grupo mencionamos a **un puente de Calatrava, la Torre de comunicaciones de Barcelona, también de Calatrava, la Pirámide del Louvre de Pei y la Fábrica Renault en Swindon, Inglaterra de Norman Foster.** Al tratarse de casos particulares, los recursos de diseño y de configuración son diferentes entre sí por lo que se tratan con mas detalle en otro capítulo.



V.61

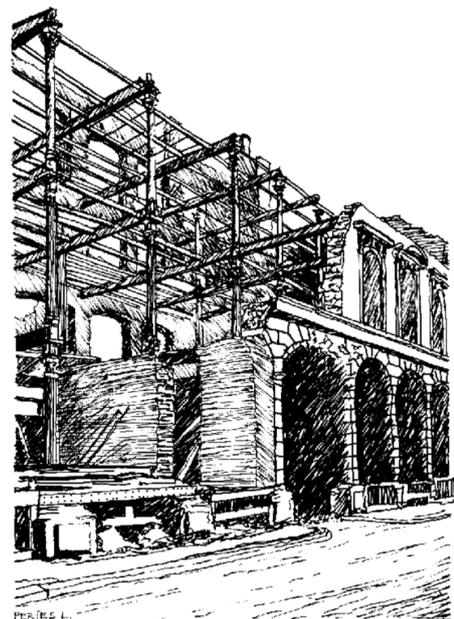
Ectacion de ferrocarril Mitre, Córdoba.

EL EDIFICIO EN ALTURA

A mediados del siglo XIX, cuando empieza la tendencia a aumentar el número de pisos superpuestos de los edificios, existían suficientes conocimientos empíricos como para saber que los espesores de los muros de los pisos inferiores debían ir creciendo en función del aumento del número de pisos. También se había desarrollado suficientemente el concepto teórico de tensión admisible como para permitir verificaciones numéricas de la seguridad del edificio. Cuando el mayor espesor de los muros empezó a resultar un inconveniente para el uso del espacio interior se comenzó a utilizar un nuevo material de resistencia a la compresión muy superior a la de la mampostería: el hierro fundido. Así es que un edificio de Londres, fig. V.62, construido alrededor de 1862 y dañado en la segunda guerra mundial, muestra sus columnas de fundición con capiteles corintios y todo, que varían de piso a piso y que estaban totalmente envueltas por la mampostería de los muros interiores; de esta manera reforzaban los muros sin aparecer ni modificar en absoluto el uso del espacio.

Sin embargo, el verdadero impulso a la construcción en altura se da en U.S.A., fundamentalmente en Chicago, y especialmente en la última década del siglo XIX, fig. V.63.

El acero laminado ya reemplazaba entonces totalmente al hierro fundido. En esa época todavía se

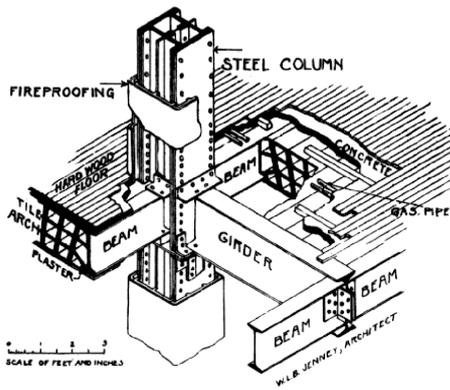


V.62
Edificio en Londres, ca.1862.



V.63
Edificios de la Escuela de Chicago.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

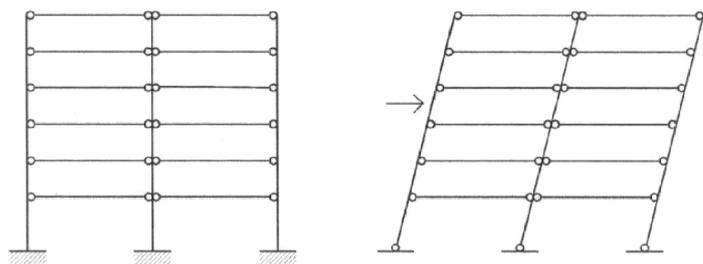


V.64
Detalle de nudo.

aplicaba la regla empírica de comenzar con un espesor de muros de 30 centímetros aumentando 10 cm por cada piso adicional. La aplicación de esta regla puede verse en las plantas del edificio Monadnock (1884), de D. H. Burnhan y J. W. Root, donde los muros de planta baja tienen cerca de 1,50 m de espesor para sus iniciales 12 pisos, a los que se agregaron 4 más en 1889.

La estructura fue proyectada al comienzo como un esqueleto de acero para la totalidad de las cargas gravitatorias, pero el cliente exigió agregar los muros portantes para quitarle el “carácter intrínsecamente efímero de tal tipo estructural”. Toda innovación tecnológica ha debido siempre luchar contra arraigados prejuicios de la tradición. Sin embargo este caso es una excepción ya que la mayoría de los edificios de la década de 1890 a 1900 presentan muros de menor espesor, que no serían suficientes de no existir los pilares de acero.

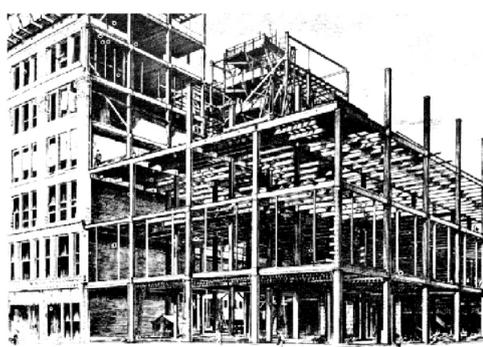
El sistema constructivo vigente entonces queda claramente expuesto en los dibujos que el arquitecto W. L. B. Jenney hace para el edificio Fair, Chicago 1890-91, fig. V.64. Allí se ve claramente que las vigas, tanto las principales como las secundarias, no tienen continuidad entre sí; las uniones equivalen a articulaciones. Las fotografías muestran que sólo las columnas podían construirse continuas de un tramo a otro. En síntesis, el esquema estático sería el de la fig. V.65.



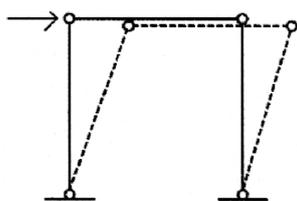
V.65
Esquemas estructurales.

Prescindiendo del mínimo empotramiento que podría lograrse en los apoyos, el sistema es inestable, y debe suponerse que para mantenerlo en equilibrio durante el montaje del esqueleto se usarían algunas triangulaciones provisionarias, como lo sugiere la fotografía, fig. V.66.

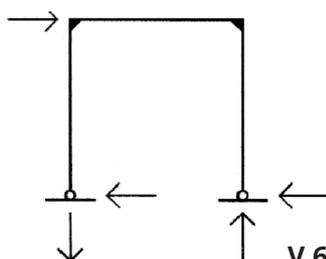
Y es en este punto de la historia donde adquiere trascendencia la dimensión vertical del edificio de múltiples pisos. Cuando el edificio de muros portantes tiene aún pocos pisos la incidencia de las cargas horizontales de viento es insignificante; cualquier construcción normal de esa época que siguiera las normas empíricas reconocidas y aceptadas para cargas gravitatorias tenía suficiente margen de seguridad para resistir las fuerzas horizontales. El sistema de pilares y vigas de acero podría prescindir totalmente de los muros resistentes para cargas verticales pero es inestable por sí solo para cargas horizontales. Los muros todavía son necesarios para resistir las fuerzas de viento y en todos los edificios se ve aún una importante sección de mampostería. Para poder seguir reduciendo la mampostería y llegar a eliminarla totalmente es necesario rigidizar los nudos vigascolumnas, o sea, construir pórticos, fig. V.67.



V.66
Triangulaciones provisionarias.



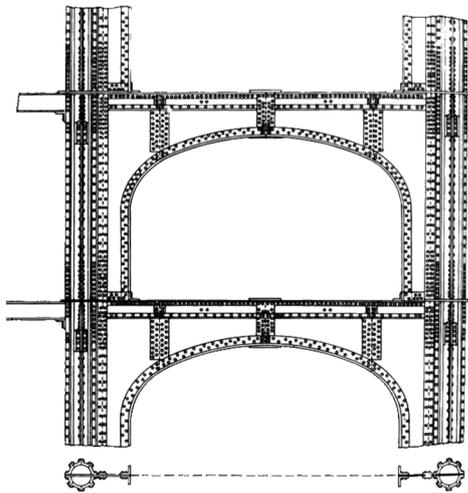
INESTABLE



ESTABLE

V.67
Esquemas estructurales.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

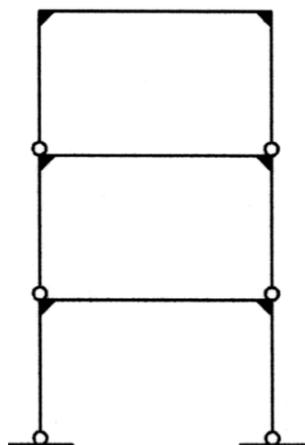


V.68
Pórtico metálico.

El pórtico se empieza a introducir poco a poco en los edificios, en forma parcial y combinándose aún con la mampostería. De estos, el más publicado es el caso del edificio Old Colony, y colocado solamente en la primera de las crujiás, fig V.68. Puede verse la complejidad constructiva que se requería para materializar un pórtico, a diferencia de la relativa simplicidad del sistema de pilares y vigas simplemente apoyadas del mismo edificio.

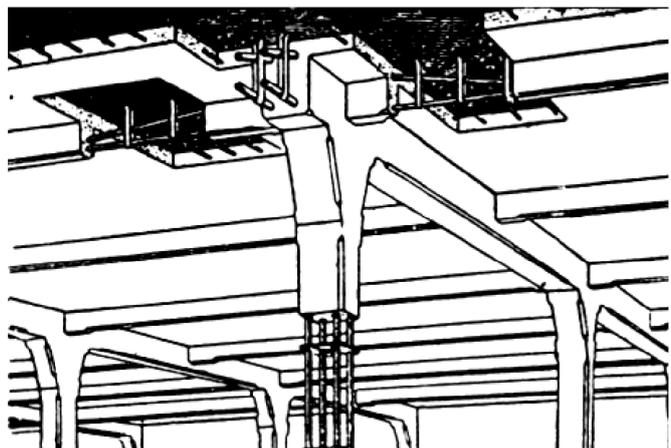
En el edificio Monadnock ya mencionado, los pórticos se colocan solamente en la crujía central.

Interesa destacar que los pórticos se superponen piso por piso con el mismo sentido de apilamiento que tiene toda la construcción, fig. V.69.



V.69
Esquema estático.

Entretanto en Europa, Hennebique patenta en 1892 un nudo monolítico de hormigón armado que permite configurar pórticos y resistir fuerzas horizontales, fig. V.70.

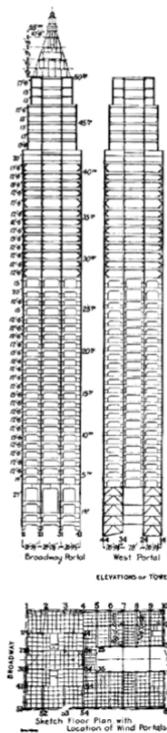


V.70
Nudo rígido de hormigón armado.

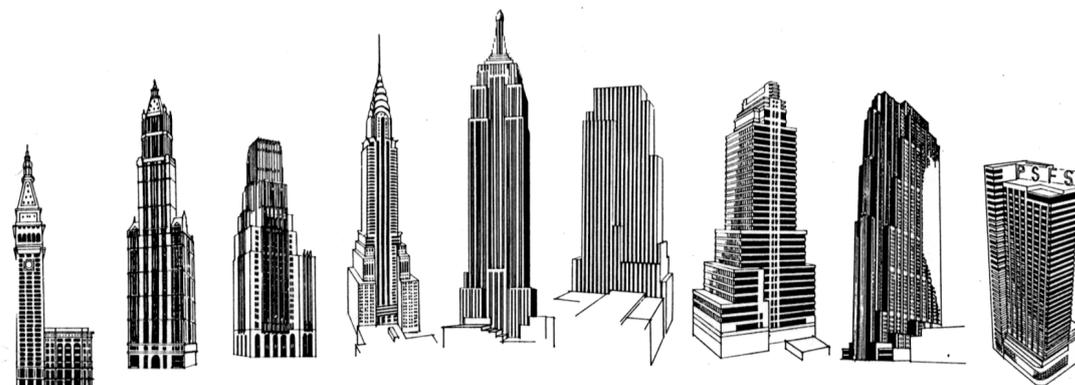


LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

Poco a poco los pórticos van reemplazando a la mampostería y así se llega al edificio Woolworth, Nueva York, 1913, donde existen pórticos en ambas direcciones, que pueden hacerse cargo totalmente tanto de las fuerzas de viento, como de las verticales, fig. V.71. En los cortes puede verse su variación de secciones, decreciente hacia arriba, en función de la disminución del corte y la flexión. Se ha abandonado a la mampostería como elemento estructural y el sistema de pórticos superpuestos alcanza los 55 pisos. Este sistema, con el agregado de algunos planos triangulados para mejorar la rigidez, continúa desarrollándose en Nueva York donde en 1930 se construye el edificio Chrysler y culmina en 1931 con el Empire State que por muchas décadas se mantuvo como el edificio más alto del mundo, con sus 85 pisos y 360 metros de altura, sin contar la antena, fig. V.72.

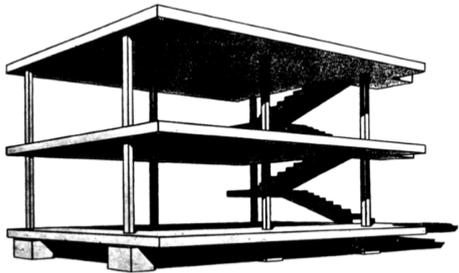


V.71
Edificio Woolworth.



V.72
Rascacielos con estructura de acero.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.73
Le Corbusier. Estructura Dominó.

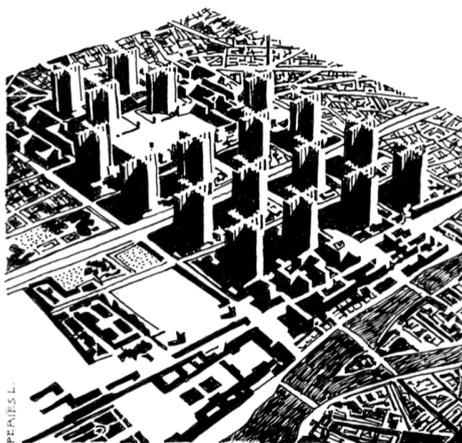
En esa misma época Le Corbusier cristalizaba sus proyectos urbanos con la Ville Radieuse con edificios de 72 pisos y 220 m de altura. Llama la atención la ausencia total de una propuesta estructural ya que sencillamente se supone que puede repetirse indefinidamente en vertical la “estructura Dominó” de hormigón armado, fig V.73. Este sistema es válido para un par de plantas, donde las fuerzas horizontales son insignificantes y con una separación entre apoyos reducida, alrededor de 5 m. Entonces el espesor del entrepiso puede ser mínimo, no así en el caso de los pórticos de un rascacielos.

La altura de piso a piso supuesta para los rascacielos de la Ville Radieuse, de sólo 3 m, es verdaderamente imposible y resulta ridícula si se compara con los 4 m que tienen los rascacielos de acero que se construían en esa época, fig V.74.

A partir de este momento se produce una meseta en la teoría y práctica del rascacielos que dura hasta después de la segunda guerra mundial.

Desde el punto de vista teórico es destacable el aporte que hace Hardy Cross con su conocido método para la determinación de esfuerzos en estructuras continuas. Los sistemas hiperestáticos de los edificios en altura dejan de ser el coto reservado a unos pocos especialistas y su análisis pasa a manos de cualquier profesional medio.

Para obviar las dificultades del análisis numérico se desarrolla paralelamente el uso de modelos elásticos reducidos que permiten medir deformaciones a una cierta escala y a partir de ellas calcular los esfuerzos en las barras. Se difunden los estudios y aparatos de medición que desarrolla G. E. Beggs en la Universidad de Princeton (1922) y sus aplicaciones de Eduardo Torroja para la verificación del frontón Recoletos (1935) y de Nervi y Overti para los hangares de



V.74
Le Corbusier. Proyecto de Ville Radieuse.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

Orvieto, ese mismo año. Sin embargo, no hay datos sobre la aplicación de modelos reducidos para edificios en altura hasta 1950.

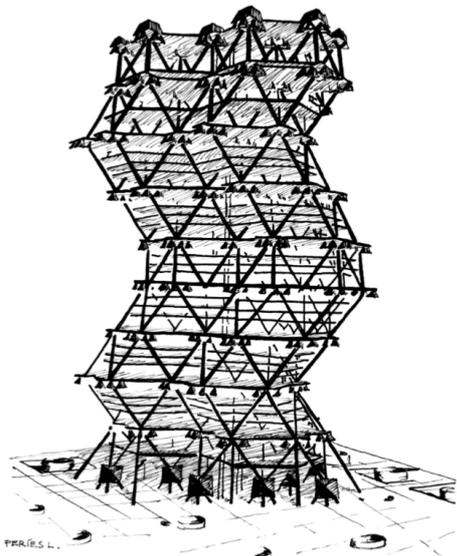
Desde el Empire State hasta la década del 50 los avances se dan en el campo teórico sin realizaciones innovadoras.

Dentro de las especulaciones abstractas y de las propuestas académicas se destacable el caso de Robert Le Ricolais, profesor del Institute for Architectural Research de Filadelfia y la especial influencia que tuvo sobre Louis Kahn, fig. V.75. También son de esta época los estudios de Sigmund Mackowski, Buckminster Fuller y Konrad Wachsmann, aún cuando no estaban dirigidos específicamente al edificio en altura.



V.75
Estudios de Le Ricolais.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



V.76

L. Kahn. City Tower.

Le Ricolais estudia a partir de construcciones naturales, huesos, radiolarios, etc., la distribución de la materia y de los huecos : “el arte de una estructura estriba en saber cómo y dónde disponer los huecos”. Fuller se preocupa por diferenciar en la construcción de barras los elementos comprimidos de los traccionados, creando así las “tensegrity”, organizaciones geométricas aescalares.

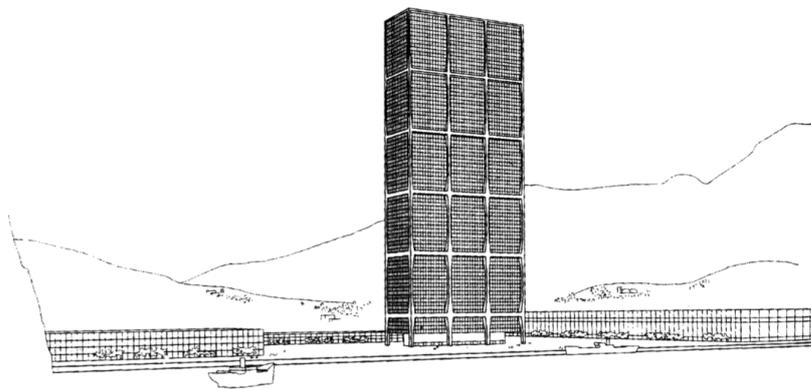
Aprovechando estas investigaciones teóricas Louis Kahn propone en 1952 su conocido proyecto de rascacielos, la City Tower de Filadelfia, fig.V.76. Se trata de una estéreoestructura de hormigón armado donde se van conectando tetraedros de cinco pisos útiles cada uno y otro piso como capitel, llegando con la superposición de nueve tetraedros a la altura de 187 metros. Si bien el edificio no se construyó por su incompatibilidad con el sistema de circulación vertical, marcó un hito en la evolución del rascacielos. A partir de este proyecto queda perfectamente clara la coexistencia de una macroescala global en relación a la totalidad del edificio (los tetraedros de cinco pisos) y una microescala parcial en relación a cada piso. La época de pensar cada piso en sí mismo para crecer por superposición, había llegado a su fin. Se debía pensar en un orden general, una ménsula empujada en la base, en donde se incluía el orden local del piso.

Desde 1950 a 1970 la evolución estructural del edificio en altura está marcada por las investigaciones teóricas de Myron Goldsmith y de Fazlur Kahn, y por sus realizaciones dentro de la firma de los arquitectos Skidmore, Owings y Merrill (SOM).

La tesis de doctorado de Goldsmith, presentada en 1953 en el Instituto de Tecnología de Illinois (IIT), se denomina “Los efectos de la escala”, fig.V.77. Recoge los estudios de Galileo, que ya en su época había expuesto las necesarias diferencias entre la estructura



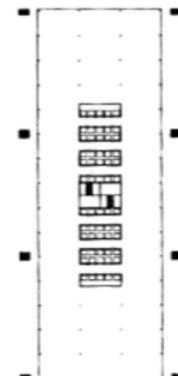
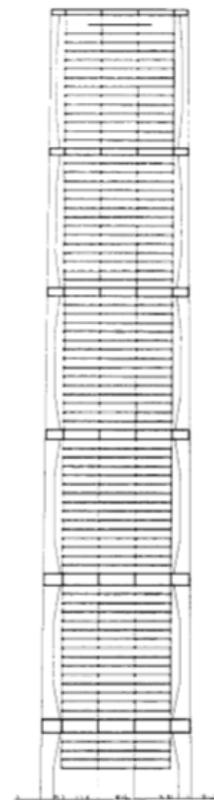
LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO



de un gigante y la de un enano. Este sabio había descubierto que es imposible un crecimiento ilimitado de las formas sin cambios en la organización, en las proporciones o en el material. También tuvo importancia la obra de D'Arcy Thompson, "Del Crecimiento y de la Forma", sobre la manera en que funcionan y crecen las estructuras de la naturaleza. Este libro, cuya primera edición data de 1917, mantiene vigencia aún hoy en muchos aspectos.

Goldsmith plantea en su tesis una macroestructura, de sólo seis niveles horizontales, en la periferia del edificio. Los macropórticos de hormigón armado presentan sus columnas de creciente dimensión hacia abajo, de forma ahusada, con mayores secciones en los nudos, totalmente de acuerdo con la variación de los esfuerzos de flexión originados por las acciones horizontales. Esto se completa con los tabique de hormigón armado de los núcleos de circulación interiores. Los paquetes de 15 pisos que quedan ente las seis grandes vigas del macropórtico en parte cuelgan y en parte se apoyan sobre ellas.

El cambio de escala que significa el rascacielos se evidencia en el cambio de escala del orden general a escala global y el orden particular a escala de piso.



V.77
Tesis de Goldsmith.

“**CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.**

La otra idea que queda fijada de aquí en más es la concentración de la estructura global en la periferia en vez de su repartición más o menos uniforme en toda la planta. Concentrar la estructura en los borde implica mayor estabilidad y mayor rigidez frente a las cargas horizontales (mayor brazo de palanca y mayor momento de inercia, respectivamente).

Esta tesis dejó sentado el principio de que el edificio en altura es, antes que nada, una ménsula empotrada en el suelo que debe resistir fuerzas horizontales. Además deben resistirse las cargas gravitatorias de cada piso. Esto implicó un cambio en el proceso de diseño del rascacielos. A partir de entonces quedó claro que lo primero a diseñar era la forma de la ménsula, la estructura global que donde se ve mejor representada es en maquetas, en axonometrías, alzados y cortes; en segundo término y con menos importancia, sólo a escala local, interesa la planta tipo.

M. Goldsmith y F. Kahn continúan durante las décadas de los 60 y 70 dominando la escena en el desarrollo del edificio en altura. Ambos son profesores del IIT donde realizan investigación teórica guiando trabajos de doctorado y tienen también oportunidad de concretar sus ideas dentro de la firma SOM. La combinación entre teoría y práctica, entre investigación universitaria y “arquitectura comercial”, resultó muy fructífera esta vez.

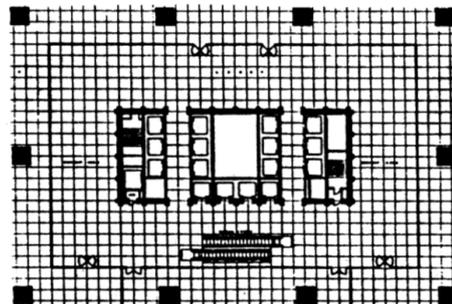
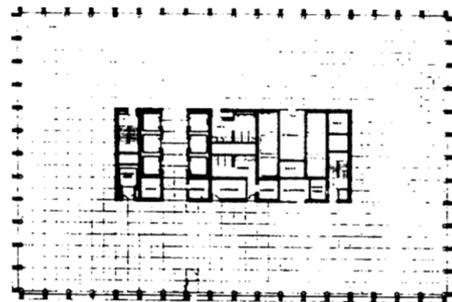
Estos dos ingenieros, con el agregado de B. Graham, siguen innovando al construir entre 1960 y 1965 los edificios rigidizados por tubos perforados periféricos, tales como el Brunswick y los apartamentos De Witt. Los soportes exteriores están a sólo 1,65 m entre ejes de tal modo que con vigas de adecuada rigidez el conjunto actúa como un tubo perforado empotrado en la base. En el caso de un tubo cerrado de paredes gruesas las tensiones producidas por las fuerzas de viento se repartirían uniformemente en las caras de



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

frente y fondo, colaborando todas las columnas en un cien por ciento. Debido a la flexibilidad de las vigas, las tensiones reales disminuyen en el centro de las caras y aumentan en las esquinas. De todos modos el tubo perforado resulta mucho más eficiente que la solución de pórticos donde sólo las columnas de esquina colaborarían para equilibrar el momento de vuelco.

Interiormente ambos edificios son muy distintos. Las oficinas Brunswick, fig. V.78, exigen la concentración de servicios fijos en el núcleo, encerrados por importantes muros de hormigón que llegan a formar otro tubo colaborante para fuerzas horizontales. El espacio periférico queda totalmente libre para ser subdividido, o no, según cambiantes necesidades. Los apartamentos De Witt, fig. V.79, por requerimientos de uso, obligan a una gran dispersión de las instalaciones fijas y servicios. La estructura interior es una serie de soportes de distintas formas y secciones que van ocupando los espacios residuales, sin ningún orden geométrico o modular preestablecido. Como no forman pórticos ni llegan a ser tabiques, sólo sirven para resistir cargas gravitatorias.



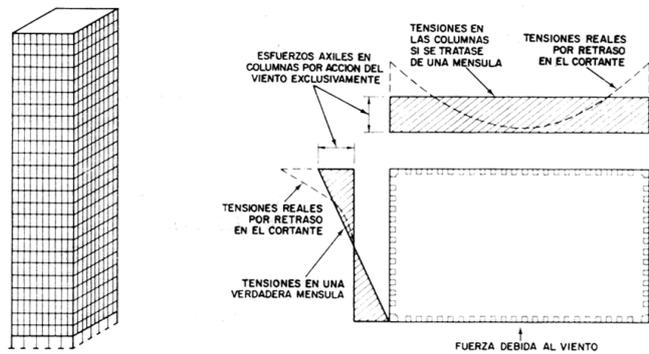
V.78
Oficinas Brunswick.



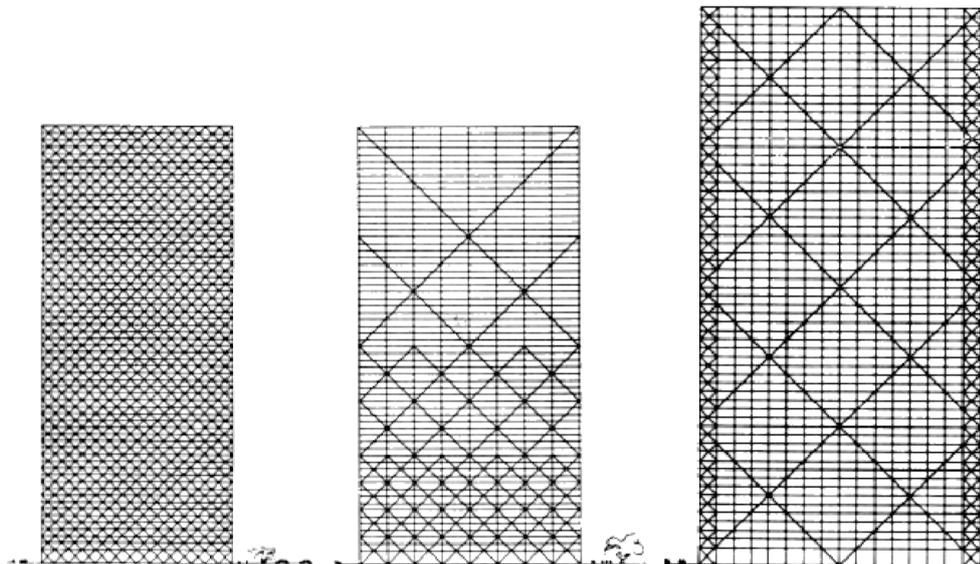
V.79
Apartamentos De Witt.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

V.80
Edificio en tubo, con pórticos.



Dentro de esta línea de edificios en tubo, para crecer en altura se necesita hacer colaborar más eficazmente a las caras que son perpendiculares al viento, fig V.80. Para esto la tesis de Goldsmith presentaba también variantes en acero, con tubos formados por caras trianguladas por diagonales, de mayor rigidez que la retícula ortogonal de vigas y columnas, fig. V.81.



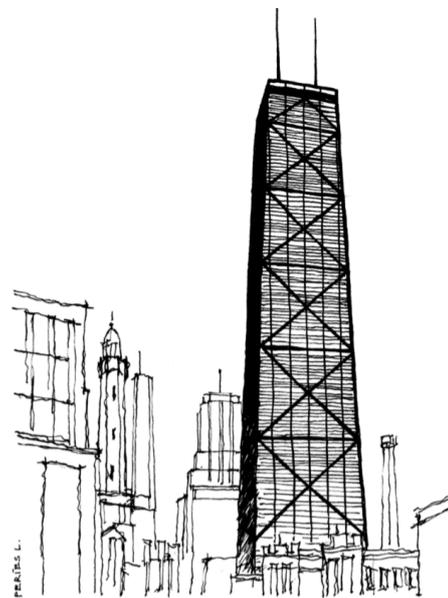
V.81
Tubos con diagonales.



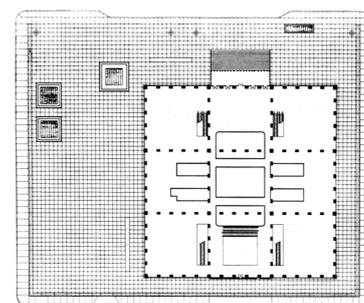
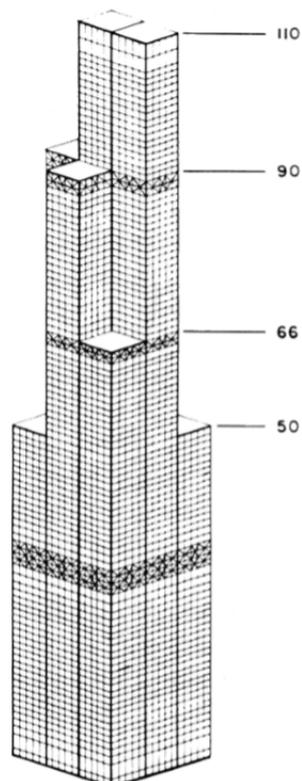
LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

Varios de estos edificios fueron construidos por SOM : el Edificio ALCOA en San Francisco (1965), y culminan con el John Hancock en Chicago (1968), fig. V.82. Este edificio anuncia una tendencia que en el futuro se irá haciendo cada vez más necesaria para superar límites de altura y que es el ensanchamiento de la base.

Casi simultáneamente, (1970-74), y siempre con la intención de hacer colaborar aún más las caras externas perpendiculares al viento, los mismos Kahn y Graham, proyectan y construyen dentro de la firma SOM la torre Sears de Chicago, de 448 metros de altura, fig. V.83. El gran tubo perforado periférico tiene a su vez dos diafragmas verticales también perforados que da como resultado espacial nueve tubos unidos.



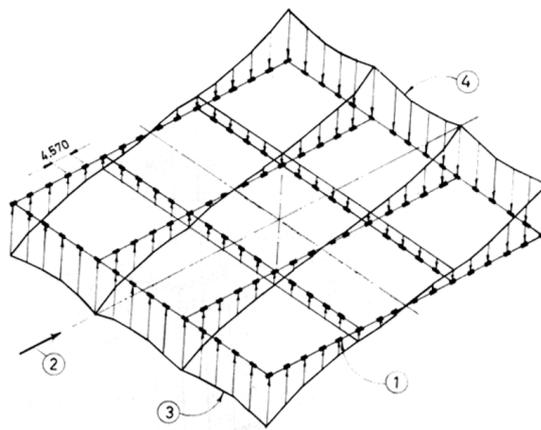
V.82
Edificio John Hancock. Chicago.



V.83
Edificio Sears. Chicago.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La presencia de los diafragmas internos hace que las caras perpendiculares al viento trabajen con esfuerzos casi constantes evitando la concentración de esfuerzos en la esquinas, fig. V.84. Es claro que al mismo tiempo la multiplicidad de pilares tan próximos en el interior condiciona fuertemente el uso de estos espacios. Este edificio también muestra la tendencia a la reducción de sección en la parte superior, eliminando cada tanto algunos de los nueve tubos iniciales. Para evitar la distorsión de estos niveles donde se produce la discontinuidad se colocan allí enormes vigas de celosía de gran rigidez. La estructura se construyó con acero por exigencias de los tiempos de construcción, pero la idea sería factible con hormigón armado. La torre Sears con sus 110 pisos y 448 m de altura ostentó el récord de altura durante más de veinte años.



V.84

Edificio Sears. Esfuerzos en las barras de los tubos.

Otro edificio notable de la época y que logró superar por primera vez después de 40 años la altura de Empire State, son las torres gemelas del World Trade Center de Nueva York (1972), con 110 plantas y 412 m de altura, fig.V.85. Es quizás el límite del sistema de tubo perforado de acero en exterior con pantallas en el núcleo interior. Viene a ser un rapidísimo desarrollo, menos de quince años, de las ideas que Goldsmith y Kahn habían concretado en el edificio Brunswick de Chicago.

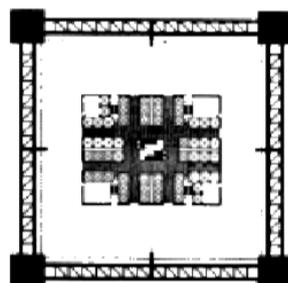
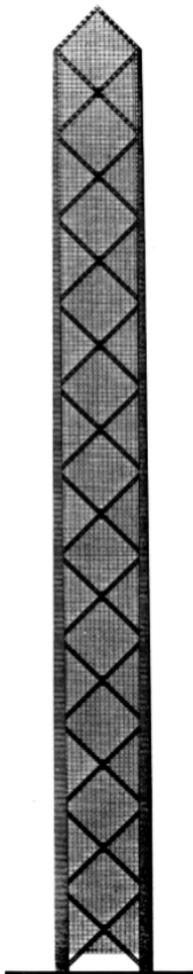


LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

La década de los 80 está marcada por el aporte de los estudios teóricos y experimentales de William Le Messurier. Él replantea desde el comienzo el problema de la ménsula empotrada en la base, fig.V.86. La resistencia a las deformaciones por flexión están poderosamente afectadas por la manera en que los elementos portantes de las cargas gravitatorias, columnas o muros, se distribuyen en planta. Para comparar cuantitativamente la eficiencia de los distintos sistemas concibe el denominado Índice de Rigidez Flexional (IRF).



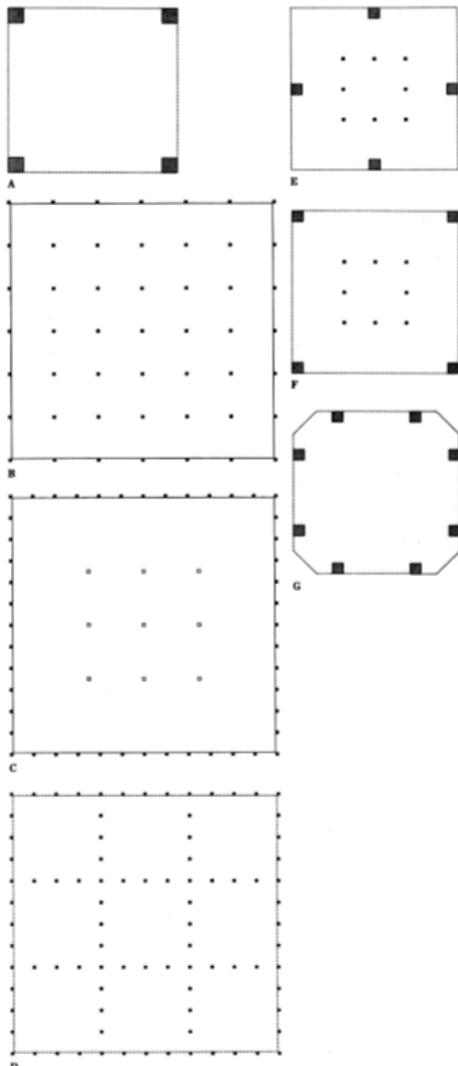
V.85
World Trade Center de Nueva York.



V.86
Propuesta de Le Messurier.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

En la fig.V.87 se ven distintas secciones horizontales. La de mayor excentricidad, o sea alejamiento del material con respecto al centro, es la A, y se toma como referencia asignándoles el valor 100.



A. Para un edificio cuadrado, la planta ideal para obtener la mayor rigidez flexional es concentrar las cargas gravitatorias en cuatro columnas de esquina. Esta planta tiene las máximas resistencia y rigidez flexional , así como la máxima resistencia al vuelco, y en consecuencia se le ha asignado el Índice de Rigidez Flexional ideal de 100. Este IRF es el momento de inercia total de las columnas de la planta del edificio, participando como un sistema integral de flexión. (Para los ejemplo que siguen a continuación se supone que la sección transversal total de las columnas es la misma para todas las plantas). B. El edificio en altura tradicional del pasado, tal como el Empire State, usaba todas las columnas como parte del sistema para la flexión del viento. Para columnas distribuidas con separaciones iguales el IRF es 33.

C. Un moderno edificio de los años 60 ó 70 tiene columnas exteriores más próximas y una luz libre al núcleo de ascensores mayor, una distribución llamada “en tubo”. Si únicamente se usan las columnas perimetrales en el sistema de flexión frente al viento el IRF es 33. Un ejemplo de este tipo de planta es el World Trade Center, de Nueva York .

D. El edificio más alto del mundo (1985) era la Torre Sears de Chicago. Usa todas sus columnas como parte del sistema para resistir la flexión del viento en una configuración llamada “manejo de tubos”, pero también tiene IRF de 33.

E. La Torre Citicorp usa todas sus columnas como parte del sistema para resistir la flexión del viento, pero como consecuencia de que las columnas no se

V.87
Organizaciones con distinto IRF.

podieron colocar en las esquinas, su IRF se reduce a 31.

F. Si las columnas se hubieran corrido hasta las esquinas el IRF hubiera aumentado a 56. A causa de que hay ocho columnas recibiendo cargas en el núcleo, el IRF no alcanza a 100.

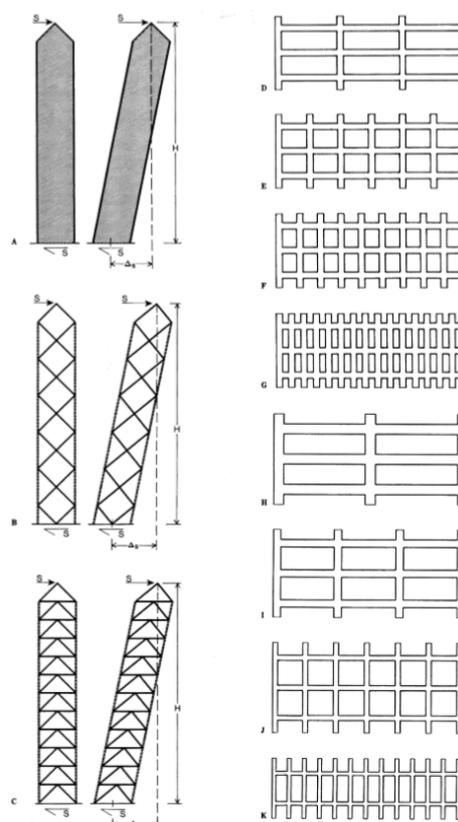
G. La planta del Bank of the Southwest en Houston se acerca al ideal posible para la rigidez flexional con un IRF de 63. Las columnas se rebanaron y se desplazaron fuera de las esquinas para permitir generosas vistas desde los interiores de las oficinas.

Con un criterio similar se define el Índice de Rigidez al Corte (IRC), fig. V.88. El sistema más rígido es el muro ciego con un IRC de 100 y le siguen en orden las celosías con diagonales a 45° (IRC=62), las celosías como vigas K y finalmente los pórticos, (IRC=3).

Para exponer el pensamiento de Le Messurier resulta conveniente sintetizar en los párrafos siguientes el artículo de Darl Rastorfer publicado en enero de 1985 en Architectural Record.

Dice Le Messurier: "Me entusiasma el ideal. Apoyando mi búsqueda del ideal es que persigo la elegancia. ¿Para quién diseño al final de cuentas? Para mi propia alma".

Estas palabras de Le Messurier sin duda que expresan su interés especial por la ingeniería y a la vez su motivación creadora para el diseño. A lo largo de una carrera sobresaliente, que él mismo supo forjar. Le Messurier ha sido un campeón en el campo de innovar formas y es un exponente incansable de una estética estructural basada en la simplicidad, la gracia y la economía. En los últimos años ha centrado su atención en los problemas inherentes a las estructu-



V.88
Organizaciones con distintos IRC.



ras muy altas y esbeltas. Trataremos de analizar el nacimiento y formación del paradigma de Le Messurier para tales estructuras y examinar la aplicación de este paradigma en una serie de diseños de rascacielos. Los edificios superaltos están definidos generalmente en términos arquitectónicos como rascacielos con una silueta cuya proporción de altura en relación al ancho es por lo menos de 5 :1. Para los ingenieros en cambio, un edificio superalto es aquel cuyas respuestas a las dinámicas del viento es el factor dominante en el diseño estructural. Los ensayos en el túnel de viento indican que esto ocurrirá cuando la esbeltez de la estructura portante alcanza una proporción que varía entre 5 :1 y 7 :1. En este punto los requerimientos ingenieriles debidos a las cargas laterales exceden a aquellos de la gravedad (desde este punto de vista, resulta interesante considerar que un edificio de 40 pisos que por su proporciones tuviera una apariencia rechoncha, sin embargo sería una estructura superalta si solamente tuviera un núcleo esbelto encargado de resistir todas las cargas laterales.

La fuerza directa lateral del viento que sopla contra un edificio tiende tanto a empujarlo y doblarlo (flexión) como a seccionarlo (corte).

En la resistencia de la estructura al colapso aparece otro problema que pone al edificio en movimiento : crea un tercer problema ingenieril, la vibración. Si el edificio se balancea demasiado, se sacrifica el confort humano. Le Messurier considera que la forma estructural ideal para resistir los efectos de flexión, corte y vibración, es un sistema que posea continuidad vertical en una partición continua ubicada en el extremo más lejano posible del centro de la planta. Identifica a la chimenea de mampostería como la estructura superalta perfecta.

La chimenea podrá ser un modelo racional ingenieril, aunque no sea de una gran inspiración su forma



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

ofrece posibilidades de altura virtualmente ilimitadas pero, Le Messurier sería el primero en señalar que una estructura ciega es inadecuada como un modelo arquitectónico. Al traducir la forma ideal de la chimenea en una estructura de esqueleto más práctica, Le Messurier piensa en un rascacielos en términos de una viga en voladizo desde el suelo.

Este concepto del edificio como viga en voladizo ha sido desarrollado por Le Messurier desde que participara en 1967 en un proyecto de investigación subsidiado por la Corporación del Acero de Estados Unidos. El proyecto, implementado en el MIT, investigaba procedimientos económicos para construir edificios altos y delgados para departamentos y hoteles resueltos según el sistema de vigas de un piso de altura, alternadas piso de por medio, que cruzan el edificio de fachada a fachada. Como si fuera una chimenea, el sistema de vigas alternadas agrupa las cargas por gravedad en los bordes. Pero al igual que un perfil I (doble T) el sistema usa las vigas como alma del perfil para resistir el corte y las losas como alas del mismo para resistir la flexión. En sus proyectos más recientes de edificios superaltos, Le Messurier insistió en la concentración de las cargas en la periferia o cerca de ella. El diseño que se adecua a resistir los esfuerzos de corte, consiste en un arriostramiento diagonal o bien en un pórtico con nudos rígidos que conectan las vigas con las columnas. Los dos proyectos, el banco Southwest Tower que se construiría en Houston y el Inter First Plaza Tower del centro principal de Dallas difieren en su respuesta al corte. El edificio de Dallas usa una estructura de pórticos rígidos; el edificio de Houston una reticulada de diagonales. Si se estudian los cortes de estos edificios, se toma conciencia que los rascacielos son configuraciones esencialmente estructurales y que aparte de su expresión de las fachadas, se deben en gran medida al arte de los ingenieros. Casi se lamenta que estas prístinas armaduras de Le Messurier

“
CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

queden a menudo escondidas detrás de la envolvente del edificio. Como en todos los ideales, el paradigma de Le Messurier para sus recientes proyectos superaltos es sorprendentemente simple. La forma chimenea se abre y se disuelve la pared en columnas y las columnas se estabilizan por medio de una red de barras diagonales y/o por entramados de nudos rígidos. Al aplicar estos ideales a trabajos específicos, el ingeniero ha establecido un criterio general de que por más que no existan los casos ideales, sin embargo estos son hitos guías para dirigirse a la idealización. Para Le Messurier un diseño está completo cuando no hay nada que se desee o necesite cambiar, cuando no hay que agregar elementos o sacarlos, cuando nada sobra ni falta al mecanismo estructural. El diseño no debe depender de trampas o triquiñuelas. La solución debe ser producto de un diagrama estructural inmaculadamente claro en concepto y tan básico como los diagramas que se dibujarían en un pizarrón para enseñarle a un estudiante de ingeniería de primer año. La estructura debe hacer relación a la planta, jugando un rol directo en la partición del espacio para maximizar la utilidad y la apreciación de los interiores.

Las estructuras deben ser fáciles de construir y deben ser económicas en el uso de recursos. Su capacidad resistente debe basarse más en el poder de la geometría que en la cantidad y resistencia del material empleado.

El desafío de diseñar estructuras superaltas requiere que el ingeniero deje de lado la experiencia de la sabiduría común que nos enseñaron los edificios altos convencionales y retorne a los principios básicos. Esto es precisamente lo que Le Messurier ha hecho y su proceso lo ha conducido a formas ideales que le abrirían una gama excitante de posibilidades, que van más allá de la mera altura. Porque también hay un desafío que lo empuja a los límites del espacio.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

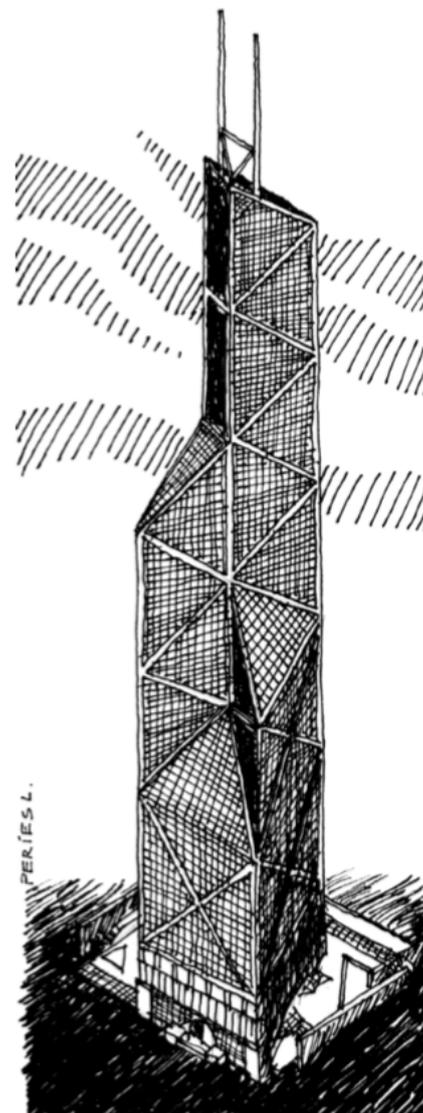
Le Messurier no deja de reconocer que es necesario respetar la gama de factores que implica la arquitectura. Como dijo en un simposio de edificios superaltos, en respuesta al desafío de edificios más altos por el gusto de la altura (*Engineering News Record*, Nov. 3, 1983): "lo más divertido es lograr una solución más elegante para un edificio común de 75 pisos. Hay un largo camino que recorrer para hacer del rascacielos lo que realmente puede ser, y no necesita ser superalto para esto. Hay formas de abrir el espacio, de hacerlo más económico y de enfrentar los problemas del fuego y el transporte y lograr la fruición de los peatones en la base. Estos son problemas mucho más interesantes que el solo hecho de aumentar la altura".

Hasta aquí la síntesis del artículo de Darl Rastorfer.

En el Banco de China de Hong Kong, 1985-1989 fig. V.89, se ven desarrolladas al máximo las ideas de eficiencia expuestas por Le Messurier. Ion Ming Pei, arquitecto de extremado refinamiento formal, modela un prisma de vidrio de sección variable con una trama estructural externa. Con el ingeniero Leslie Robertson como asesor, proyectan un entramado perimetral rigidizado por diagonales, llevando las cargas a los vértices del cuadrado, con el máximo índice de rigidez flexional.

Si bien el edificio no es el más alto de la época, sí lo es en Hong Kong, donde las exigencias de fuerzas horizontales por tifones y por sismos son extremadamente severas.

El entramado combina las barras esquineras de hormigón armado de alta resistencia con diagonales de acero resolviendo los encuentros por empotramiento directo del acero en el hormigón, evitando complejos nudos soldados.



V.89

Banco de China. Hong Kong.

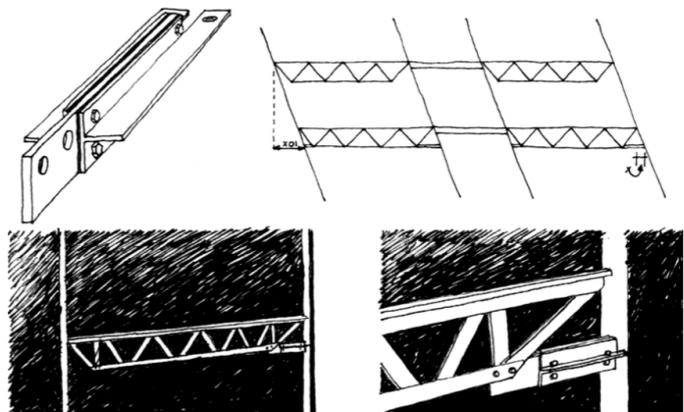
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

El tubo reticulado no llega hasta el terreno sino que transmite el esfuerzo de corte por una losa de acero a los muros de hormigón perimetrales.

Todas estas sutilezas hacen la diferencia entre una valiosa obra de arquitectura y un esquema teórico basado sólo en la evaluación de una variable como es la eficiencia.

Otro problema que han tenido siempre los edificios en altura es la transformación de la energía suministrada por el viento o el sismo. La transformación en energía elástica de deformación tiene sus límites por los exagerados corrimientos que se producen, o por la exagerada rigidez necesaria para impedirlos. Se han hecho entonces muchos intentos para disipar la energía por medio de amortiguadores viscoelásticos, con distintos mecanismos según se trate de viento o sismo.

L. Robertson usa en el World Trade Center un sistema pasivo de amortiguadores viscoelásticos en los sistemas de anclaje del cerramiento a la estructura interior, fig. V.90. Al moverse el edificio, los amortiguadores transforman por fricción (y por consiguiente en calor) la energía cinética que le transmite el viento.



V.90
Amortiguadores visco-elásticos.



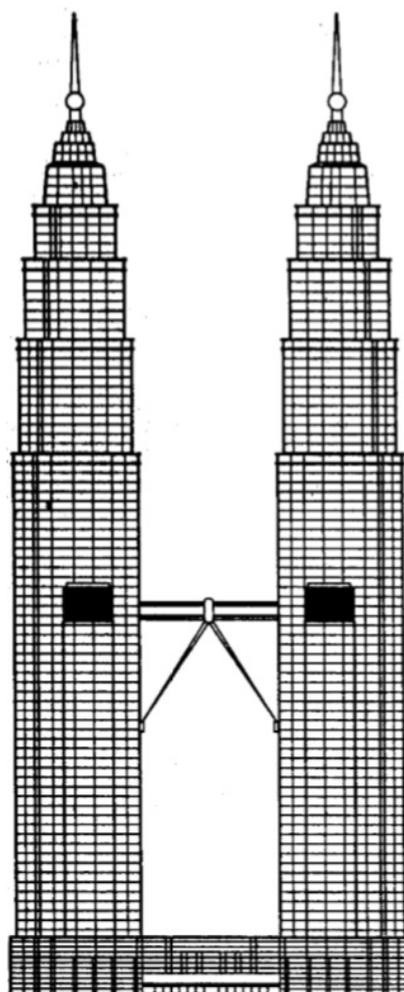
LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

En el edificio del Citicorp, Nueva York, se utilizó un complicado sistema activo, comandado por sensores de aceleración y por computadoras. Existe una gran masa flotante en el último piso sobre la que accionan por breves instantes amortiguadores hidráulicos, sirviendo así de apoyo adicional en la cúspide del edificio.

Para el caso de sismos se han experimentado últimamente diversas soluciones que consisten en aislar el edificio del suelo a través de mecanismos de amortiguación de disipación viscoelástica o por fricción. El ejemplo más importante es el de la Municipalidad de Tokio.

La tendencia a la superación de altura continúa. El proyecto no construido de Torre del Milenio de Norman Foster, en la bahía de Tokio, llegaría a los 800 metros de altura, con una sección circular y un perfil casi cónico, presentando una estructura de entramado triangular externo y núcleo interior. Es claro que para ello se arranca con un diámetro de 140 metros en la base lo que reduce la cantidad de espacio periférico en relación al interno. Esto contradice la tendencia actual del rascacielos de oficinas ya que la nueva organización del trabajo hace que haya cada vez menos empleados, pero de mayor jerarquía, que aspiran a despachos privados con generosas vistas.

De todos modos, a fines de los 90, es como si el gran auge de los rascacielos se hubiera trasladado al sudeste asiático, pero siempre de la mano de las grandes firmas norteamericanas. Así es que el edificio más alto del mundo ha pasado a ser, desde 1996, las Torres Petronas en Kuala Lumpur, fig. V.91. Son dos torres cilíndricas de 50 metros de diámetro, conectadas entre sí y coronadas con unas inmensas agujas que trepan casi a 450 metros, superando con ese artificio a la Torre Sears. El proyecto pertenece al arquitecto argentino, profesionalmente

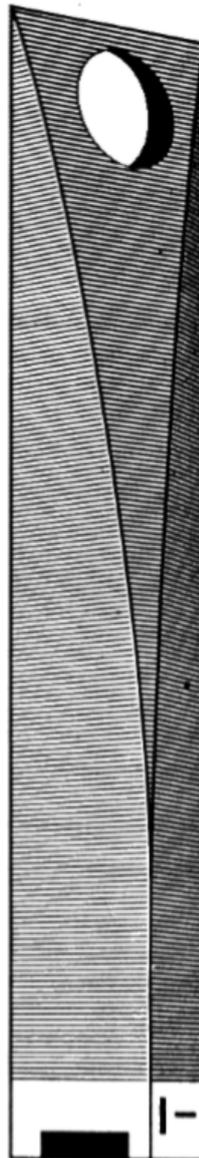


V.91

Torres Petronas. Kuala Lumpur.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

norteamericano, César Pelli. Sin embargo, este récord mundial seguramente durará poco. Si la crisis financiera de 1997 no lo impide o retarda, para el 2001 se habrá completado el Shanghai World Financial Center, proyecto de Knox Pedersen Fox, que logrará una altura similar con siete pisos más de espacio realmente habitable, fig. V.92.



V.92

Proyecto para el Shanghai World Financial Center.



LA ESTRUCTURA COMO PROTAGONISTA DEL MONUMENTO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

6

ANÁLISIS DE OBRAS

SEXTO CAPÍTULO

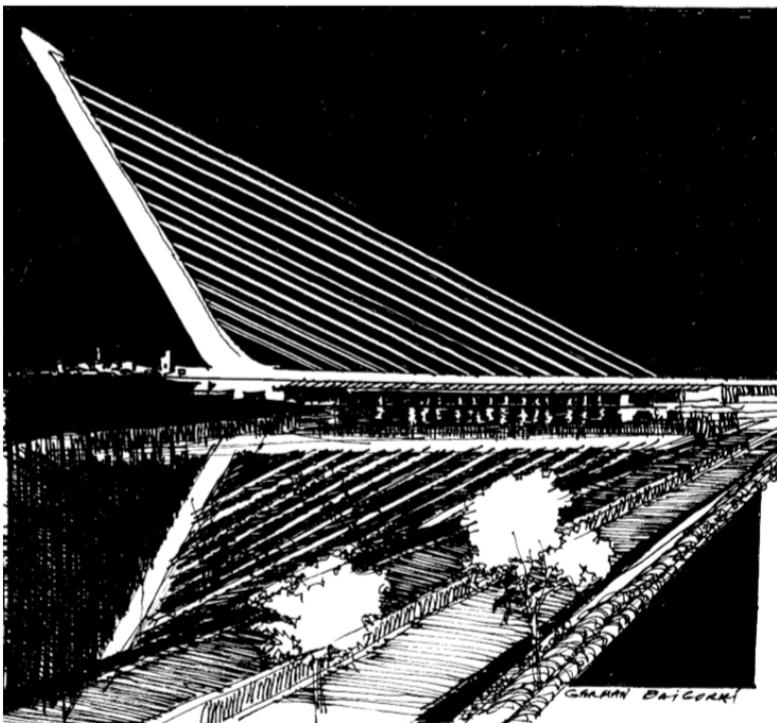
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

PUENTE DEL ALAMILLO

AUTOR: Santiago Calatrava

AÑO: 1987 / 1992

LUGAR: Isla de Cartuja (Sevilla)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:

DESTINO:

Acceso a la isla de la Cartuja con motivo de la Expo Sevilla 1992, y unión entre las ciudades de Sevilla y Camas.

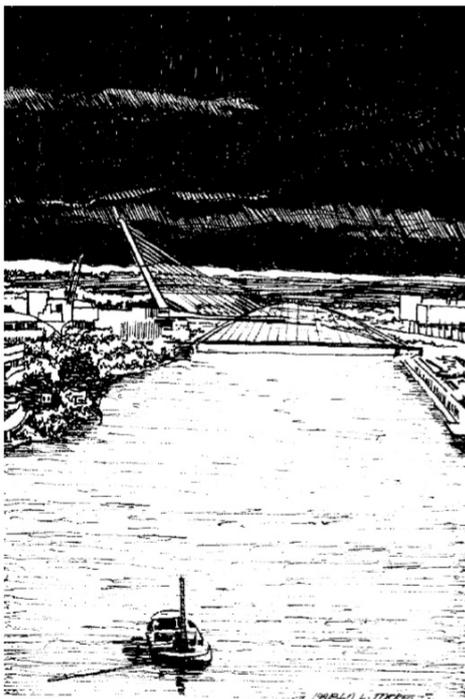
Tiene varias secciones: calzada y aceras peatonales. En el puente los peatones circulan a 1,5 m. sobre el nivel de la calzada, y en el viaducto por debajo de los 3,5 m. de las vías vehiculares.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Se ubica en uno de los extremos del recinto de la Expo, lo que le proporciona un carácter de monumento especial.

El mástil de la estructura se concibió para marcar uno de sus límites.

Se relaciona visualmente con otros puentes sobre el río Guadalquivir, frutos también de concursos con motivo de este acontecimiento. El puente del Alamillo se destaca entre ellos por su forma singular y su altura; es el más original de todos.



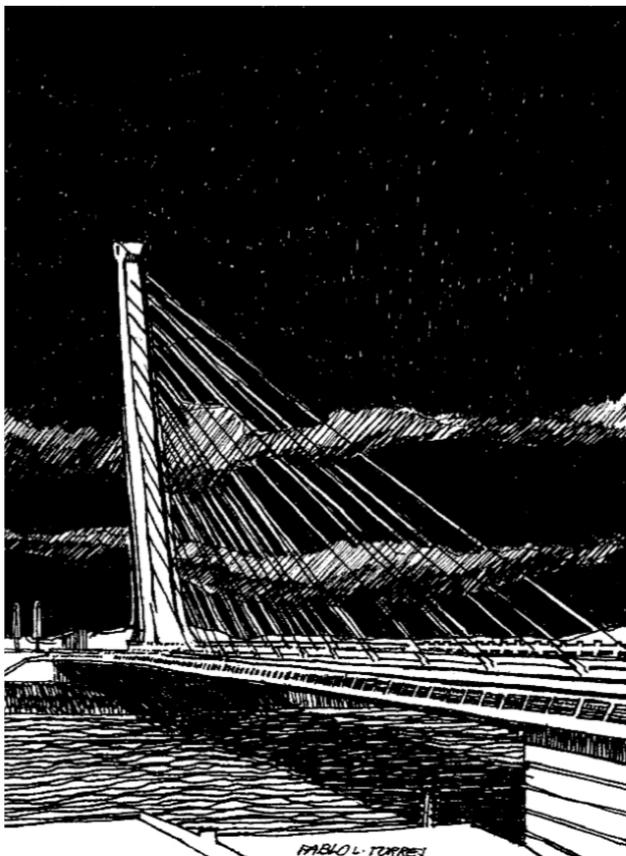


CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Responde a la metáfora de un arpa, conformada por un mástil de 162 m. inclinado hacia una de las costas en ángulo obtuso con el tablero y donde las cuerdas son los tensores que vinculan ambos elementos.

Es el hito más llamativo de la Expo y su presencia hoy es un recuerdo permanente de ese momento y de lo que ella significaba como expresión de la potencialidad tecnológica de fines del siglo XX.

El viaducto y el puente tienen una longitud total de 4300 m.





ESQUEMA ESTRUCTURAL:

Este puente, de una longitud de 300 m. entre apoyos, se compone de tres partes fundamentales; tablero, pilono y tensores.

El primero, con forma de un cajón metálico central, al cual se le fijan las costillas en voladizo a ambos lados, está sostenido por tensores cada doce metros. Dada la posición central de los planos que contienen los cables, la sección con forma de cajón, es la más adecuada para resistir los momentos torsores producidos por asimetrías de las cargas.

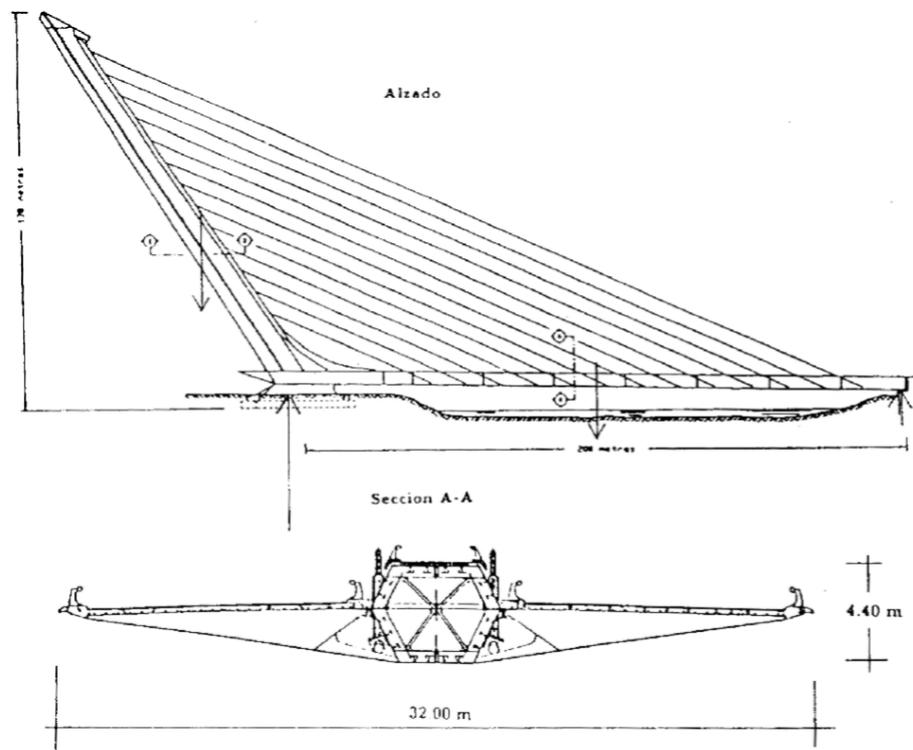
El pilono, que es de sección variable y altura de 124 m., está formado por una carcasa metálica a la cual se le ha colado hormigón; esta carcasa hace a la vez de encofrado perdido y armadura.

Los 26 tensores, ubicados en dos planos paralelos, se disponen en forma semejante a las cuerdas de un arpa.

Estáticamente el puente funciona casi como si tuviera un solo apoyo, equilibrando el momento producido por el peso del tablero con el momento generado por el peso del pilono inclinado.

El hecho que este puente no cuente con cables traseros de anclaje, lo hace muy sensible a los diferentes estados de carga, tanto en la construcción como en servicio; es por esto que al tablero hubo que darle un rigidez extraordinariamente elevada si se lo compara con otros puentes atirantados.

La relación h/l es de $1/45$, mientras que en otros es de tan sólo la mitad o menos, lo que lo hace poco eficiente estáticamente hablando.



SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA:

En el Alamillo la estructura – escultura es la protagonista de la expresión.

Esta obra insinúa una figura en equilibrio a punto de romperse, y así lo fue efectivamente durante su ejecución.

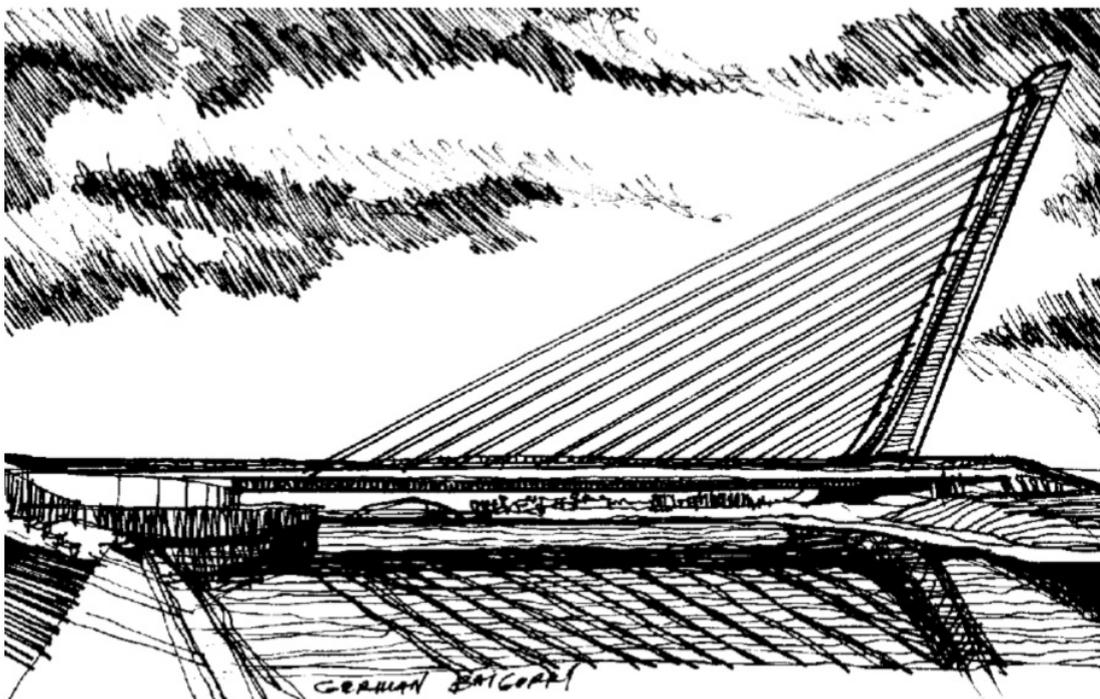
El mástil inclinado y el tablero unidos en su vértice, lo más llamativo del puente, se conjugan de una manera no convencional, donde los tensores metálicos equilibran visualmente su aparente inestabilidad.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

Dotar a Sevilla de un hito significativo, utilizando una morfología totalmente original para un puente, aún a pesar de su mayor costo económico comparando con otros puentes.

Plantear un problema ficticio (sin necesidad): el de tener un solo apoyo para el puente, realizando un proyecto osado que solucionaría esa dificultad. Utilizar un “lenguaje tecnológico” que se compadece con los requerimientos contemporáneos a nivel de imagen.





AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Santiago Calatrava nació en Valencia en 1951, donde realizó estudios de Bellas Artes y Arquitectura. Se doctoró en Ingeniería Civil en la E.T.H de Zurich en 1981.

Posee dos estudios: uno en Zurich y otro en París.

Trabaja en Europa y en Norteamérica y ha recibido numerosas distinciones por sus obras. Entre sus diseños más representativos destacaremos: el puente Bach de Roda en Barcelona (1988), el puente de El Alamillo y el Pabellón de Kuwait en la Expo Sevilla (1992) y las Estaciones de Ferrocarril de Zurich y Lucerna (1983-90).

Características de su diseño son:

- La fusión del conocimiento de disciplinas diferentes como la Ingeniería, la Arquitectura y la Escultura.
- Seguridad y rigor en sus formas arquitectónicas apoyados en sus conocimientos estructurales. Obras que se presentan como desafíos característicos de la vanguardia.
- Gusto por transgredir la solución convencional, reemplazándola por un planteo totalmente nuevo. A partir de allí la respuesta tanto técnica como de diseño es magistral.
- Uso de la metáfora orgánica, no para producir formas naturales sino como punto de partida para sus configuraciones de diseño tanto arquitectónicas como estructurales (esqueletos, articulaciones, huesos, tendones, etc.).
- Vinculación con el surrealismo en sus búsquedas de un universo formal singular.
- Empleo de un ritmo repetitivo en los componentes de las estructuras, que sigue una ley geométrica no esquemática, dándoles pequeñas variaciones a cada una de las piezas.

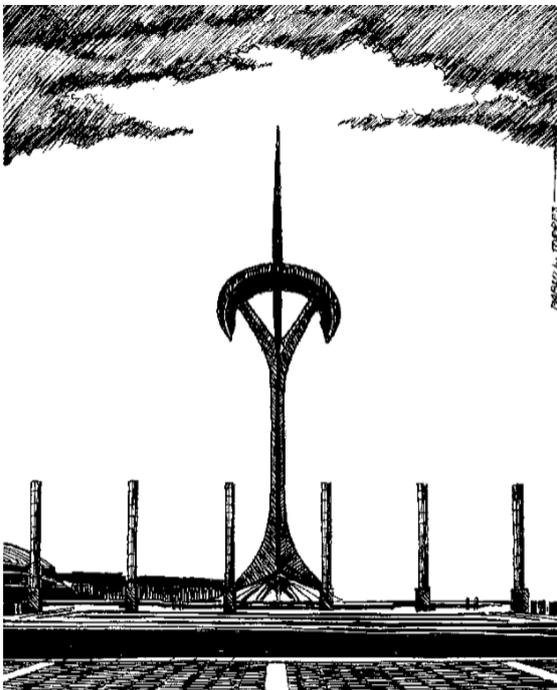
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

TORRE DE MONTJUÏC

AUTOR: Santiago Calatrava

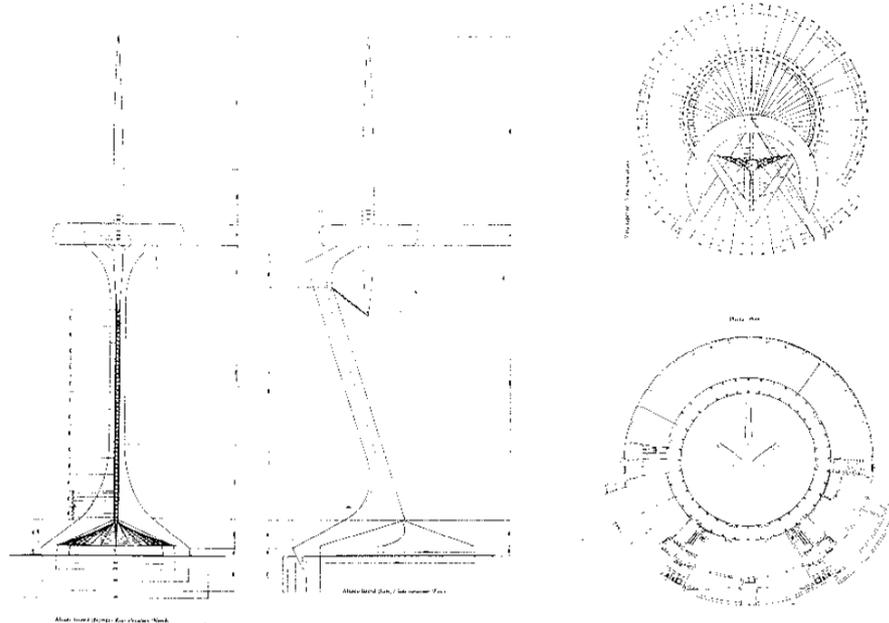
AÑO : 1989 / 1992

LUGAR: Montjuïc, Barcelona (España)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



DESTINO:

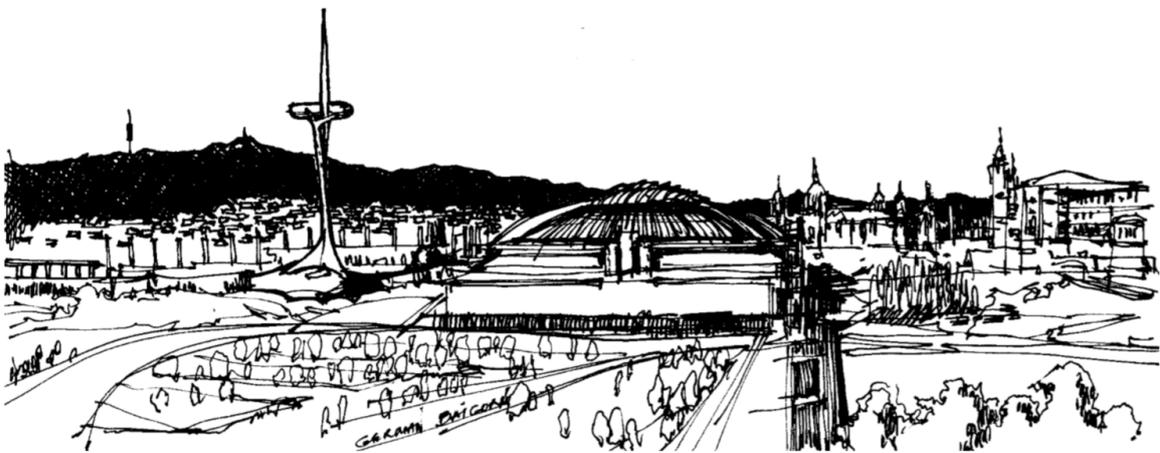
Torre Olímpica de Comunicaciones, alberga los servicios, antenas y dispositivos necesarios para la telecomunicación. Desde el punto de vista simbólico hace referencia al acontecimiento de los Juegos Olímpicos.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Elemento que, a más de su carácter funcional se erige como hito arquitectónico, de alto valor simbólico, en la Barcelona olímpica. Compite por su altura, forma y carácter expresivo con la torre diseñada por Foster en el otro extremo de la ciudad.

CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

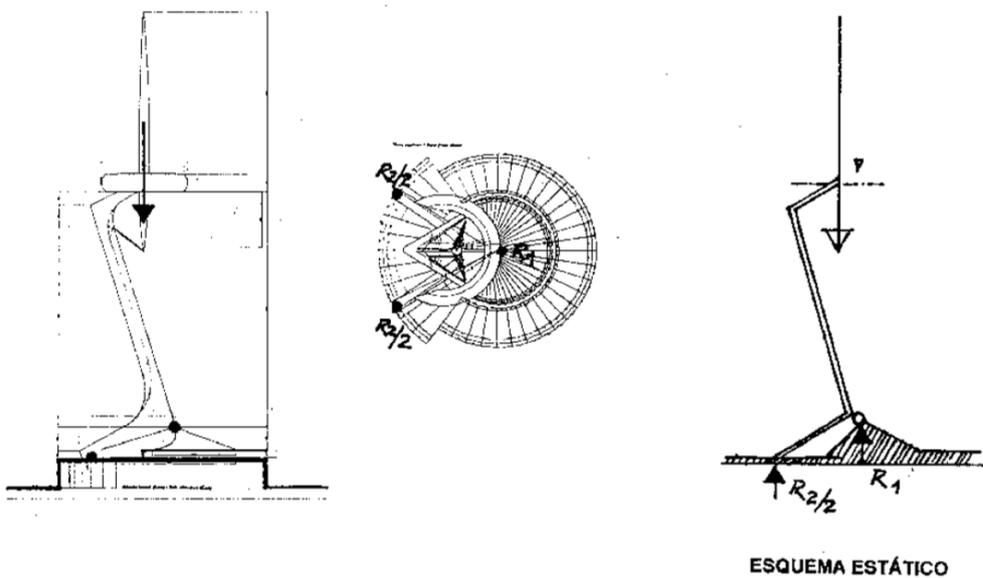
La figura de la Torre tiene reminiscencias antropomórficas, de figura oferente, lo que acentúa su carácter escultórico y simbólico. Sus proporciones y forma se destacan en el entorno del conjunto olímpico del Montjuic.



ESQUEMA ESTRUCTURAL:

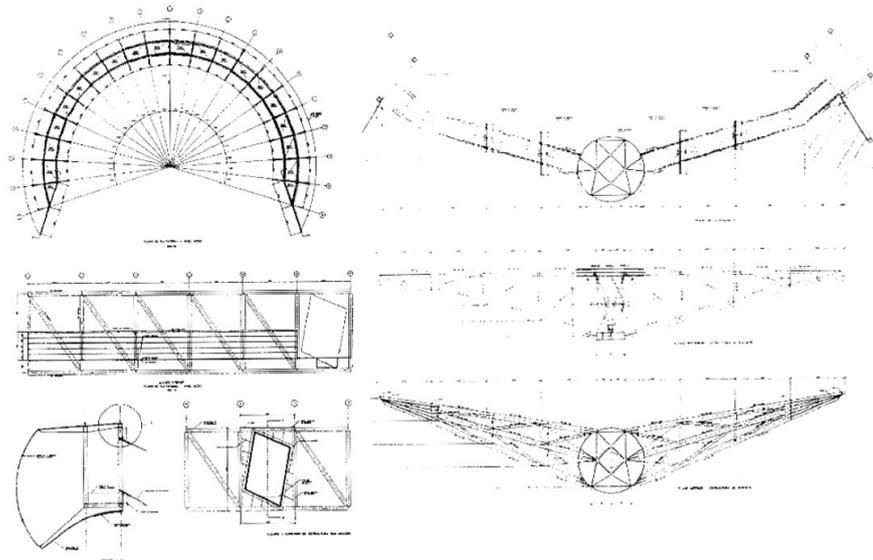
Su singular forma no supone una contradicción a las leyes de la estática, en cuanto a que el centro de gravedad coincide con la resultante vertical del peso propio.

La inclinación del fuste se debe a la voluntad de Calatrava de convertir la Torre en un reloj de sol.



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

DETALLES DE LA PLATAFORMA SEMICIRCULAR DE LA PASARELA TRANSVERSAL DE LA ANTENA



Estructura en ménsula sobre tres puntos de apoyo. Su altura es de aproximadamente 110 mts. Y el diámetro de base de apoyo es de alrededor de 35 mts. Está construida con perfiles estructurales y placas de acero.

Su base circular es comparada, en superficie y materiales utilizados, con la explanada del Parque Güell.

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA

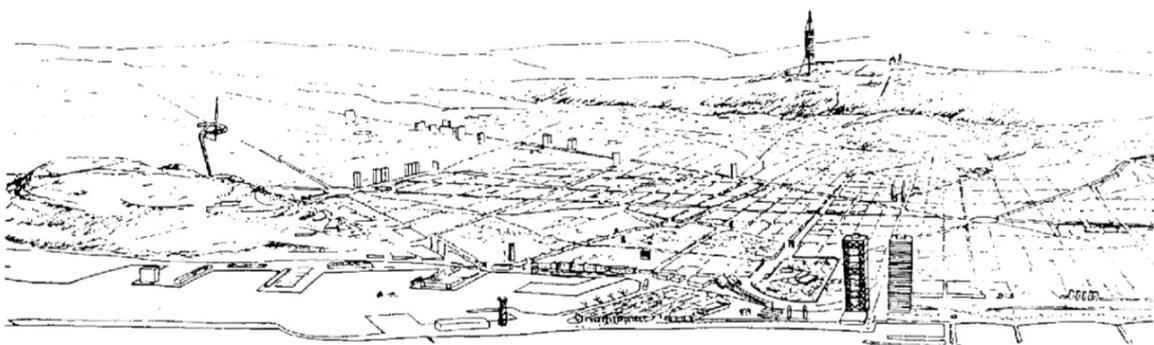
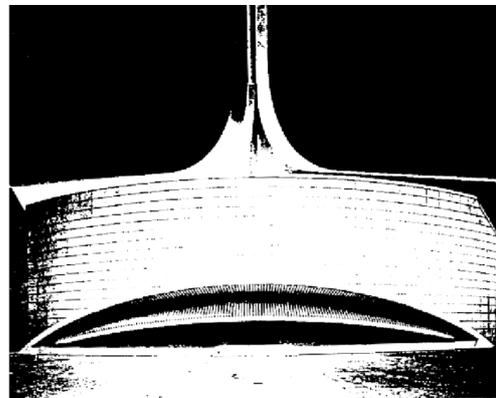
OBRA: En este caso la voluntad de forma escultórica para crear un hito es más poderosa que la de innovar en lo estructural, a diferencia de otras obras de Calatrava. Aquí una estructura convencional se adecua a los fines que persigue el diseñador: crear un monumento recordatorio de los juegos olímpicos del año 1992, a la vez que símbolo expresivo de su función de torre de comunicaciones. Pero incorpora además a este importante monumento de fines del siglo XX, un as-



pecto inusual, de uso lúdico cotidiano: un reloj de sol.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

- Amalgama el conocimiento de disciplinas diferentes como la precisión y el rigor ingenieril, el compromiso formal y funcional de la arquitectura y una fina sensibilidad de artista escultor.
- Sus obras de elaboradas y complejas formas poseen una base técnica sustentante muy sólida.
- Acude a la metáfora orgánica, como punto de partida de sus configuraciones de diseño sin intentar reproducirlas (esqueletos, articulaciones óseas, cabezas de toros, serpientes elevándose para dar el gran salto de ataque, etc.)
- Su repertorio morfológico se vincula por afinidad a los utilizados por los artistas surrealistas y por Gaudí, aunque de compromiso estructural más audaz que el del gran arquitecto catalán.
- Es sensible a la vocación de cada lugar en el momento de implantar su obra.



AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Puente del Alamillo

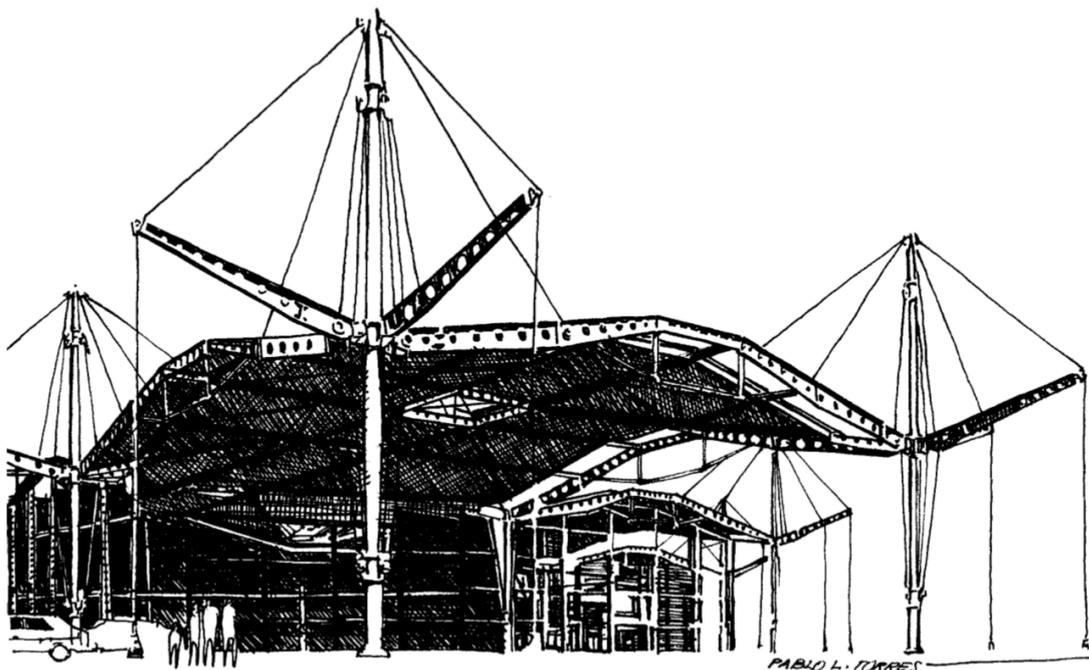
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

CENTRO RENAULT

AUTOR: Arq. Norman Foster y Asoc. (proyecto) / Ing. Ove Arup y Asoc. (estructura)

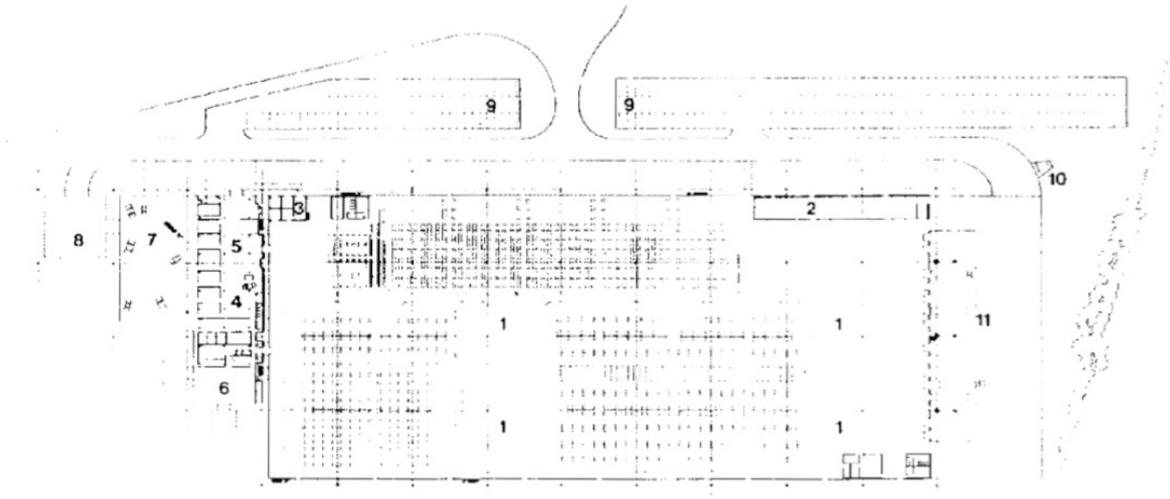
AÑO : 1983

LUGAR: Swindon, Gran Bretaña



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



- 1-DEPÓSITO
- 2-MATERIALES INFLAMABLES
- 3-SERVICIOS COMPLEMENTARIOS
- 4-ZONA DE SERVICIOS
- 5-ESCUELA DE FORMACIÓN
- 6-RESTAURANT
- 7-GALERÍA
- 8-HALL DE INGRESO
- 9-ESTACIONAMIENTO
- 10-SEGURIDAD
- 11-ZONA DE CARGA



DESTINO:

Depósito y centro de distribución de repuestos y oficinas regionales.

Actividades adicionales posibles: demostraciones didácticas a los agentes y vendedores, reuniones y exhibiciones sociales y culturales para la comunidad.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Ubicado en una zona industrial, rodeado de construcciones de poca calidad, adquiere el sentido de monumento, de hito urbano, despegándose del contexto, por el contraste en forma, materiales empleados y color.

Ha sido propuesto como incentivo para mejorar el nivel de edificación del área, y romper con la asociación existente entre arquitectura industrial y arquitectura carente de valores paisajísticos

CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

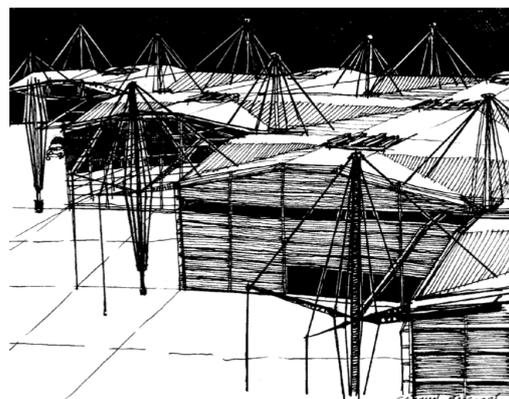
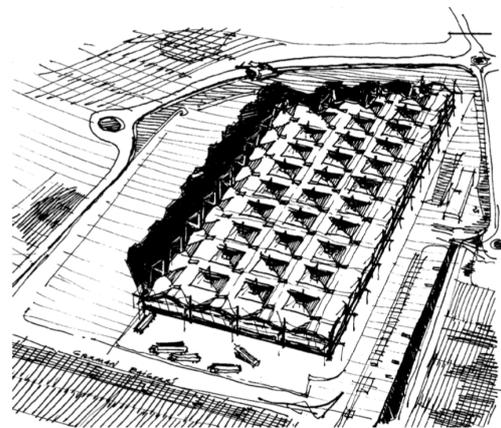
Conjunto de paraguas independiente, que unidos dan la imagen de una gran carpa.

Edificio extendido, de una sola planta, compuesto por 42 módulos de 25 m. de lado.

Módulos definidos por mástiles tubulares, pintados de color amarillo que atraviesan la cubierta sosteniéndola con tensores. Son los elementos más llamativos del entorno.

La Renault ofrece una expresión diferente a la habitual en edificios industriales.

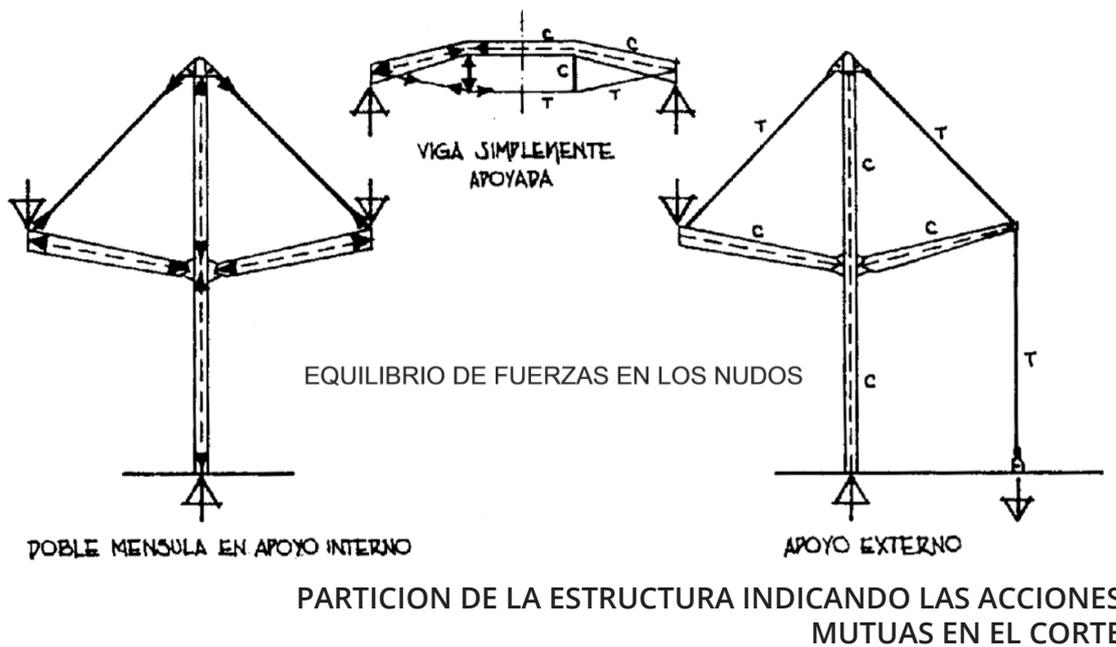
Su imagen festiva contrasta con las construcciones vecinas de ladrillo visto cubiertos con techo de chapa.



“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

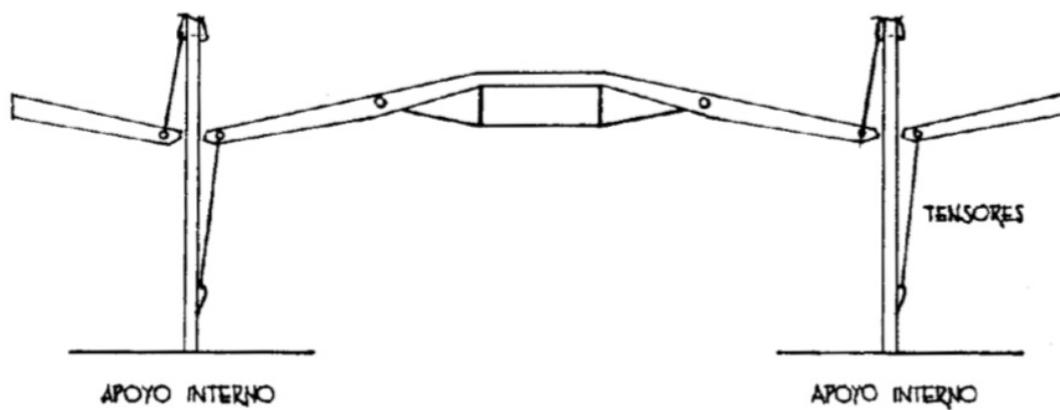
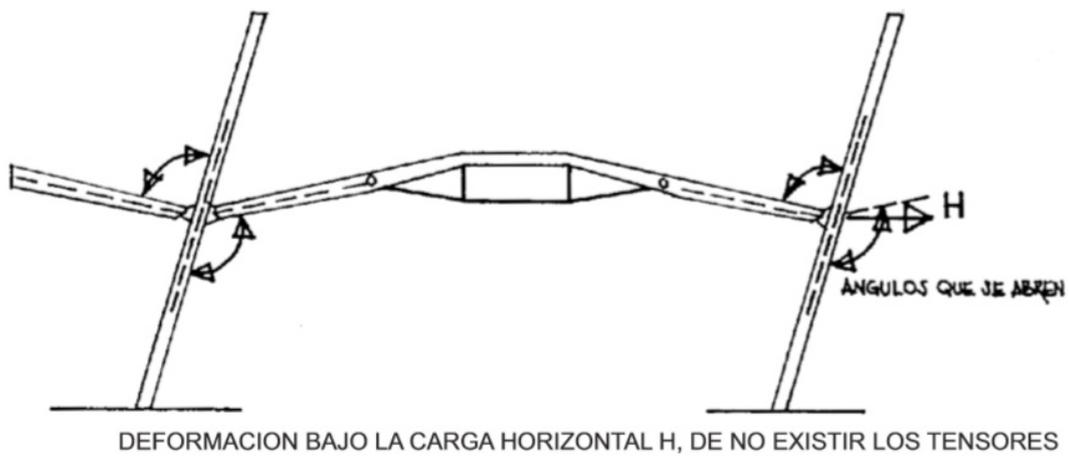
ESQUEMA ESTRUCTURAL:

Estructura constituida por 42 módulos de 25 m. de lado, cuyos ángulos se definen por mástiles tubulares de acero de 16 m. de alto que atraviesan la cubierta para tomar los tensores desde los cuales cuelga la estructura de la cubierta. Pórticos articulados que definen los tramos. Los mástiles huecos de acero son los elementos verticales.



Las vigas doble T perforadas están suspendidas en el cuarto de la luz por tensores, a semejanza de lo que ocurre en puentes colgantes de dimensiones mucho mayores.

La estructura en su parte central es reticulada, reduciendo así la cantidad de material. La altura de la sección sigue el diagrama de momentos, afinándose hacia las articulaciones.



MECANISMO RESISTENTE

La estabilidad y rigidez lateral del conjunto se logran con tensores entre vigas y columnas que eliminan el giro.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

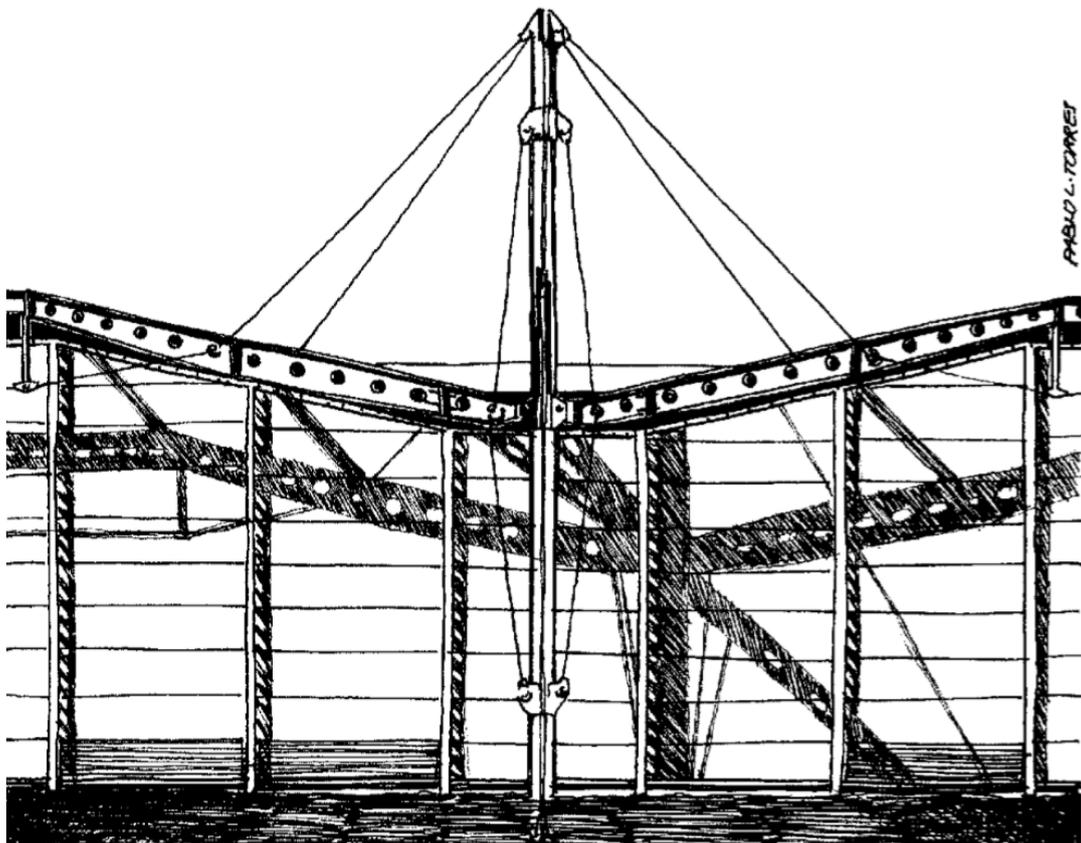
SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

Tiene más valor como medio expresivo de diseño que como búsqueda de la eficiencia estructural.

La metáfora es el punto de partida para lograr una gran carpa conformada por paraguas independientes que permitan el crecimiento y la flexibilidad de usos.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

Coinciden con las características generales de diseño del autor.





AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Arquitecto inglés nacido en 1936. Trabajó en equipo con R. Rogers y otros en el Team 4 en los años 60. Posteriormente formó estudio propio: N. Foster y Asoc. Ha realizado obras destacadas en todo el mundo: Sede de la Willis Faber & Faber en Ipswich, Galería Sainsbury en East Anglia, Aeropuerto Stansted en Londres y Aeropuerto de Hong Kong, Medioteca de Nimes, Banco de Hong Kong y Shanghai, Torre Collserola en Barcelona, Commerzbank de Frankfurt y cientos de obras más.

Podemos caracterizar su diseño por:

- Una postura manierista en el uso de los elementos estructurales, asignándoles roles con significados diferentes a los convencionales.
- Uso de analogías con máquinas de alta tecnología tomadas de la aviación, aplicándolas a esquemas tipológicos simples, a espacios unitarios y flexibles.
- Empleo de un lenguaje High Tech, asociado a estructuras metálicas y envolventes de vidrio o paneles metálicos.
- Tratamiento cuidadoso del detalle y gusto por las innovaciones tecnológicas.
- Sus últimos proyectos intentan crear verdaderos monumentos o hitos urbanos (Banco de Hong Kong y Shanghai, Torre del Siglo en Tokio, Torre de Comunicaciones en Barcelona, etc.) Expresada la idea generadora, trabaja en colaboración con el especialista en estructuras (Ove Arup y Asoc.) para el desarrollo del proyecto, estudiando simultáneamente los detalles constructivos.

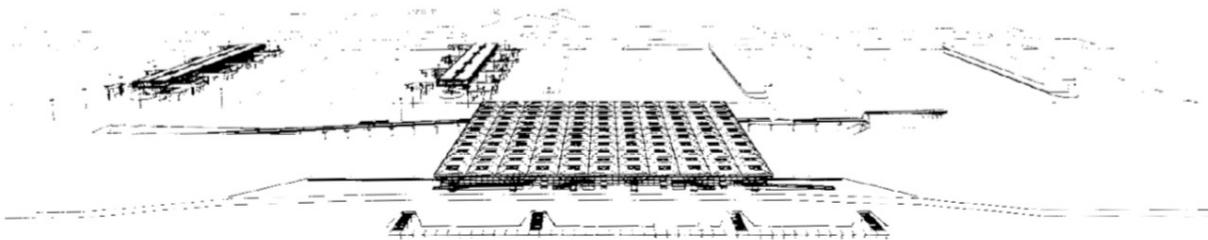
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

AEROPUERTO STANSTED

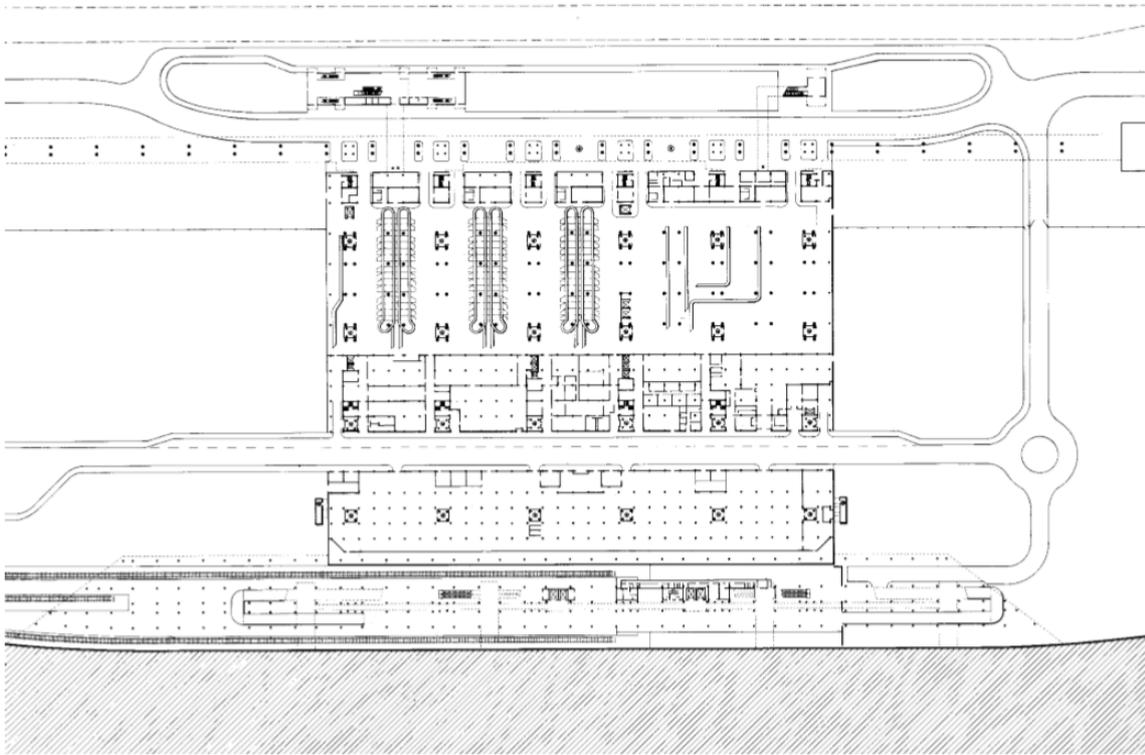
AEROPUESTO STANSTED LONDRES

AUTOR: Norman Foster

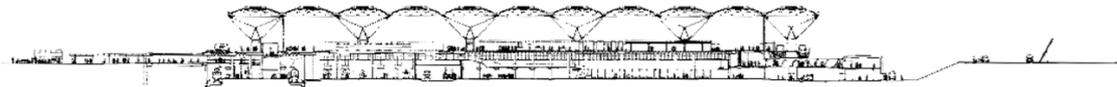
AÑO : 1981-91



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Planta principal.



Corte transversal.



Corte longitudinal por la estación subterránea del ferrocarril.



Sistema estructural:

La cubierta está constituida por una serie de paraguas con soporte central.

Se trata de 36 árboles con 4 troncos de acero tubular colocados cada 36 metros. Los troncos de estos árboles artificiales tienen una altura de 17 m, pero en su media altura están arriostrados por la losa de hormigón realizada in situ y que constituye el piso del gran salón.

Cada tronco se abre en ramas hasta alcanzar los 23 m si contamos desde el piso del subsuelo base de los paraguas hasta la cubierta.

No todos los módulos tienen el soporte central, estos se alternan con módulos cuadrados también, sin tronco en su eje pero cuya cubierta se vale del apoyo de los puntales de las unidades vecinas.

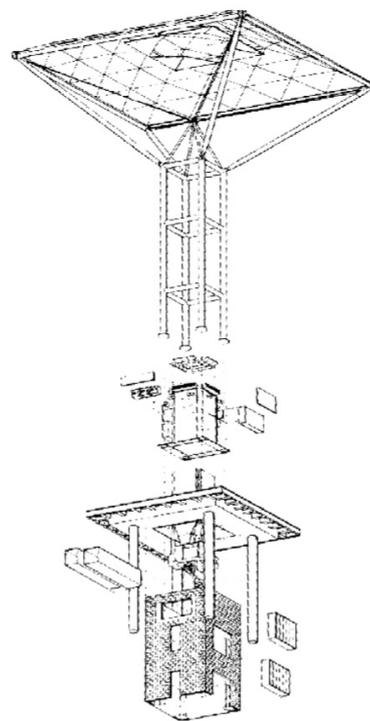
La cubierta de PVC del Aeropuerto Stansfed es continua, sin perforaciones, ni juntas de dilatación, ni bajadas pluviales.

Componentes estructurales:

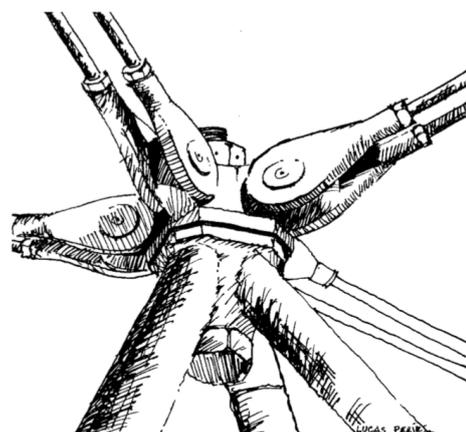
En el espacio interior, las hileras de columnas cuádruples que encierran entre ellas los equipamientos más sofisticados, son los verdaderos protagonistas de este espacio perfecto, liviano, producto de un ingenio creativo convencido de las posibilidades expresivas de la estructura y que pone el acento en el diseño de los encuentros, de las articulaciones considerándolos tan importantes como cada pieza en sí misma.

Escala - Configuración espacial - Crecimiento:

Foster repite aquí la idea de la gran nave contemporánea que puede expandirse ilimitadamente como en la Galería Sainsbury (1a etapa), cubriendo una superficie de 50.000 m².



Despiece de un núcleo de estructuras y servicios.



Nudo estructural.

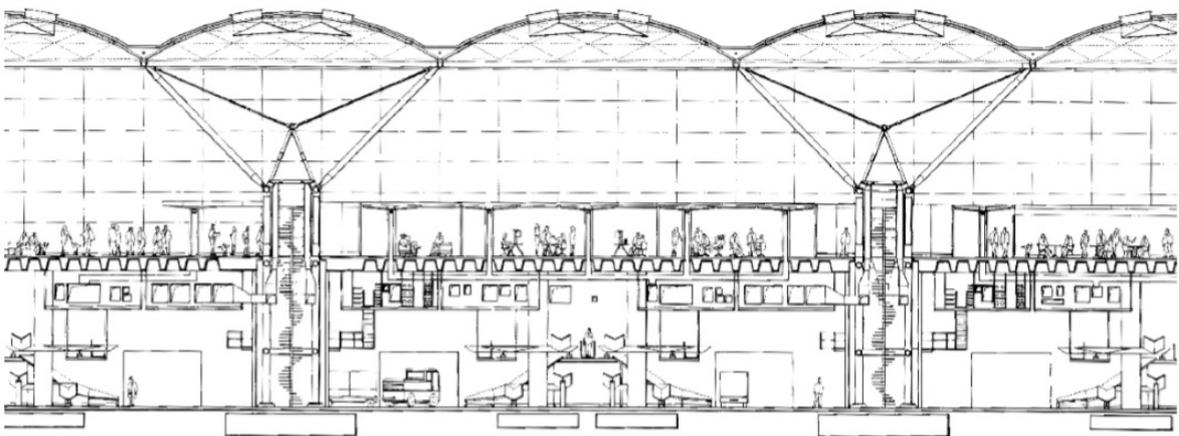
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La repetición de módulos, donde se incluyen las instalaciones, es una constante en la obra de Foster.

Sus contenedores se caracterizan por este recurso variando la forma del módulo, de obra a obra.

En el caso de Stansted, articulación de tres sistemas de transporte diferentes : terminal aérea , autopista y línea de ferrocarril que conduce al centro de Londres, se requería que el sistema de tránsito y de intercambio de transporte fuera lo más claro posible.

A este respecto Foster trató de configurarlo en un espacio de un solo nivel, buscando una cubierta llamativa modulada como paraguas que contuviera el recinto donde se dan todas las funciones incluido el equipamiento necesario y relegando solamente la estación de trenes al subsuelo. En el hall todo resulta diáfano, sin barreras visuales, salvo los troncos metálicos de los árboles de la cubierta.



Sección por la zona de equipajes.



Límites - Su materialización:

Los límites son aquí cristales laterales, lo que les confiere ligereza desde el exterior y luminosidad borrando las barreras visuales, si uno se encuentra en el interior. La cubierta de paraguas continua, sólo se percibe en su riqueza de conjunto desde el aire. A diferencia de la Planta Renault en Swindon, no sobresalen mástiles perforándola.

En una visión desde el avión, simula un grupo de disciplinados paracaidistas en el momento de posarse en tierra al decir de Martín Pawley, en su artículo: "La Tradición de las Grandes Naves. El nuevo aeropuerto de Stansted", publicado en la revista A y V N° 38.

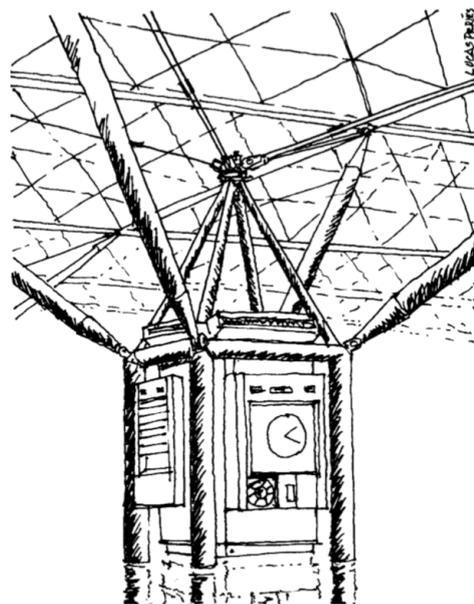
La luz:

La exigencia de un máximo de luz natural estuvo presente desde un principio. La luminosidad es uno de los rasgos más sobresalientes. Los visitantes del gran hall tienen la sensación de encontrarse al aire libre, pero protegidos por una envolvente invisible, inmaterial. La luz proviene de la cubierta y de los cristales laterales. Estos en algunos sectores están entonados, lo que contribuye en gran medida a dar calidad a este espacio austero y a la vez rico, refinado y sencillo.

Análisis crítico:

Es una de las obras más interesantes de la arquitectura que pone el acento en la tecnología del siglo XX.

Tal vez sea la mejor que ha producido Foster, puesto que perfecciona un recurso que viene experimentando desde hace muchos años: las naves generadas por sumatoria de módulos.



Núcleo del sistema de información.



Refinamiento y perfección técnica son los rasgos que destacan al Aeropuerto Stansted.

La arquitectura de Foster persiste en aparentar que se trata de obras producidas industrialmente, aunque sepamos fehacientemente, que son obras únicas, singulares, donde lo prefabricado se limita a las piezas estructurales realizadas fuera del obrador, como piezas creadas exclusivamente para esa obra y que nunca más serán repetidas. Esto lleva a comparaciones con otros momentos históricos, donde se dieron intenciones y procedimientos semejantes. Se quiere con el cotejo demostrar que, si bien se puede estar en presencia de resultados novedosos, las actitudes de este diseñador no son nuevas.

Durand, arquitecto discípulo de Boullée, publicó en 1802 los *Précis de Leçons d'architecture*, mientras simultáneamente daba clases en l'École Polytechnique (escuela para ingenieros). Su propuesta era desarrollar la arquitectura a partir de la ordenación racional de los elementos aislados que tienen para la arquitectura la misma significación que las palabras para la lengua y las notas para la música.

Este punto de partida sirvió para iniciar las búsquedas de un léxico arquitectónico divorciado de la arquitectura tradicional, puesto que se basa en la repetición de elementos básicos (sean clásicos o no) para producir grandes espacios. En la teoría de Durand, es posible encontrar además otros antecedentes que se relacionan con la idea de proceso industrial, ya que les asigna la virtud de la economía de costos.



Durand sostenía al respecto que una construcción económica puede aportar belleza mediante la acción recíproca de simetría y regularidad, aunque su composición estaba pensada esencialmente a partir de elementos clásicos a los que reconocía cargados de significado.

En otros términos, articular belleza, eficiencia por economía de recursos y repetición en la fabricación de la serie, eran metas que vinculan las búsquedas del diseñador del siglo XIX con las de los diseñadores más actuales.

Por ello podemos afirmar que el proceso de modernización, iniciado hace doscientos años todavía tiene vigencia, y que su búsqueda de la producción industrializada de la Arquitectura, refulgente en su belleza, aunque enunciada como intención auspiciosa, no se ha cumplido aún y cabe preguntarse ¿Se cumplirá alguna vez ?

AUTOR CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver CENTRO RENAULT, Swindon, Gran Bretaña.

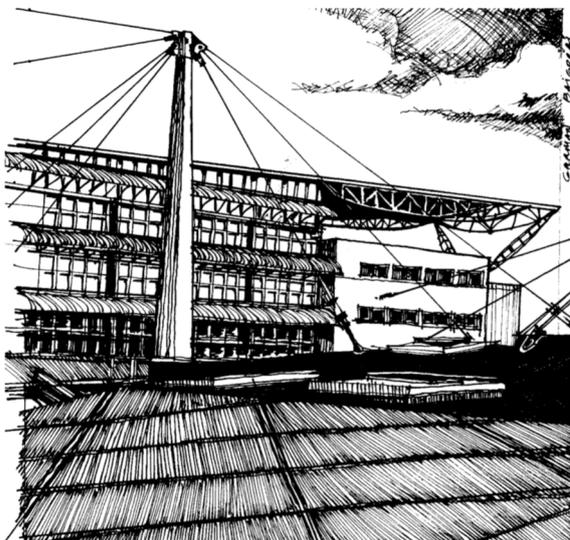
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ESCUELA INTERNACIONAL PARA NIÑOS

AUTOR: Françoise Hélène Jourda y Gilles Perraudin, arqs.

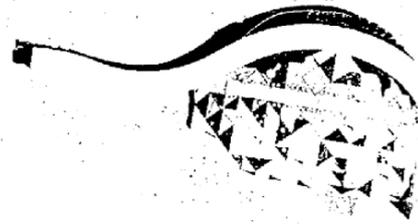
AÑO : 1989 / 1992

LUGAR: Lyon (Francia)

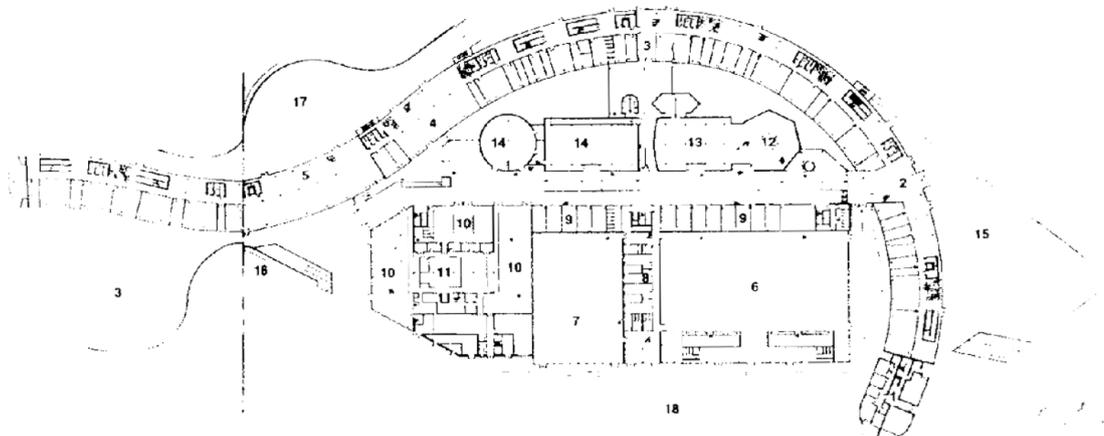


“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

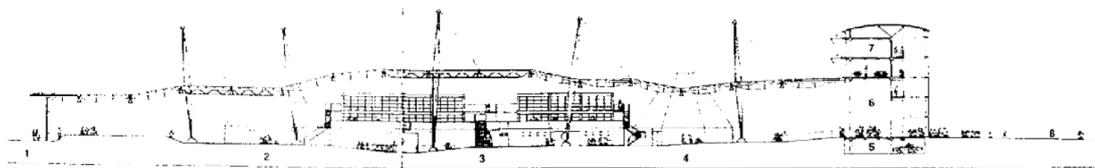
LEGAJO DEL PROYECTO:



PLANIMETRIA DEL CONJUNTO



PLANTA BAJA 1- Oficinas. 2- Hall del Liceo. 3- Hall de Administración. 4- Hall del Colegio. 5- Hall de la Escuela. 6- Gimnasio. 7- Sala de Deportes. 8- Vestuarios. 9- Salas de actividades de grupo. 10- Comedor. 11- Cocina. 12- Biblioteca del Liceo. 13- Documentación. 14- Sala polivalente. 15- Plaza de acceso. 16- Patio de la Escuela Elemental. 17- Patio del Colegio. 18- Patio del Liceo.



CORTE LONGITUDINAL N-S SOBRE EL EDIFICIO 1- Acceso al "Centro de la Vida". 2- Sala polivalente. 3- Acceso al Colegio y a la Administración. 4- Biblioteca. 5- Estacionamiento. 6- Hall del Liceo. 7- Aulas. 8- Plaza de acceso.



DESTINO:

Escuela primaria y secundaria para hijos de ejecutivos de empresas multinacionales. Abarca la educación desde los 6 años a los 18 años. Incluye además un complejo equipamiento deportivo y de servicios como restaurantes, laboratorios de idiomas, salas polivalentes, biblioteca, etc.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

La escuela está emplazada en las afueras de Lyon, en una ex - zona industrial degradada, pero hoy en franco proceso de renovación.

Paisajísticamente establece una relación armoniosa con el medio natural, alineándose con el Ródano, rodeada de un parque.

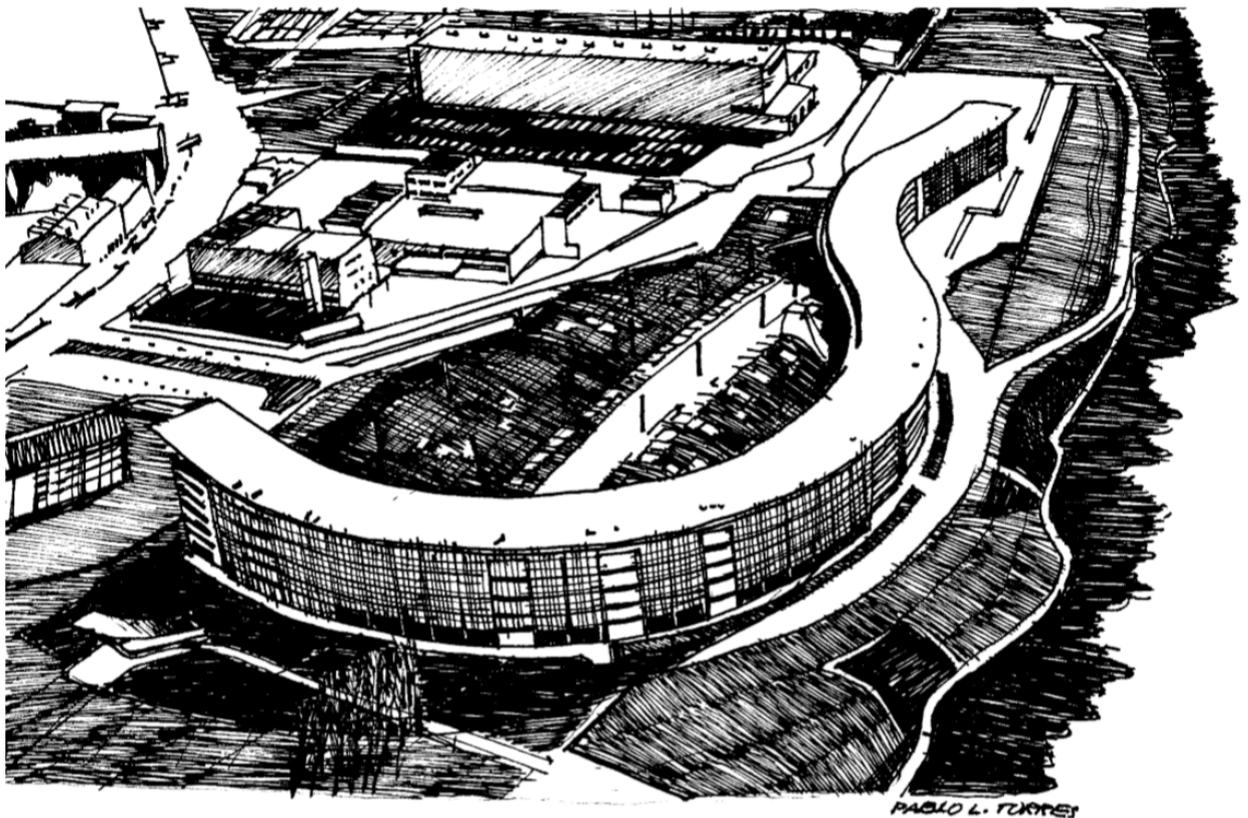
Como no existe un contexto urbano que haga de referente, el diseño se centra exclusivamente en la obra como un hecho casi autónomo, pero de configuración aleatoria para insertarse en la naturaleza.

Reafirma al mismo tiempo la discutible postura de algunos arquitectos que piensan que el futuro vital de la ciudad europea está en el suburbio, puesto que los centros urbanos en su mayoría han muerto.

Aunque parten de la idea de que "la arquitectura es algo en lo cual los límites casi no existen, lo construido, lo edificado, están en continuidad con el espacio total... Buscamos que no haya más edificio sino que el edificio devenga paisaje", sin embargo, lejos están de un planteo de mimetismo naturaleza - arquitectura al estilo de algunas propuestas de Emilio Ambasz, ni de la inserción de la Arquitectura como complementariedad de la naturaleza, característica de las obras de Tadao Ando.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

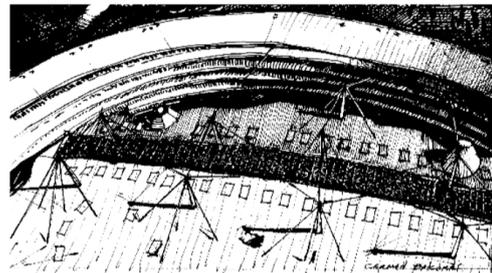
Sin desmerecer la calidad de la obra de Jourda y Perraudin, el planteo teórico no se corresponde con la realización puesto que, por libre y caótica que sea la geometría del conjunto, por interesante que resulte el techo colgante cubierto de césped, y que el bloque que crece borde el río, hay una neta separación entre arquitectura y paisaje digna de la mejor herencia del racionalismo clásico francés, a la que se suma una dimensión difícil de integrar en el paisaje.





CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

El conjunto está formado básicamente por dos partes: un bloque de 300 mts. de largo, de altura gradual creciente desde tres a siete plantas, que serpentea a la orilla del Ródano por el este, destinado a aulas y residencia de profesores y una inmensa carpa de 8000 m² cuya altura varía de 6 a 17 mts., sembrada de césped, adosada a la curvatura del cuerpo anterior por el oeste.

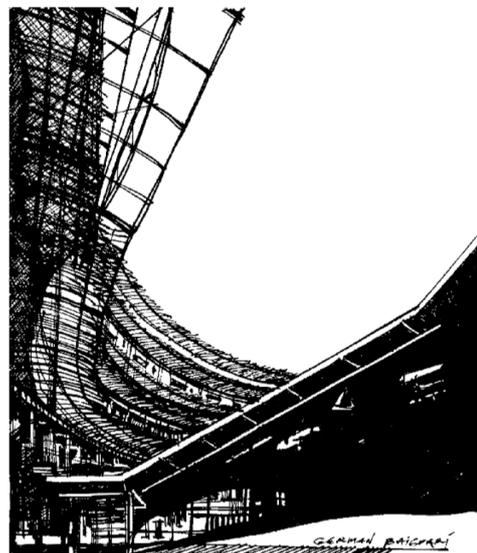


Esta segunda estructura contiene en su interior todo el equipamiento complementario. En ambas partes se trata de grandes contenedores espaciales que abarcan una multiplicidad de sedes que como cajas independientes poseen también su propia definición espacial, su propia escala más manejable para el arquitecto y el usuario, sus propios límites y cerramientos tanto laterales como de cubierta.

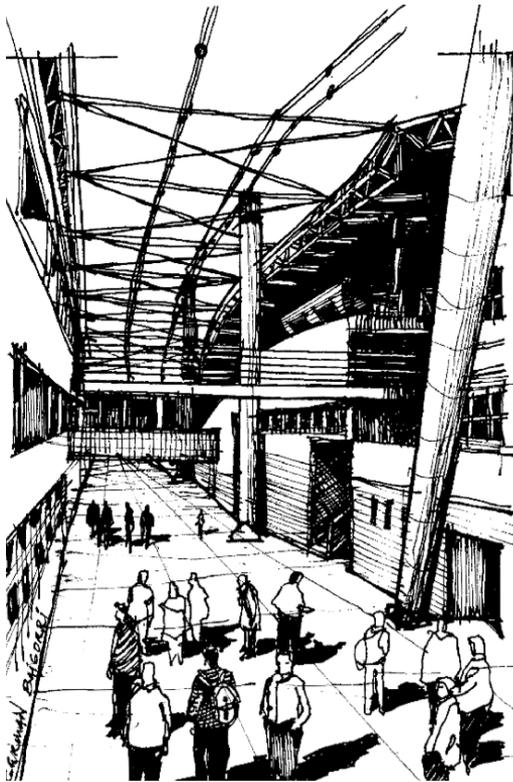
Estas cubiertas intentan dar una idea unificadora y mensurable a la complejidad y diversidad de contenidos, tal como la que poseía la ciudad del pasado, sin necesidad de cubiertas artificiales. La doble piel crea además un intersticio donde se instalan los sistemas de distribución ya sea de flujos como de personas. Es un lugar de transición, de acondicionamiento climático y lumínico y de acomodamiento del ambiente interior con respecto al exterior.

Una calle vidriada atraviesa esta especie de pequeña ciudad hacia donde abren los principales edificios de equipamiento y servicios. Exterioirmente se manifiesta como una banda transparente que corta la superficie del parterre de césped de la cubierta.

Un complejo sistema geométrico constructivo se ha implementado para cubrir con vidrios planos esta superficie de doble curvatura, logrando que los vértices de cada pieza se mantengan en el mismo plano. Si bien es cierto que cada pieza de vidrio es diferente



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



a la anterior y que se utilizan 800 paneles distintos, ello no representa hoy un problema para los sistemas industriales computarizados. En cambio se debió apelar a una sofisticada pieza constructiva para el encaje en cada lugar y el ensamblaje de cada componente. Se trata de una pequeña esfera metálica, regulable, que vincula por sus vértices a los distintos componentes por medio de uno o varios soportes que se pueden orientar según el caso de que se trate.

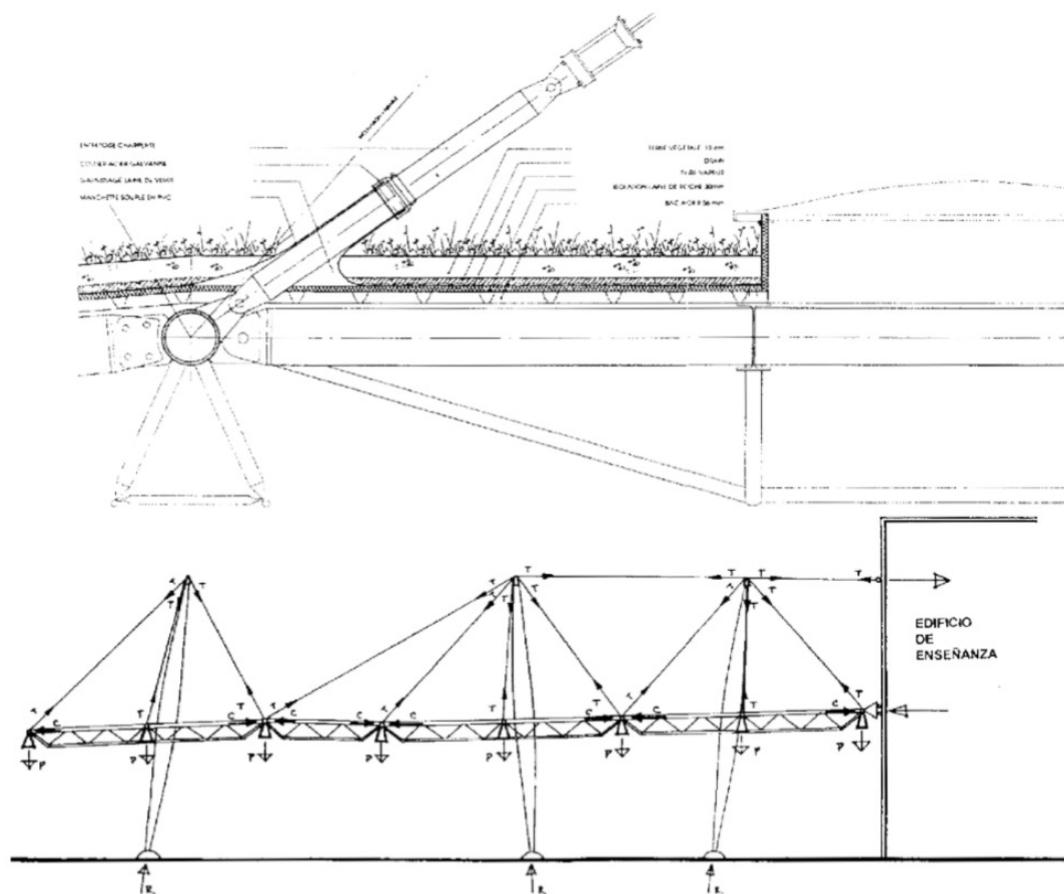
Característica de esta obra es también su indefinición formal, si la medimos con cánones geométricos convencionales. Para generar estas formas aparentemente libres, propias del “caos”, según gustan definirla sus autores, pero rigurosas y racionales en la realidad, se recurrió a establecer leyes precisas de crecimiento, que hicieran referencia a las leyes de la naturaleza, manejándolas por medios informático, sin establecer a priori el resultado total del conjunto.

ESQUEMA ESTRUCTURAL:

La cubierta colgante del “Centro de la Vida”, así llamado por sus autores, es como una gran carpa de doble curvatura de 400 toneladas, divididas en sectores cuadrados de 8 x 8 m que fueron primero apoyados en el suelo, para luego levantarse y ponerse en posición, sostenida por cables galvanizados que se anclan en mástiles de alturas e inclinaciones diferentes. Ciento treinta y cuatro vigas triangulares suspendidas y cerca de cuarenta vigas reticuladas hacen de base a esta membrana.

La estabilidad horizontal se logra por el anclaje de dos puntos del edificio de enseñanza y por una serie de cruces de San Andrés que forman dos anillos indeformables. El peso de la tierra de la cubierta supera la succión del viento, lo que asegura que el techo no se vuele.

El extremo superior del mástil central necesita anclarse al edificio de enseñanza porque la carga de los tensores no es centrada. La superficie de la cubierta también se ancla al bloque destinado a enseñanza.



P= Peso de la estructura, aislación y 10cm. de tierra.

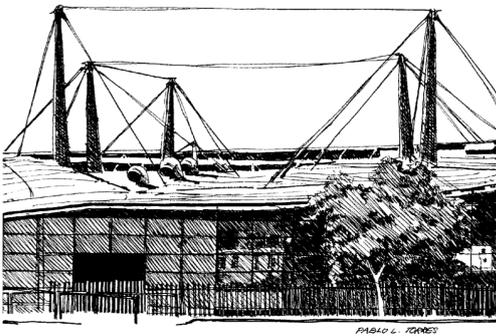
T= Tracción en los cables.

C= Compresión en el cordón superior de las vigas principales.

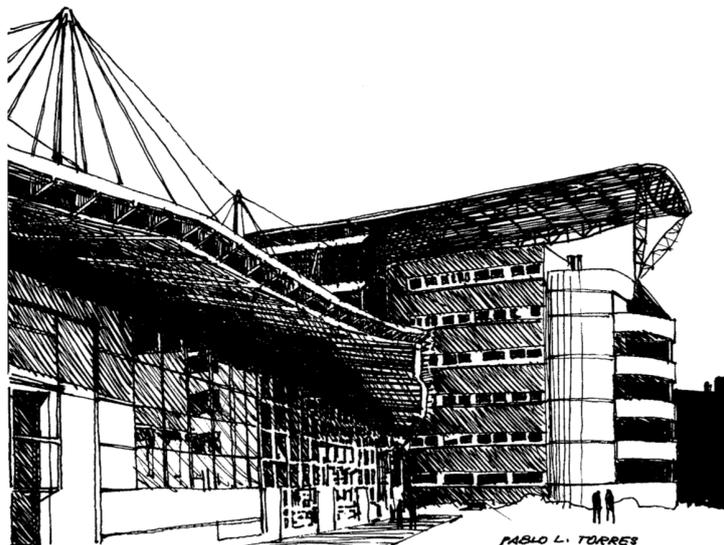
R= Reacción de mástiles inclinados. El extremo superior del mástil central necesita anclarse al edificio de enseñanza porque la carga de los tensores no es centrada. La superficie de la cubierta también se ancla al edificio.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:



El principal valor reside en la expresividad plástica de este nuevo espacio, producto de una clara postura cultural sustentante, de un extraordinario manejo de las técnicas contemporáneas, de una actitud y visión optimista sobre los nuevos instrumentos de que dispone el diseñador y que le abren nuevas vías para crear, para inventar para descubrir. Esta actitud podría caracterizar también a algunos arquitectos de la High Tech. La diferencia de las obras de Jourda y Perraudin compartida también como intención por las últimas de Renzo Piano radica en su intento por lograr una armonía con la naturaleza con una visión a la vez funcionalista y humanista, con la intención expresa de rescatar el valor del medio natural y a la vez hacer a través de la arquitectura, un aporte al bienestar del hombre. Entendiendo que la sofisticación de recursos a que debe acudir el diseñador es fundamentalmente la que le provee el ingenio humano, la creatividad y el conocimiento científico apoyados por herramientas técnicas como las computadoras, mucho más que los nuevos y costosos materiales, aquí descartados.





AUTORES – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Françoise Helène Jourda y Gilles Perraudin son socios directores de un estudio de arquitectura de Lyon, donde trabajan 20 personas.

Perraudin es además ingeniero, aunque no le guste recordarlo. Sin embargo, ayuda a entender sus obras, el conocimiento de estos aspectos sobre su formación matemática y técnica, sus diez años de trabajo como colaborador de Peter Rice y su vinculación por tres años con el estudio de Norman Foster.

Entre sus obras mas destacadas podemos mencionar la Facultad de Arquitectura de Lyon, edificio de gran valor arquitectónico, y su propia y bellísima vivienda, donde también emplea una doble techumbre curiosa en su escala doméstica. En la ciudad de Lyon han realizado asimismo una estación de trenes con un impactante hongo en su acceso y han participado en el diseño del equipamiento de iluminación en las calles del centro de la misma ciudad.

Han intervenido en numerosos concursos entre los que mencionaremos: el Jardín Zoológico del Bois de Vincennes en París, la ciudad de la Música en la Villette, también en París, el Parlamento Europeo en Estrasburgo, un centro cultural en Nueva Caledonia, un puente doble sobre el río Saona en Lyon, en colaboración con Peter Rice, etc.

Características de sus obras son:

- Parten en general en sus proyectos de una metáfora fuerte como estímulo, pero muy medida como materialización (bloques que se curvan como serpientes, pero cuya geometría es propia de una obra hecha por el hombre y no por la naturaleza, etc.)
- Pretenden realizar edificios que sean “reflejo de la cultura, del lugar y a la vez de la naturaleza, dejando de enfrentarla y tratando de comunicarse con



CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ella". Como prueba de esta postura, en su discurso aparecen a menudo los términos: complejidad, geometría del caos, indefinición de límite, actuar en los intersticios, lo construido es una continuidad del espacio total, el edificio que deviene en paisaje, valorar la naturaleza, junto a: necesidad de rigor de conocimientos técnicos sofisticados y usos de recursos actuales como la computadora para crear obras que sean reflejo del mundo contemporáneo. Por medio de estas dos vertientes intentan llegar a generar espacios armónicos que contribuyan al bienestar humano, amalgamando poesía, naturaleza, paradigmas de la cultura actual y técnica.

- Proyectos complejos por su configuración resultante, que no se ajustan a figuras geométricas reconocidas, pero que son el resultado de la aplicación de leyes de generación rigurosas y muy racionales.
- Utilización frecuente de un gran techo unificador que alberga múltiples cajas arquitectónicas, casi autónomas tanto por su funcionamiento como en su estructura, generando a la vez sentido de escala similar a la de una pequeña ciudad.
- Generación de una doble envolvente y trabajo de los intersticios, no como espacios residuales sino como lugar de intercambio del interior con el exterior, lugar de transición y circulación.
- Empleos de materiales comunes y económicos en Francia: hormigón visto, acero, vidrio, madera.
- Apoyo del diseño por la computadora. Con ella se puede introducir la complejidad, la variación para evitar la monotonía en el diseño, la libertad para multiplicar las posibilidades que se le ofrecen a la imaginación y las capacidades técnicas. Sin renunciar a los croquis preliminares a mano alzada, y a partir de ellos la computadora les permite un trabajo en las tres dimensiones simultáneamente a la vez que un trabajo de superposición, compatibilización, racionalización e interrelación de diferentes aspectos considerados como capas: piel, acondicionamiento, fluidos, seguridad, iluminación,



ANÁLISIS DE OBRAS

materiales, estructura, etc. · Refinamiento del detalle constructivo. · Afición por la gran escala, siguiendo una tendencia común en los arquitectos franceses contemporáneos. · Uso expresivo, no sólo de la estructura sino también de las instalaciones de control ambiental y luminoso. · Poca referencia al contexto, tal vez por las características de las implantaciones de sus obras, pero también por una postura de los diseñadores que ven a las ciudades europeas con sus centros históricos como carentes de vida.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

BIBLIOTECA EXETER

AUTOR: Louis Kahn

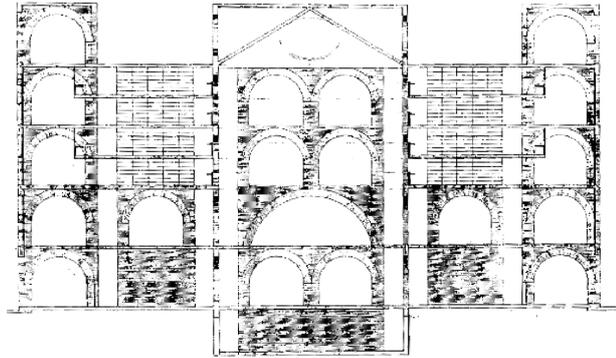
AÑO : 1965-72

LUGAR: Exeter, New Hampshire

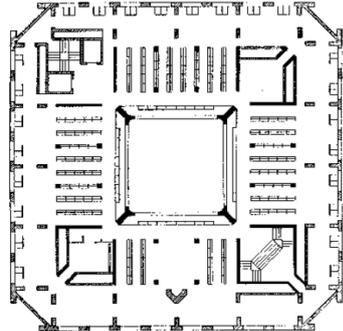
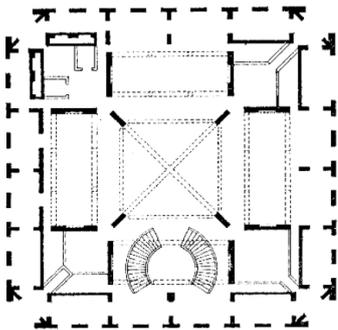
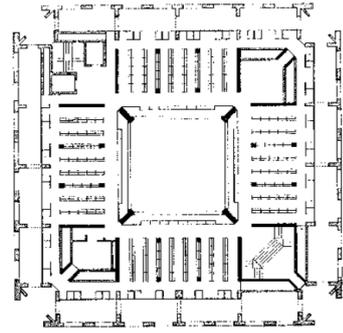
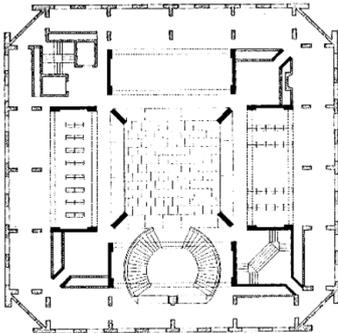


**“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.**

LEGAJO DEL PROYECTO:



Corte de la Biblioteca por la escalera principal.



Plantas de la estructura, primera, entresuelo y cuarta.



ESTRUCTURA, ROL Y EXPRESIÓN:

Nuevo valor del encuentro. La arista y el detalle se convierten en elenco expresivo. Los diferentes tipos estructurales ordenan diferentes espacios y funciones.

ESCALA, CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y CRECIMIENTO:

Kahn utiliza como procedimiento compositivo la abstracción geométrica y la yuxtaposición formal de cuerpos geométricos simples. Sus obras parecen siempre grandes, aunque su tamaño material no sea excesivo. La escasa referencia a la escala humana da sentido a la monumentalidad.

A ello se suma el desinterés por integrarse pasivamente al contexto urbano.

Esta obra es clásica, en el sentido que no está pensada para crecer. Es como diría Alberti, perfecta puesto que no se le pueden agregar ni quitar partes.

LÍMITES, SU MATERIALIDAD:

Los límites en esta obra están constituidos por capas sucesivas de envolventes reales, diferenciadoras del espacio principal y los secundarios. El arquitecto se vale de sistemas estructurales diferentes en diferentes materiales para ordenar los espacios según su jerarquía: Arcos de ladrillo en la zona exterior de lectores, estructura de hormigón visto en el corazón del edificio, templo de los libros.

Sin embargo no hay sensación de masa sólida exterior, puesto que la fachada exterior de ladrillo perforado por una red de ventanas, da ligereza al conjunto.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Los chanfles de las esquinas, en cambio, contribuyen a acentuar su peso. Interiormente “el templo de los libros” como Louis Kahn gustaba llamar al espacio central de múltiple altura, es un ámbito mágico, definido por su estructura independiente de hormigón armado, ahuecado por círculos y exaltado por la luz cenital que inunda y celebra el “espacio servido”.

LA LUZ:

Recurso fundamental para entender el esquema espacial de la Biblioteca Exeter.

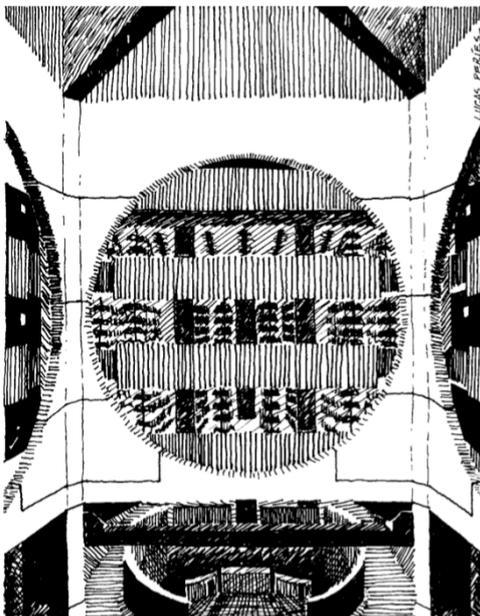
Podemos distinguir en ella tres espacios definidos claramente por el grado de luminosidad.

La parte central del volumen simétrico y cerrado se abre a la luz por la cubierta superior. La luz inunda el espacio, indica el lugar simbólico, la celebración de los libros y contrasta con el espacio periférico en semisombra, separado por la caja perforada de hormigón.

Una tercera capa espacial de luminosidad neutra, la exterior, con ventanas sobre las fachadas, dan la posibilidad a los lectores de gozar mientras estudian, de vistas hacia el campus universitario.

ANÁLISIS CRÍTICO:

En esta obra se manifiesta una tensión entre la expresión tectónica de la estructura y un sentido clásico del conjunto vinculado a la monumentalidad maciza y estereotómica. Amalgama la esencia de lo perdurable clásico, de la solidez de la materia con el deseo racionalista de mostrar didácticamente cómo es su estructura y qué elementos la componen. Los materiales empleados sólo valen en cuanto indicadores de los distintos espacios, y de cierto intento



central de hormigón armado con sus grandes aberturas en forma de círculos.



de vincular al edificio con sus vecinos de ladrillo visto del campus universitario.

La configuración recuerda a las casi esquemáticas empleadas por los arquitectos de la revolución Ledoux y Boullée. Envuelve el espacio central por una capa de espacios secundarios sirvientes, cuyo fin compositivo es engrosar una envolvente que adquiera valor de masa virtual separadora del adentro y el afuera. En otras palabras, crea los espacios "poche" según los define Peterson en su artículo sobre el espacio y el anti espacio¹.

La luz es componente imprescindible, tal como lo era para Boullée. La luz como un sólido, invade el espacio central, gradúa el valor significativo de los secundarios y diferencia junto a la estructura las áreas funcionales en sucesivas capas racionalmente ordenadas.

¹ Peterson. Steven Kent. Space and Antispace. Harvard Architectural Review N° 1.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

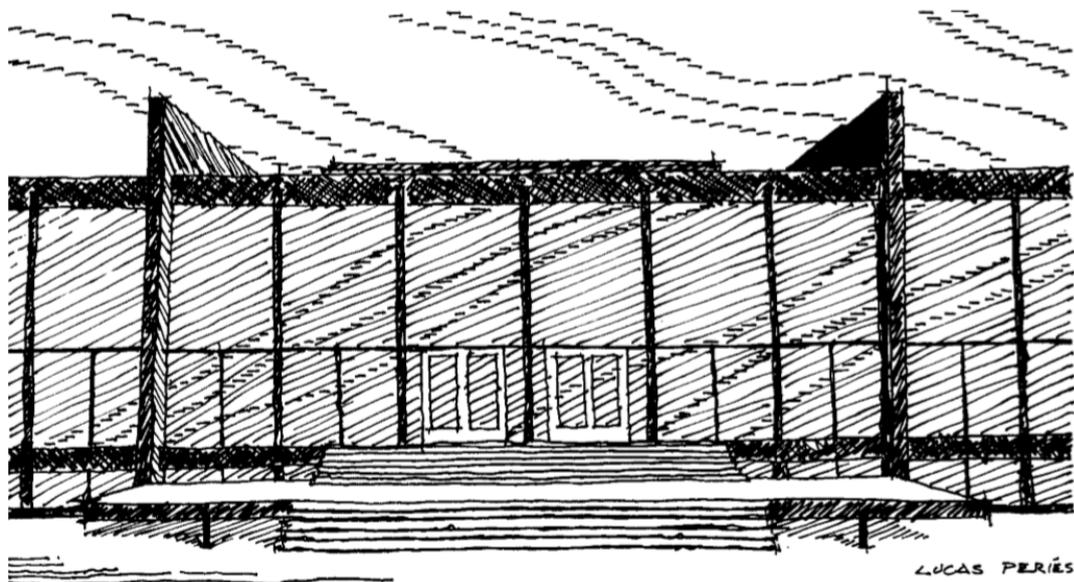
CROWN HALL

(Facultad de Arquitectura - Instituto Tecnológico de Illinois)

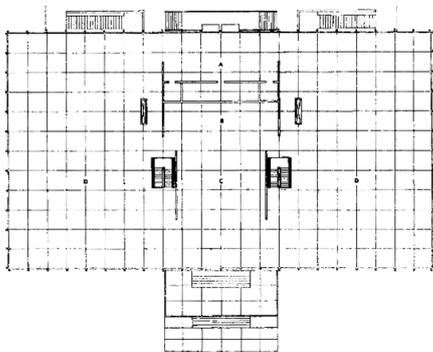
AUTOR: Mies van der Rohe.

AÑO: 1950-56

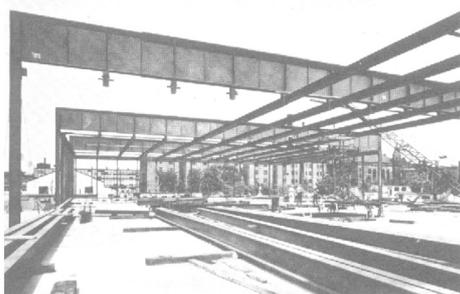
LUGAR: Chicago.



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Planta.



Estructura aporticada. Etapa de la construcción.

SISTEMA ESTRUCTURAL:

Adapta sus propuestas alemanas de estructuras de acero independientes de los muros contenidas dentro de cajas vidriadas o de láminas livianas a las condicionantes norteamericanas.

En este caso se trata de pórticos metálicos exteriores, perpendiculares a la fachada que dejan libre una luz de 57,6 m sin soportes intermedios.

COMPONENTES ESTRUCTURALES - ROL Y EXPRESIÓN:

Los pórticos de acero adquieren carácter expresivo. Cada pieza en sí es objeto de cuidado diseño, como si se tratara de piezas de orfebres. Lo mismo cabe decir de las uniones y de los remates. El ritmo ordenador en las fachadas está marcado por la estructura, como en la mayoría de las obras de Mies van der Rohe. La voluntad expresivo formal subordina en este caso la brutal desnudez de la verdad estructural despojada. Por problemas normativos y a raíz del incendio de Chicago en 1871, toda estructura metálica debe revestirse para desacelerar el tiempo del colapso, en caso de destrucción por efecto del fuego. Mies cumple con la norma pero vuelve a recubrir el hormigón que protege al perfil por una nueva capa exterior metálica, puesto que le interesa la expresión de ese material, como elemento básico de su composición.

ESCALA - CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y CRECIMIENTO

Es un contenedor, sin apoyos interiores. El arquitecto pretendía que apareciera como “un espacio flotante de luz entre dos superficies acristaladas”.

La idea generadora, aunque aparentemente clásica, block simétrico proporcionado, con aire



representativo, elevado sobre una plataforma a la que se accede por una escalinata central - insinúa a la vez la imagen de una fábrica que puede crecer agregándole nuevos pórticos modulares.

Alberga un espacio universal ininterrumpido, perceptualmente isótropo, a pesar de su configuración de prisma rectangular cuyo ingreso se da por el lado mayor.

El espacio del Crown Hall parece el producto de un juego artístico abstracto representativo de una idea sobre la arquitectura como obra de arte más vinculada con requerimientos espirituales que funcionales. La geometría y las proporciones armónicas están aquí presentes como en muchas obras de Mies.

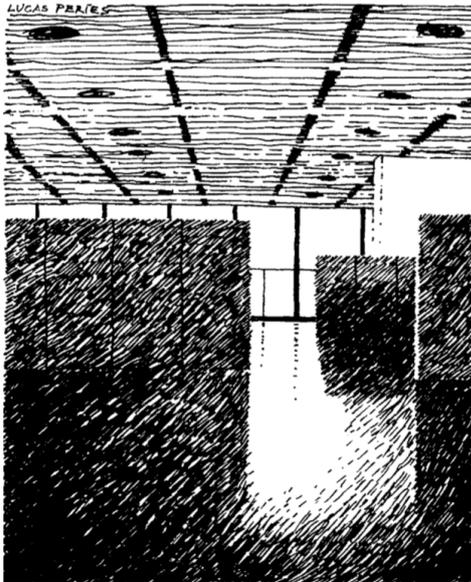
“Lo menos es más” repetido tantas veces por Mies van der Rohe, se ajusta al sentido de esta obra refinada en su sobriedad y exquisita en sus detalles y a la vez rica en su espacialidad ligera y luminosa.

LÍMITES : SU MATERIALIDAD

Mies van der Rohe se expresa aquí con el acero, el cristal, el ladrillo. Crea un lenguaje que, aunque derivado de los órdenes clásicos - plataforma en la base, columnas y frisos - es totalmente nuevo creado en consonancia con los materiales usados.

Como todo racionalista, diferencia en forma tajante cada uno de los materiales en sus envolventes los que adquieren carácter de entidades geométricas abstractas. Son planos tensos encerrados entre líneas horizontales y verticales, que casi hacen olvidar sus cualidades intrínsecas de soporte de peso, de valor o de textura. Son pieles verticales ligeras, ordenadas y situadas cuidadosamente que apenas separan los interiores de los exteriores configurando las envolventes de un prisma separado netamente del suelo.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Interior del Crown Hall.

LA LUZ:

Espacio interior y luminosidad se confunden en el Crown Hall. La luz celebra el espacio en forma homogénea, diferente a como la emplea A. Aalto o Louis Kahn explotando sus posibilidades de claros-curos dramáticos.

En las envolventes en cambio hay un juego clásico de contrastes entre las sombras que proyectan las salientes de las estructuras y las carpinterías y la tersura brillante, transparente y luminosa de los paños de cristales intermedios y aún en aquellos realizados en ladrillo. El hecho más significativo se encuentra en las complejas aristas del prisma.

ANÁLISIS CRÍTICO:

En esta obra de Mies van der Rohe, como en muchas de este autor, se intenta perfeccionar un modo expresivo de la arquitectura del siglo XX, basado en las posibilidades artísticas y espaciales que ofrecen las estructuras metálicas en combinación con las envolventes acristaladas.

Estos elementos sin embargo se manejan según relaciones de proporción tomados de la arquitectura clásica y usando materiales ya experimentados por los innovadores del siglo XIX en sus invernáculos y salones de exposición.

Es por ello que se puede afirmar que las innovaciones y avances en arquitectura tienen a menudo un componente de apoyo histórico y que éste está lejos de impedir la creatividad.

El paso dado por Mies van der Rohe en el conjunto de edificios del Instituto Tecnológico de Illinois, consiste en reafirmar la posibilidad de obtener variedad cambiando solamente proporciones y tipos estructu-



ANÁLISIS DE OBRAS

rales, dejando que la unidad del conjunto descansa en el uso de idénticos materiales : hierro, ladrillo y vidrio, en diferentes relaciones geométricas. En otros términos lograr diversidad en la unidad.

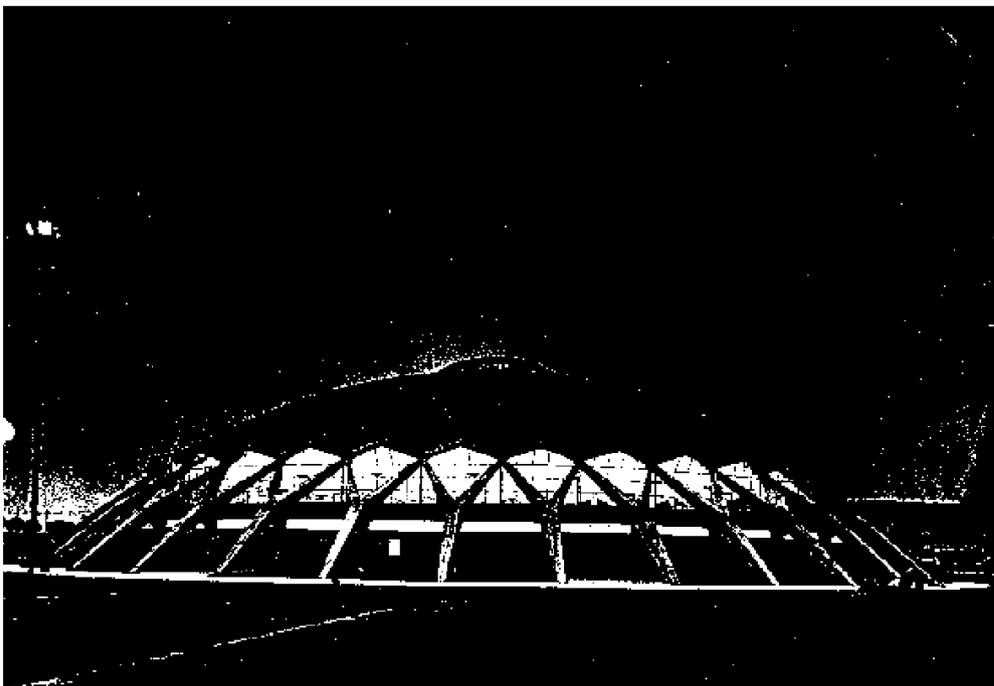
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

PALACETE DEL DEPORTE

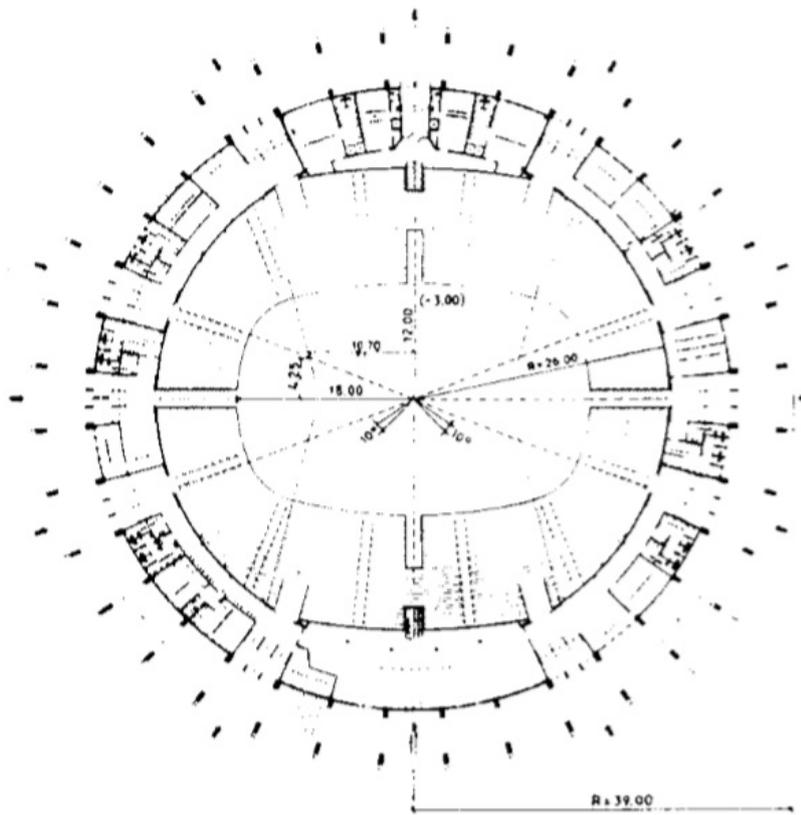
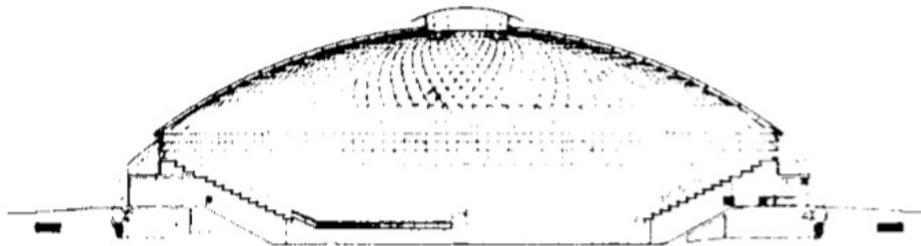
AUTOR: Pier Luigi Nervi en colaboración con Annibale Vitellozzi

AÑO: 1956-57

LUGAR: Roma (Italia)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.





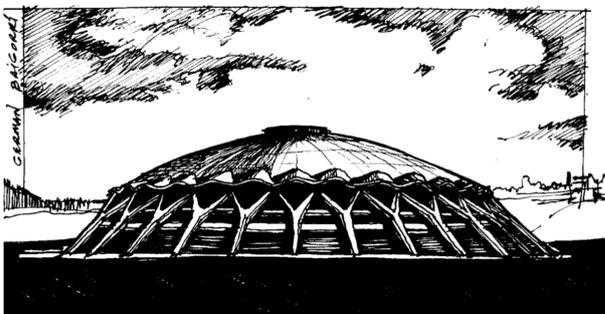
DESTINO:

Estadio utilizado para la práctica de distintos deportes (lucha, boxeo, baloncesto, etc.) con capacidad para 4000 ó 5000 personas.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Obra única, la forma por sí misma la destaca del entorno.

Ubicada sobre un lugar libre cubierto de césped, es un auténtico exponente de las ideas sobre implantación de edificios del Movimiento Moderno.



CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Planta circular de 50 m de diámetro, cubierta por una cúpula de casquete esférico, que apoya en su perímetro en 36 piezas en forma de "Y", dispuestas radialmente e inclinadas según la tangente de la curva en el plano de arranque. La composición de esta cubierta, constituida por 1620 piezas prefabricadas de tres tipos diferentes ubicadas según una secuencia desde el arranque a la culminación en la clave es expresiva del sentido ordenador clásico de su diseñador a la vez que de sus afectos por los espacios generados a partir de la geometría y sus leyes.

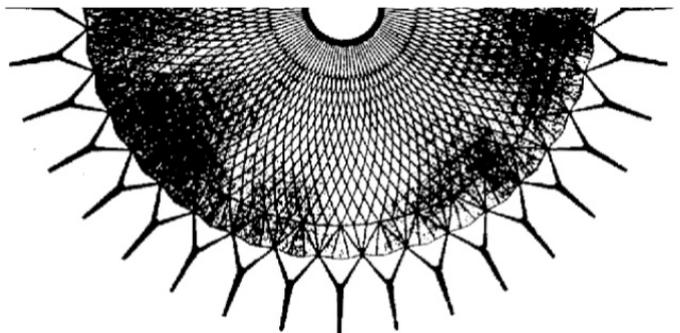
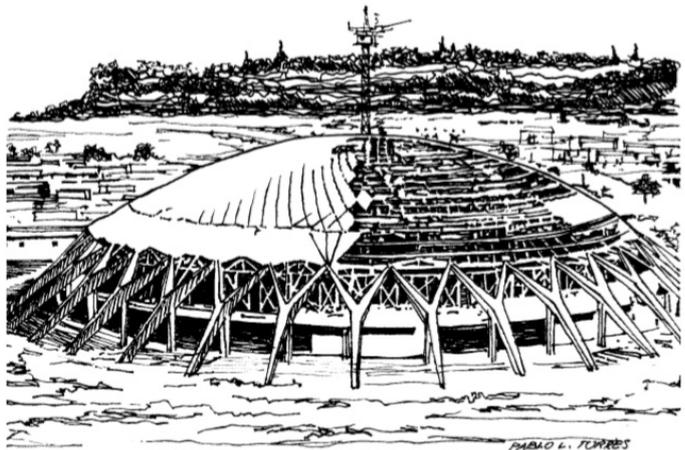
Característica destacada es la belleza tanto de su configuración unitaria, singular y delicada en su resolución total como de los detalles.



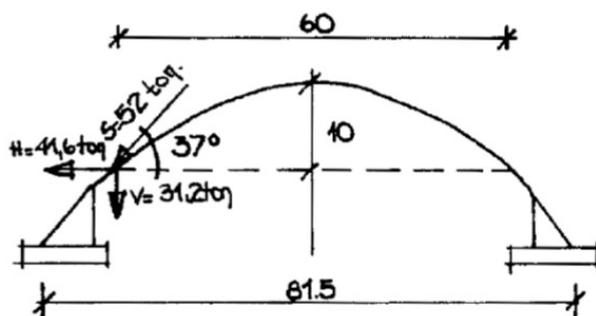
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ESQUEMA ESTRUCTURAL:

La cúpula es una cáscara constituida por piezas prefabricadas, romboidales en su mayoría que se abren en triángulos esféricos hacia la base y se afinan como esbeltos pentágonos en la parte superior.

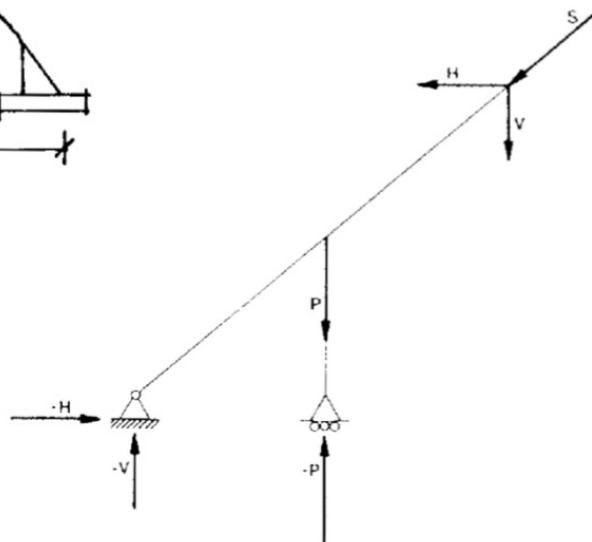


El diámetro en el arranque es de 60 m y su altura máxima de 21 m. El conjunto estructural que cubre la sala (50 m de diámetro), descarga en suelo por medio de un anillo circular de cimentación de 81.50 m de diámetro de hormigón precomprimido y con un espesor constante de 2.5 m



ESQUEMA ESTÁTICO

- $S = V + H$ Empuje de la bóveda sobre el caballete
 H Componente horizontal de S resistida por el tensor
 V Componente vertical de S
 P Carga concentrada equivalente al peso propio del caballete



SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

Medios contemporáneos configuran la unidad espacial central, característica de los ámbitos clásicos. Clásico es también el uso de la geometría como recurso generador de las envolventes y como elemento ordenador. Pero contemporáneo es su lenguaje, el material empleado y la ciencia de la teoría que sustenta la obra.

En síntesis es una obra que hace referencia a la fuerte tradición de Italia pero que a la vez es expresiva de la arquitectura del siglo XX.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



No hay en ella dogmas puristas. Aquí se combinan la eficiencia estructural y el uso de recursos racionalizados como la prefabricación, complementándose con el trabajo “in situ”.

El cuidado del detalle constructivo y del diseño de cada pieza o componente confieren calidad a la arquitectura en su totalidad enriqueciéndola al destacar por luces y sombras el plano profundo de los casetones, con sus aristas sobresalientes vibrando en el espacio.

La racionalidad y poesía de este espacio no se agotan aquí, porque la sutileza del trazado de las generatrices elegidas por Nervi, que ayudan a leer el orden geométrico de la cúpula, no siguen sin embargo las líneas predecibles, las usadas desde la antigüedad romana, de meridianos y paralelos destacados por cornisas horizontales y aristas sobresalientes desde la base hasta la cúspide.

Se trata en este caso de marcar meridianos y paralelos por un juego ingenioso de líneas virtuales insinuadas no ya por las aristas salientes de los casetones romboidales, sino de sus diagonales in-materiales. Contribuye entonces al efecto de orden la percepción del observador, involucrándolo así en la comprensión del ámbito que lo rodea.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

La unidad proyecto y construcción es una constante en la obra de Nervi que se revela como diseñador creativo a la vez que como lúcido calculista y constructor experimentado.

Sus obras son el resultado de un buen diseño, racionalidad en su concepción y usos de recursos y economía de medios, a la vez que de un gusto por los esquemas espaciales clásicos.



AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Nació en 1891 y murió en 1975. Graduado en la Universidad de Bolonia, como ingeniero, se especializó en construcciones de hormigón.

En 1920 fundó su propia empresa, destacándose a nivel internacional desde sus primeras obras, como el Estadio de Florencia (1939), o los Hangares de Orvieto (1936 -38), de configuración geodésica que había experimentado previamente en modelos de celuloide.

En los hangares de Orbetello y Torre del Lago (1940-43) siguió trabajando con estructuras compuestas de piezas de hormigón en parte prefabricadas.

Esa técnica la desarrolla también en el Centro de Exposiciones en Turín (1948-49), edificio que consta de una nave rectangular cubierta por una bóveda de ondas donde se alternan la luz y lo opaco en los lados laterales de cada pieza y una culminación semicircular a modo de ábside cubierto por un casquete muy trabajado. El espacio carece de apoyos intermedios y su cualidad más destacada es la vibración que produce la alternancia de la luz y la sombra.

Es a partir de estas obras que trabaja con el ferrocemento para sus piezas prefabricadas.

Podemos mencionar asimismo la Sede de la UNESCO en París (1953-58) en colaboración con Marcel Breuer y Bernard Zehrfuss, el esbelto edificio Pirelli en Milán (1955-58) que realizó con Gio Ponti; los estadios para las Olimpíadas de Roma (1960) realizados junto a Annibale Vitellozzi, la sala de audiencias del Papa en el Vaticano (1966-71), su última obra. Entre 1950 y 1970, época de su más intensa y creativa labor en el campo arquitectónico y estructural trabajó también en Estados Unidos, Australia y otros lugares del mundo.



Desde 1946 a 1961, dictó la cátedra de Técnica, Construcción y Estudio de Materiales en la Facultad de Arquitectura de Roma.

Es interesante destacar que Nervi era a la vez un empresario que construía lo que proyectaba, por lo que en su obra pesan, no sólo su gran capacidad creativa junto a sus conocimientos técnicos, sino también aspectos pragmáticos de eficiencia y competitividad propios de alguien que actúa en el mercado de la construcción.

Prueba de ello es que tenía patentados algunos elementos auxiliares de la construcción como un andamio de tubos sobre ruedas (1945).

Es autor de los siguientes libros: "¿Ciencia o arte de construir?" (1945), "El lenguaje arquitectónico" (1950) y "Construir correctamente" (1954).

Características de su obra:

- Uso del ferrocemento, material con una cuantía grande de hierro y recubrimiento de hormigón.
- Concebir y realizar el ciclo completo de la obra: proyecto, experimentación y ejecución.
- Habilidad para derivar la forma de la naturaleza de los materiales y técnicas.
- Habilidad para unir la belleza con la mejor resolución estructural, la estética con la tecnología y la racionalidad.
- Convencimiento puesto en práctica de que el proceso de creación de la forma es idéntico para el artista y para el técnico.
- Idea de que la belleza de la estructura no es tanto el resultado de su cálculo sino que requiere una concepción intuitiva previa que el cálculo verifica.



ANÁLISIS DE OBRAS

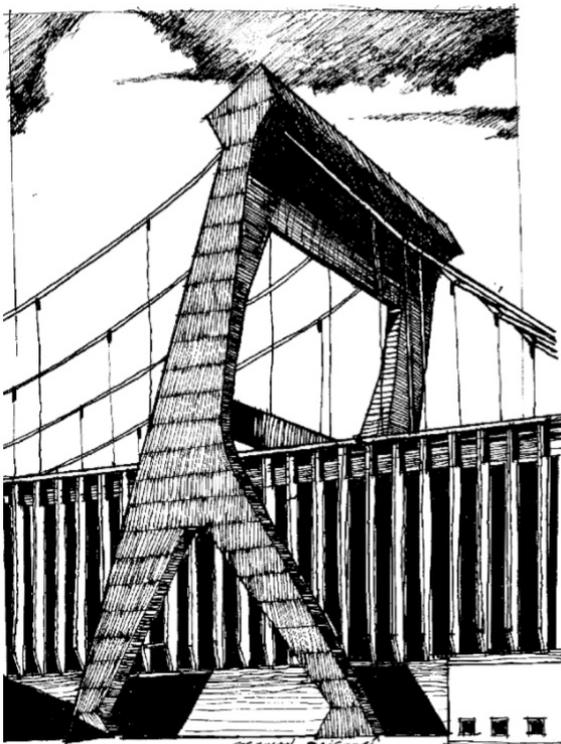
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

FABRICA DE PAPEL BURGO

AUTOR: Pier Luigi Nervi en colaboración con Antonio Nervi

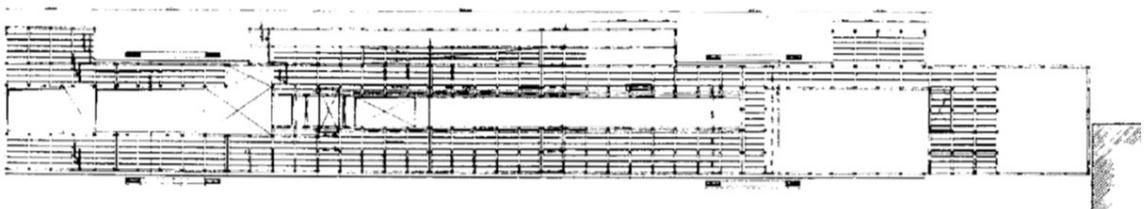
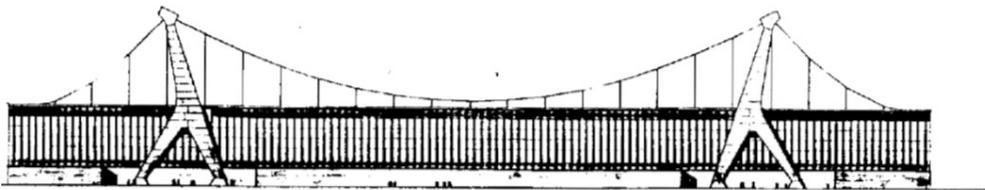
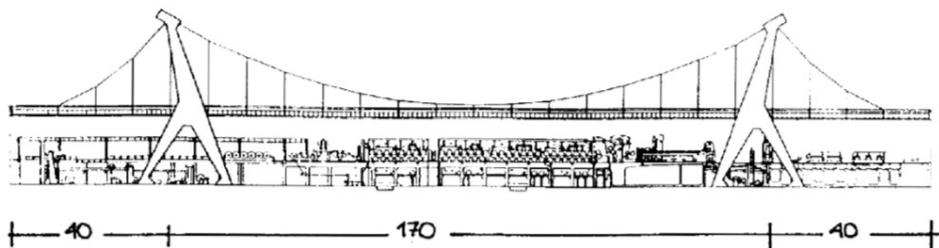
AÑO : 1961 -63

LUGAR: Mantua (Italia)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



DESTINO:

Fábrica de producción lineal continua que requiere de naves longitudinales y donde las máquinas ocupan la mayor parte del espacio.



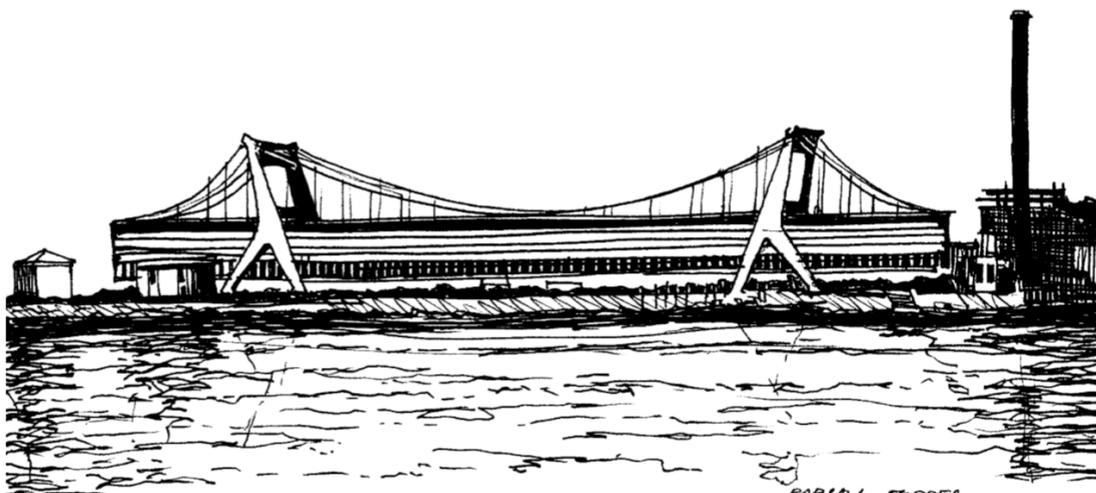
RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Existe una intención de monumentalidad, de dominar el paisaje. Sus elementos más expresivos son los caballetes con su silueta inclinada de 50 m de altura desde donde cuelga la cubierta.

CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Obra de Nervi totalmente atípica en su planteo estructural.

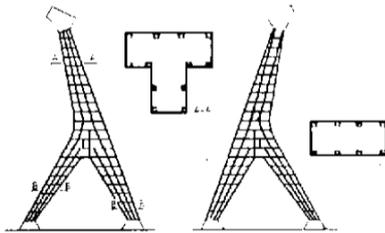
En un espacio único lineal de 30 m de ancho por 250 m de largo, cuyo interior no tiene mucho interés, sorprende la decisión del diseñador de elegir la luz mayor para tender la cubierta colgante desde cables centrales salvando 170 m y complementándola con dos voladizos laterales de 40 m.



“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

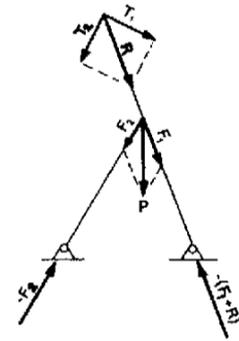
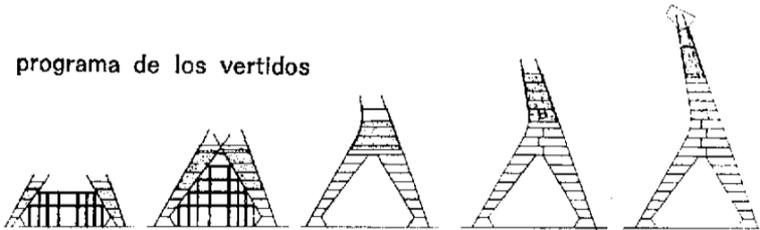
ESQUEMA ESTRUCTURAL:

Cubierta plana sostenida por dos pórticos de H° A° y cuatro cables de acero.



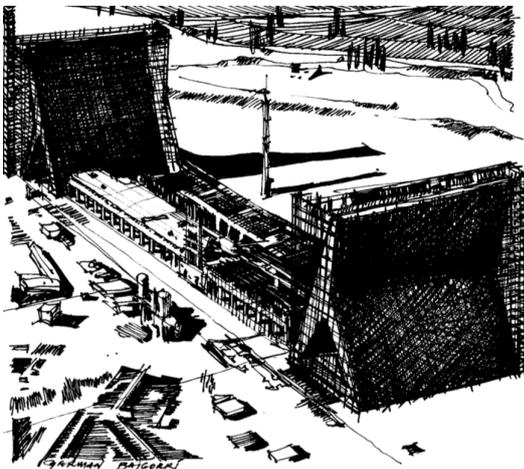
esquema de los nervios

programa de los vertidos



Esquema estático.

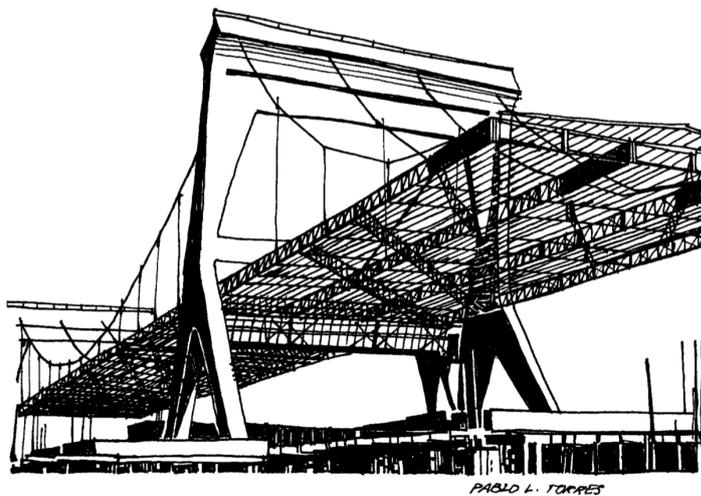
T₁, tracción del vano central
T₂, tracción del voladizo del extremo
P carga concentrada equivalente al peso del pórtico



Pórticos de H° A° realizados con paneles prefabricados de 7 cm de espesor, usados como encofrados perdidos.

La estructura hueca autoportante está reforzada con nervios internos de soporte vertidos in situ.

La cubierta plana está compuesta por vigas prefabricadas de H° A°.



PABLO L. TORRES

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

Por primera vez encontramos en esta obra de Nervi, un gesto espectacular a partir de la estructura dejando de lado consideraciones de economía y racionalidad pragmática en el uso de recursos. La intención de lograr un hito significativo, de destacar la fábrica por su presencia, implica sin duda una coincidencia de objetivos entre comitente y diseñador, tan válida como es la eficiencia en este tipo de obra. Sin embargo, lograr un excelente comportamiento estático y constructivo a partir de esta decisión inicial es mérito del genio de Nervi.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

La unidad proyecto y construcción es una constante en la obra de Nervi que se revela como diseñador creativo a la vez que como lúcido calculista y constructor experimentado.

AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Palacete de Deportes de Roma



PABLO L. TORRES

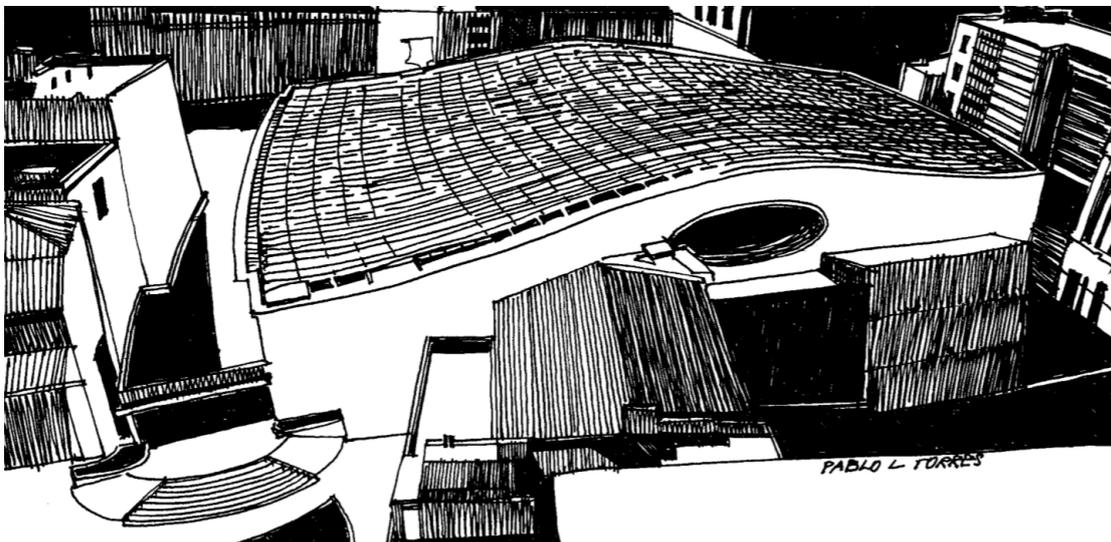
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

SALA DE AUDIENCIAS DEL PAPA

AUTOR: Pier Luigi Nervi

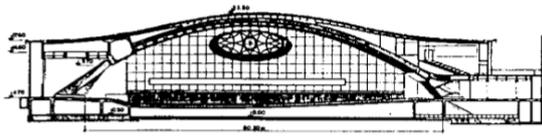
AÑO: 1966-71

LUGAR: Ciudad del Vaticano

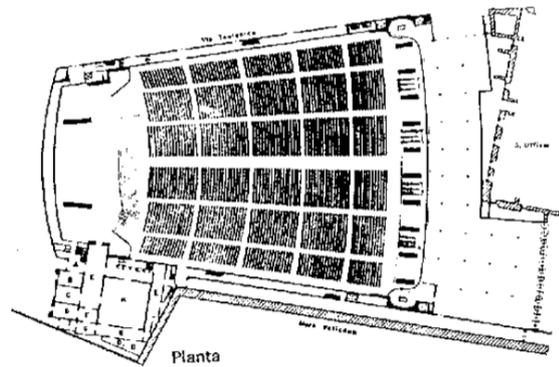


“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

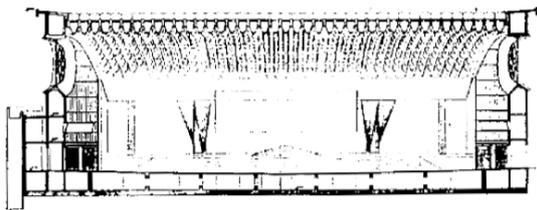
LEGAJO DEL PROYECTO:



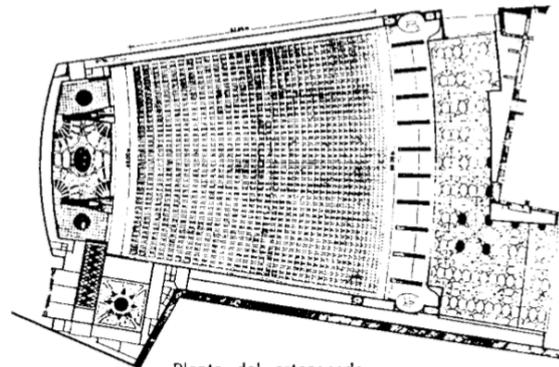
Sección longitudinal, en correspondencia con la intersección de ejes.



Planta



Sección transversal con vistas hacia el lado del trono.



Planta del artesanado.

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Ubicada a pocos metros de la Catedral de San Pedro, entre edificios de alto valor significativo y artístico, y en una actitud heredada del mundo clásico característica de Nervi de respetar jerarquías volumétricas espaciales, se inserta austeramente en el entorno acomodándose como otra pieza más de un rompecabezas sin destacarse por su singularidad. El doble techo contribuye a obtener una curva armoniosa que se adecua mejor a la morfología de las edificaciones vecinas, evitando crear con la configuración demasiado definida de la bóveda interior, un punto de conflicto en un ambiente desde todos los puntos de vista tan comprometido.

La riqueza espacial queda de este modo reservada exclusivamente al interior de la sala.

CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Sala de forma trapezoidal, tradicional en su esquema organizativo funcional, cubierta por una bóveda en forma de abanico que arranca en la base mayor del trapecio, sobre el atrio, y se extiende hasta la base menor de la figura, lugar del trono papal.

Sobre el escenario, la estructura de un inmenso pórtico hace de marco majestuoso al trono papal.

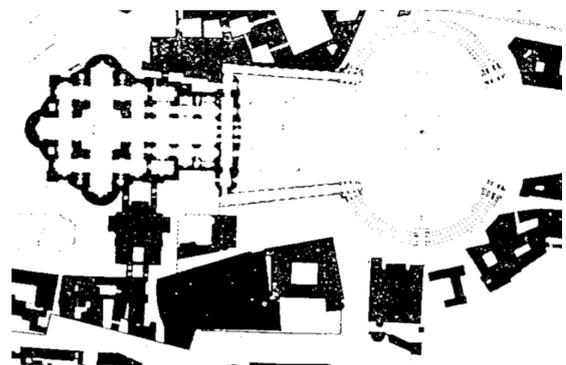
En su otro extremo en cambio la solución dada por el arquitecto es diferente ya que el gran pórtico del frente es sustituido por 10 pilares más modestos que se adecuan a su función de canalizar el acceso del público desde el atrio.

Se ha empleado un ingenioso sistema para contrarrestar los empujes de la bóveda consistente en el empleo de tensores que se ubican por debajo a lo largo de la sala en el nivel de los cimientos, unidos en un extremo a una caja de hormigón y en el otro, a cada uno de los pilares del atrio.

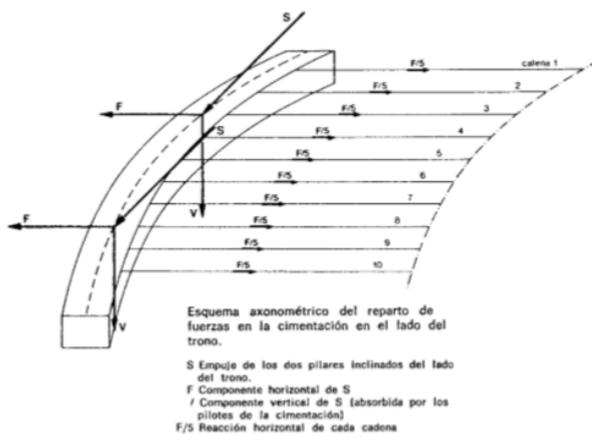
El piso que sigue la curva adecuada para permitir una buena visibilidad está sostenido por muros discontinuos de hormigón de diferentes alturas apoyados en una plataforma de base del mismo material.

Toda la cubierta, incluidas las zonas del trono y del atrio con sus trabajados casetones, se resuelve en hormigón armado obtenido con cemento blanco al que se le incorporaron piedrecitas de mármol tratadas en las superficies vistas como textura granulada.

La configuración de este interior a la vez que da respuesta a solicitudes de tipo estructural se adecua a otros requerimientos importantes como: una buena



Una viga hueca colocada en la cima de dos pilares recoge el empuje de la bóveda en el lado menor del trapecio, el lugar destinado al Papa. Mientras que en la base mayor, ese empuje se reparte en 10 pilares de menores dimensiones, realizados en H° A° blanco, como el resto de la estructura.



Los pilares del lado del trono: vistas posterior y lateral.



Vista lateral y frontal de los pilares del lado del acceso.

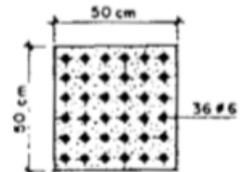
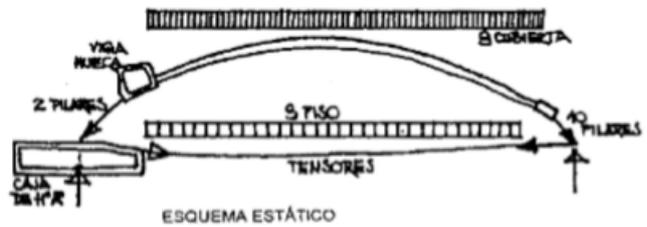


“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

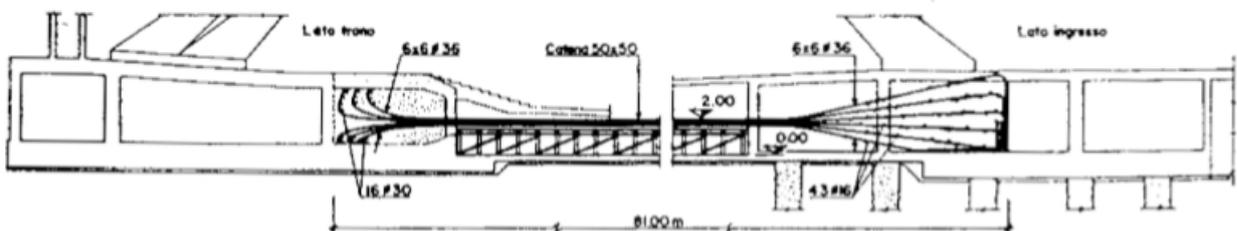


PLANTA DE FUNDACIONES
 Se pueden reconocer los cables (línea clara) y los tabiques longitudinales (línea llena) de H° A°. Los primeros están enlazados, por el trono, a una estructura en caja de H° A° que alberga algunos espacios, y por el otro lado, a los pilares del atrio. Los tabiques cumplen la tarea de sostener la sobrecarga del pavimento de la sala y se sustentan sobre una platea general de H° A°.

El empuje horizontal se absorbe y se equilibra en las fundaciones a través de un sistema de tensores, en estado de autotensión controlada, utilizando la deformación elástica que los tensores adquieren cuando, por un oportuno dispositivo, quedan libres de asumir el perfil geométrico (catenaria) correspondiente al estado de tensión prefijado (dado por la carga permanente del solado de la sala.)



SECCION LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DEL CABLE





SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

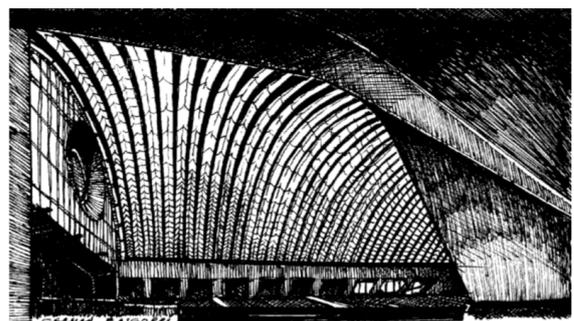
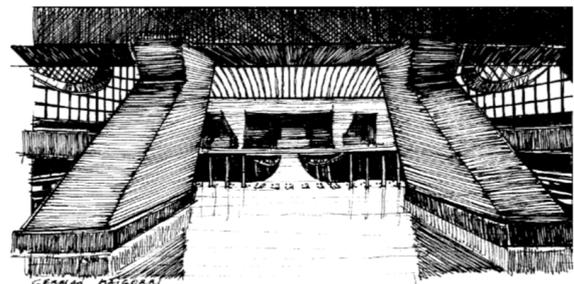
Se trata de la última obra que produce este genial creador, cuando ya cuenta con 80 años. Sin embargo significa nuevamente un aporte innovador. Si bien el empleo de las piezas ondulantes prefabricadas de ferrocemento de la bóveda y el recurso de la luz penetrando lateralmente y, en forma rasante entre cada onda, recuerda experiencias del pasado como las del salón B del Palacio de Exposiciones de Turín de 1948 / 49, en la Sala de Audiencias la configuración es mucho más compleja. Cubrir una planta que posee un solo eje de simetría como es el trapecio, con una bóveda, cuya generatriz es perpendicular al eje anterior, crea de por sí algo inesperado. Resolver esa bóveda como un abanico de piezas onduladas que se abren hacia un apoyo y se cierran hacia el otro, marcando el clímax del espacio, complejiza la configuración.

Sin embargo ninguno de estos factores explican la calidad lograda por el diseño extraordinario de la sala. Puede aproximarnos a ella el valorar la finura de orfebre con que maneja los detalles y como va variando sutilmente las formas y dimensiones de las piezas para conseguir una transición mórbida entre los elementos vecinos pero fuertemente impactante como generadores de la direccionalidad marcada hacia un punto culminante, el trono papal.

Ante el empleo de estos recursos hace ya 25 años, nos preguntamos si existe alguna vinculación entre ellos y los mismos recursos característicos de la obra de Calatrava hoy.

AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Palacete de Deportes de Roma.



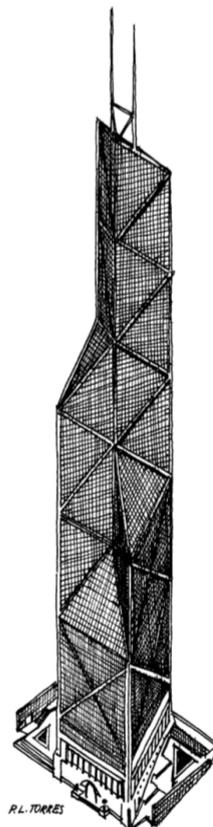
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

BANCO DE CHINA

AUTOR: I.I.M.Pei y Asociados (proyecto) - Robertson, Fouler e Ing. Asoc.
(estructura)

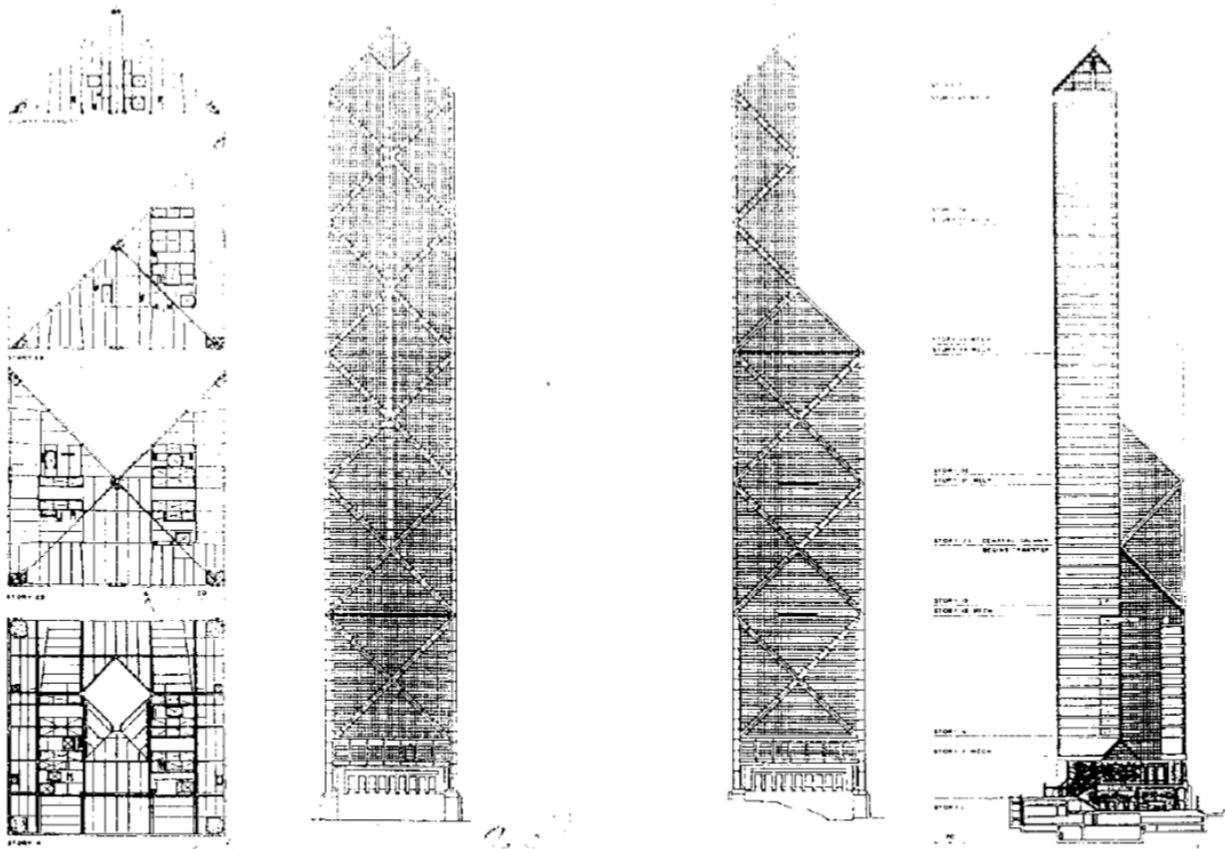
AÑO : 1988

LUGAR: Hong Kong (China)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



DESTINO:

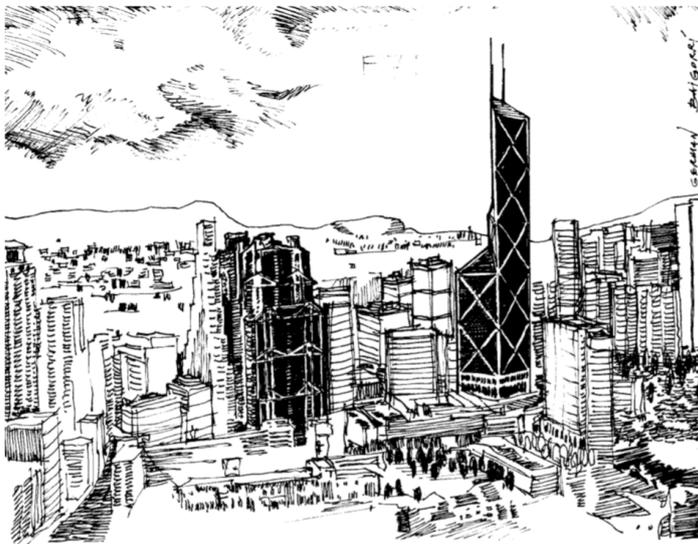
Banco y oficinas de 70 pisos con entradas independientes. Posee un hall central unitario de 15 pisos de altura. Las tres plantas de la base son para el público del Banco y las 12 restantes para su administración, destinándose la última de este sector a una cafetería y zona de estar. El resto de la torre es para oficinas. El estacionamiento esta en el subsuelo.



RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Ubicado en el corazón de Hong Kong, importante centro financiero, representa un hito urbano, destacándose por su escala y llamativa forma adiamantada. Rivaliza con otras torres del entorno como la de Foster del Hong Kong y Shanghai Banking Corporation, pero lo supera en altura (314 m).

Intenta, como muchos bancos actuales en el mundo, poner en evidencia la presencia del poderío económico a fines del siglo XX.

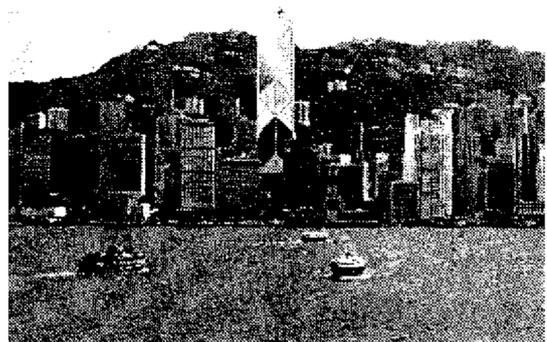


CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Se trata de una serie de cubos superpuestos que se dividen diagonalmente en cuadrantes, reduciéndose en masa a medida que se asciende, hasta quedar solamente un prisma triangular. La pureza de su geometría euclidiana se expresa sin embargo como un prisma complejo de cristal y acero.

Sus 70 pisos lo hacen en la época de su construcción, el edificio más alto de Asia.

De perfil esbelto por sus proporciones, contrasta con la edificación vecina.



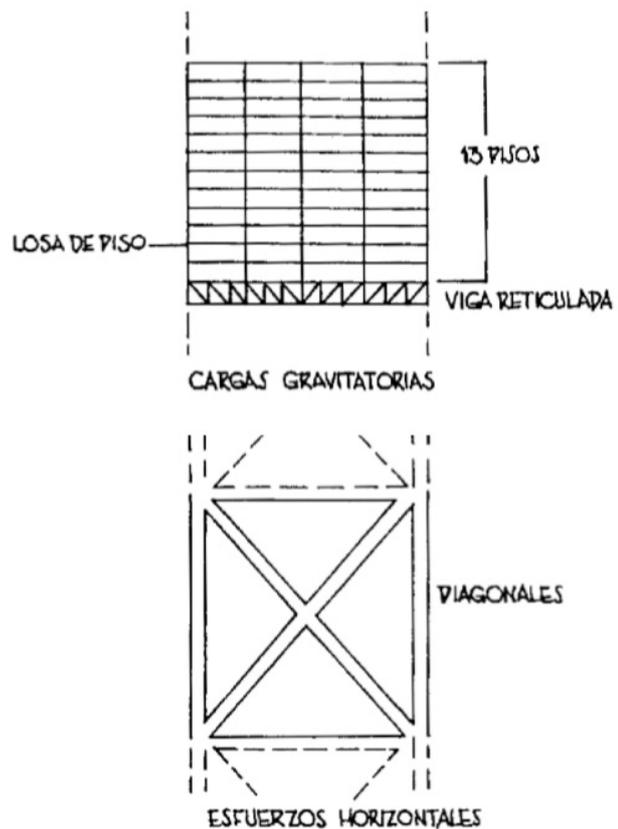
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ESQUEMA ESTRUCTURAL:

En el Banco de China, Pei busca dar una respuesta integral a todas las sollicitaciones con una sola estructura principal: una “megaestructura” de Hormigón Armado conformada por los reticulados diagonales y las columnas principales.

Los reticulados están organizados en cinco módulos, cada uno de ellos compuesto por trece pisos.

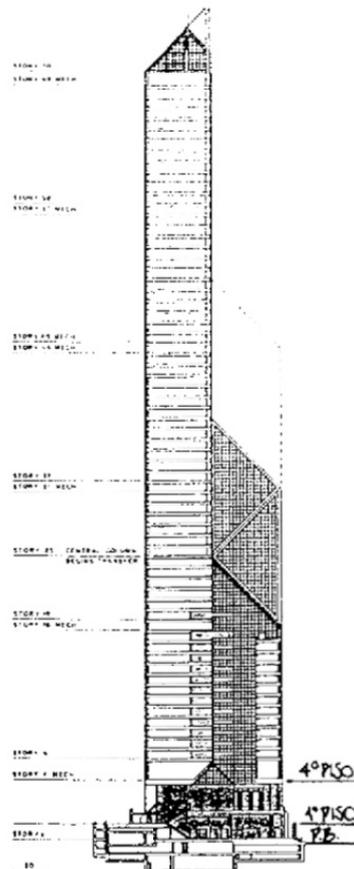
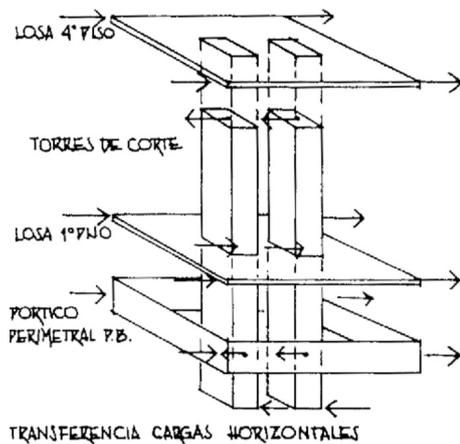
Hay una viga perimetral de un piso de altura cada doce pisos, que transfiere a las columnas principales las cargas gravitatorias del módulo.





Los esfuerzos laterales son llevados por diagonales hasta el cuarto piso y ahí se transfieren a las torres de servicio diseñadas para resistir el corte (desde el cuarto al primer piso). En el primero se transfieren a una losa y de allí a los muros perimetrales (base que absorbe esfuerzos horizontales). El cuarto piso es un diafragma de placas de acero.

Las diagonales atan módulos de trece pisos y además sostienen el muro cortina que se independiza del sistema de cargas gravitatorias.

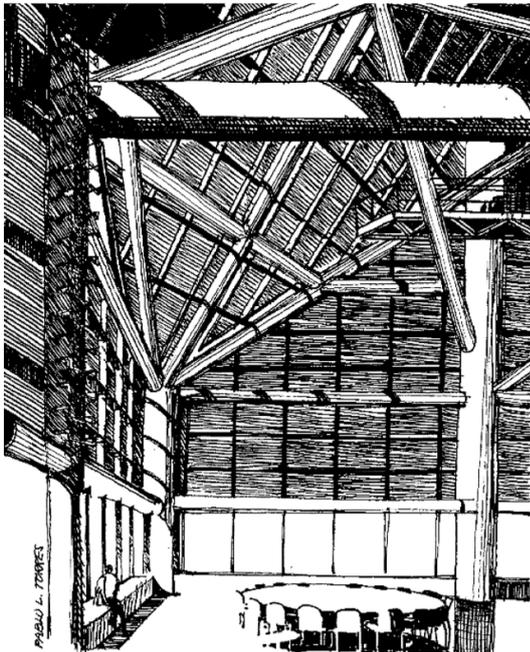


SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

La expresión estructural juega un papel fundamental en la configuración. Diseño y estructura conforman un monumento simbólico de la arquitectura de fines del siglo XX.

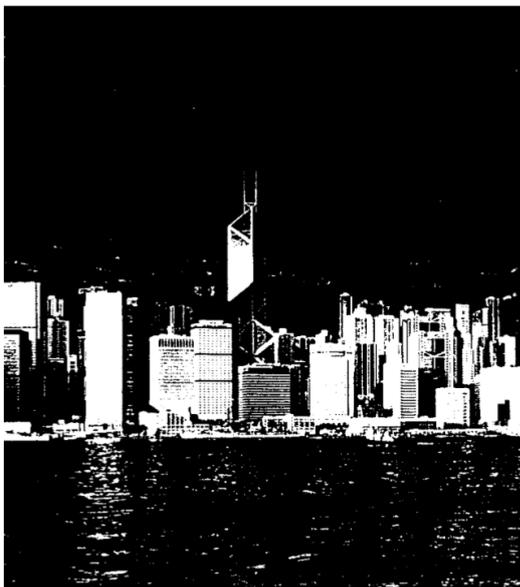
La monumentalidad deriva de una estructura vista que enfatizan los módulos de 14 pisos, donde se expresan exteriormente los elementos verticales y diagonales, sin manifestarse los horizontales que quedan en su interior.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Esas diagonales forman puntas de diamantes, símbolos del poder económico.

En el proyecto original la estructura vista exterior combinaba vigas horizontales con las diagonales, ordenando la superposición de los cubos, expresión rechazada por los comitentes por las connotaciones negativas que estas figuras tienen en la iconografía china.



INTENCIONES DEL PROYECTO:

Generación de un edificio singular, símbolo del poder económico, que se destaque en el entorno y, a nivel internacional por su imagen. Búsqueda formal a través de una geometría compleja de reglas precisas.

Creación de espacios públicos unitarios y el aprovechamiento de visuales hacia los cuatro lados, evitando los corazones oscuros. Respeto de las reglas compositivas convencionales: base, desarrollo, coronamiento, en su configuración, pero innovación en su expresión y lenguaje de la torre y la culminación de formas agudas y de materiales nuevos. Basamento público que se ajusta a la imagen tradicional de las instituciones bancarias y que da escala al peatón. Estructuralmente, hace transición entre el esqueleto principal de diagonales y la fundación.



AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

I.M Pei nació en Cantón, en 1917. estudió en EE.UU. (M.I.T y Harvard) junto a Maestros del Movimiento Moderno como Gropius y Breuer. Sus primeras obras (1949-1960) son fundamentalmente de diseño urbano y su expresión es moderna.

Posee un don escultórico en el manejo de las formas arquitectónicas, habiendo experimentado con diferentes materiales y recursos: masas excavadas, o por el contrario pieles tensas, usando a veces hormigón al modo brutalista o acero y vidrio al estilo Mies van der Rohe. Entre sus obras destacamos: el Dallas City Hall (1966-78), el edificio John Hancock de Boston, la Pirámide del Louvre (1989), el Banco de China en Hong Kong (1988).

Ha incursionado en geometrías complejas como la que usa en la ampliación de la National Gallery de Washington (1971-78) o el Museo de Arte de la Universidad de Cornell (1968-63). No se puede reconocer en sus obras una sola línea de diseño.

Características de sus obras:

- Interés especial por desarrollos complejos.
- Uso de tecnologías de avanzada.
- Cuidadoso tratamiento de los detalles.
- Sensibilidad artística para la expresión de sus envolventes, recurriendo a los reflejos, las transparencias, las luces y sombras.
- Respeto por el entorno, a pesar de destacar sus edificios como verdaderos monumentos contemporáneos.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

PIRAMIDE DEL LOUVRE

AUTOR: I.M Pei y asociados (proyecto) - Ing. Ove Arup y Asociados (estructura)

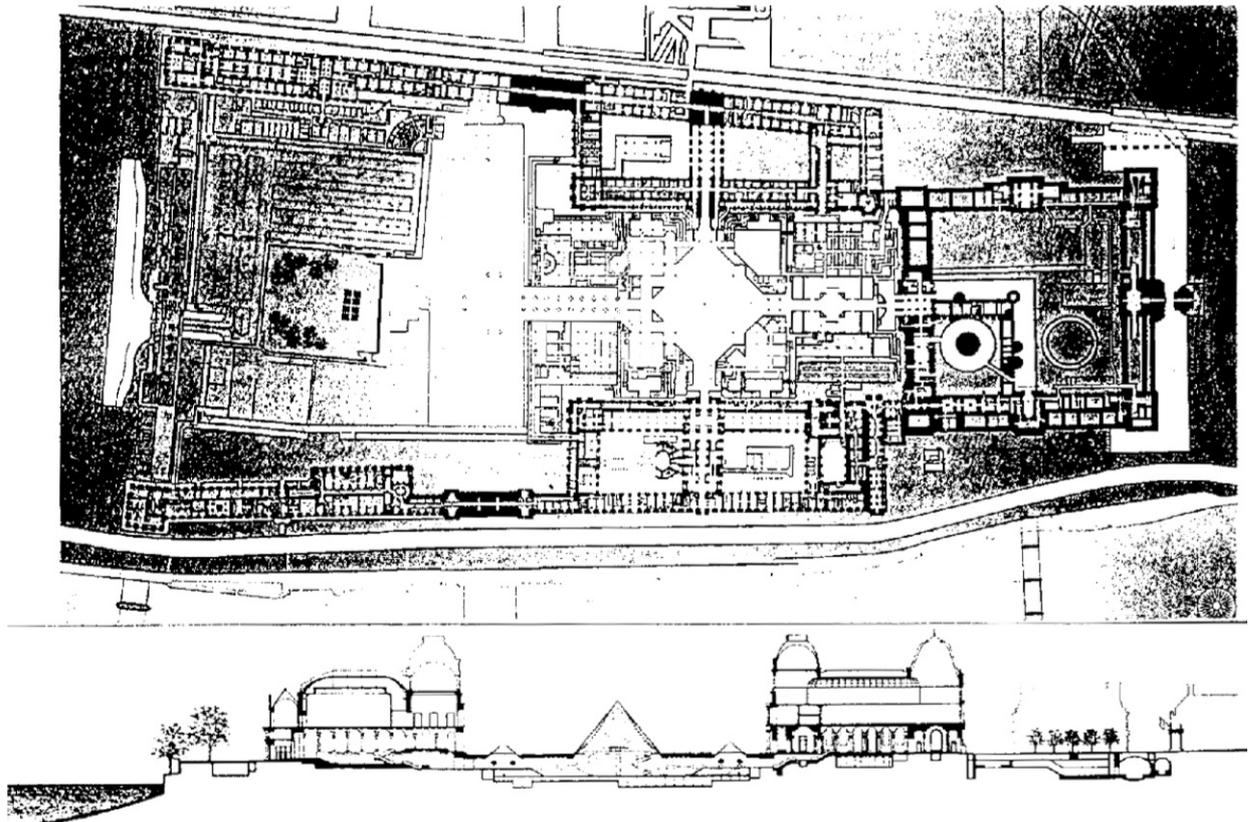
AÑO: 1989

LUGAR: París (Francia)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



DESTINO:

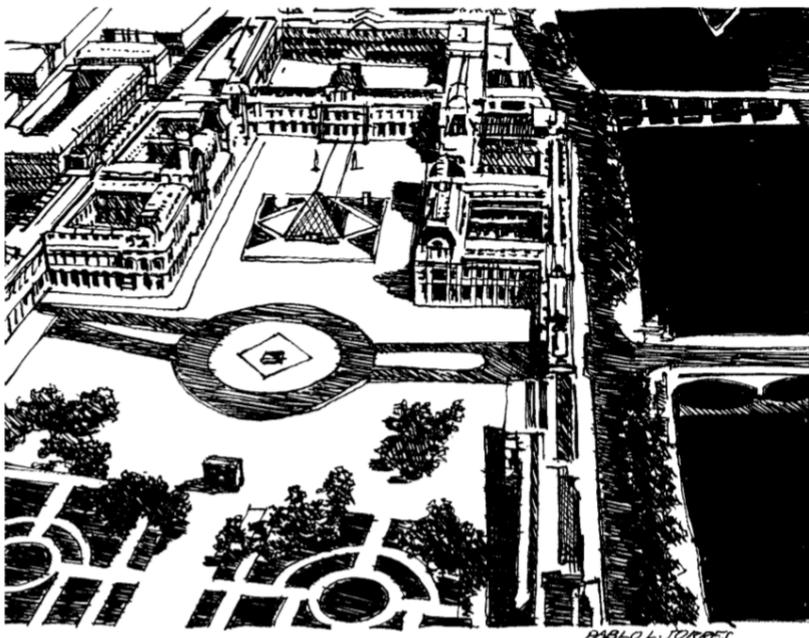
hall subterráneo de acceso principal a las distintas y diversas alas del museo. Cumple el rol de hacer más compacto al museo, distribuyendo sus espacios alrededor de un verdadero centro distribuidor debajo del patio de Napoleón, y evitando el uso de paso linealmente de zonas afectadas a la exposición como ocurría hasta entonces.



RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Situado en el patio principal del Louvre, abierto hacia los jardines de las Tullerías, se incorpora al gran eje histórico imaginado por Le Nôtre para París y se desvía del mismo, igual que el palacio y el Arco de la Defensa, sus dos polos o nodos, un ángulo de 6°. A pesar de ser un subsuelo, mantiene con el exterior un contacto permanente evitando toda sensación de encierro y desorientación, efecto logrado por su cubierta transparente.

La pirámide, inspirada en la perfección geométrica de los jardines de le Nôtre, dialoga respetuosamente con las fachadas del Louvre de Lefeucl; es un diálogo atemporal y refinado de lo sólido con lo etéreo y de lo clásico con lo contemporáneo. Es además un diálogo del exterior con el cielo cambiante de París a través de la transparencia del vidrio de la cubierta y del juego de reflejos que se dan en las fuentes que rodean la pirámide.



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

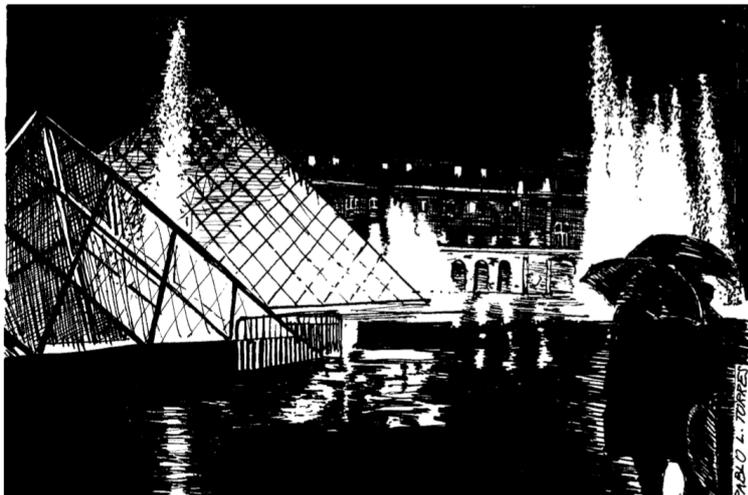
CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

La pirámide transparente de metal y vidrio emerge de la superficie del patio permitiendo la iluminación del hall subterráneo con luz natural.

Sus dimensiones son 27.8 m de altura sobre una base cuadrada de 34.2 m de lado. Sus aristas están inclinadas según un ángulo de 50.7°, están insertas en estanques que combinan cuadrados y semicírculos, presentando una imagen inspirada en los jardines renacentistas. Tres pirámides también en vidrio, más pequeñas, rodean a la central, que tiene por fin iluminar los accesos a las partes principales del museo, evitando de este modo el contraste rudo entre la luminosidad del hall central y los caminos demasiado oscuros a los lugares de exposición.

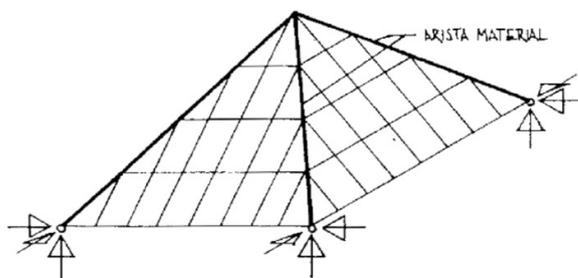
El cristal que cubre a la pirámide es de una calidad excepcional ya que se suprimió la coloración verdosa de la producción corriente y se garantizó la perfección de su superficie.

Estos cristales están ensamblados en carpintería de aluminio.

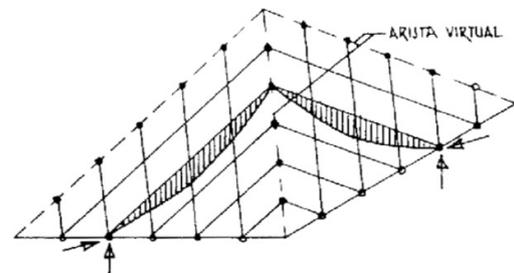


ESQUEMA ESTRUCTURAL:

A diferencia de la tradicional organización estructural de las construcciones en pirámide, en las que los principales elementos estructurales (de mayor sección y sollicitación) son las cuatro aristas y sus apoyos respectivos, Pei y su equipo idearon una solución diferente que consiste en generar a lo largo de toda la base-perímetro de la pirámide cuatro grandes vigas de H^o A^o en donde se producen los apoyos y transformar a las aristas en montantes de las articulaciones de vigas-arco que conforman cada cara.



ESQUEMA TÍPICO

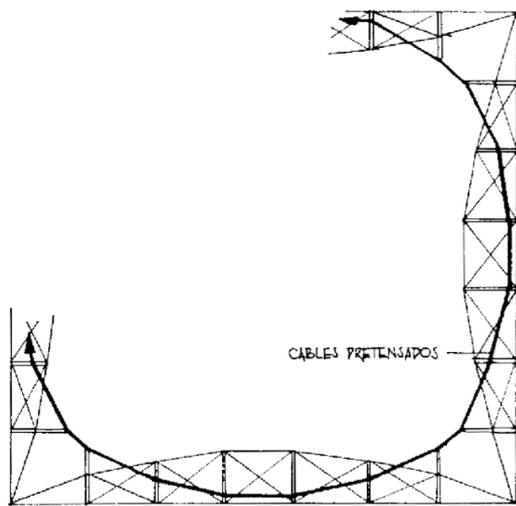


ESQUEMA PEI

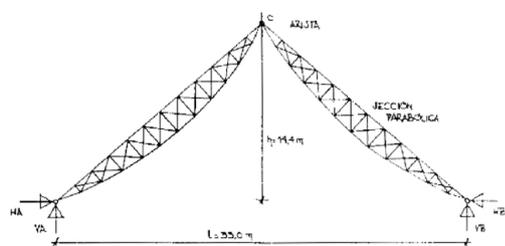
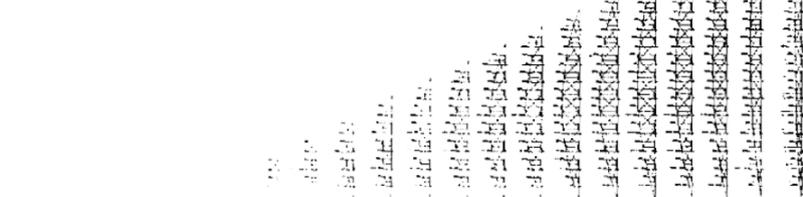
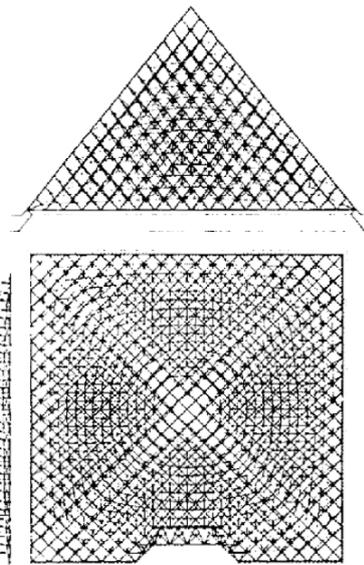
Estructura de 64 arcos triarticulados semejantes (relación luz / flecha constante) que se apoyan en el perímetro de base de la pirámide, se articulan en las aristas y su entrecruzamiento define cada una de las cuatro caras.

Cada cara está compuesta por dos familias de 16 vigas (reticuladas planas, de longitud variable y paralelas entre sí y a las aristas) que se cruzan conformando un entramado espacial. Las vigas reticuladas están compuestas por un cordón superior y montantes verticales de acero inoxidable trabajando a compresión, y un cordón inferior y ambas diagonales materializadas por cables de acero trabajando a tracción.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



La pirámide tiene un sistema de cables rigidizadores (paralelos entre sí y a la base de la misma) cuya función es generar un estado de tracción previa para el caso en que la succión del viento fuese mayor que el peso propio de la estructura.



Todo el peso de la estructura (200 tn.) descansa sobre las vigas perimetrales y no sobre las aristas ya que allí únicamente se dan las articulaciones. La carga es insignificante en relación al total de las acciones que reciben estas vigas (losa de H° A° casetonada $h=90 \text{ cm.}$, sobrecarga de uso, fuentes de agua, peso propio de la viga).

Los empujes de los arcos que se producen en cada articulación por la composición de acciones propias de cada arco también se presentan como una carga uniformemente repartida y no presentan problemas en la estructura debido a su pequeña magnitud y a que las vigas se apoyan en un gran plano resistente constituido por la losa de H° A° que rodea la pirámide.

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

La configuración de la estructura es muy compleja y busca una idea de síntesis, unidad y perfección en los detalles, concordante con todo el proyecto.

Los esfuerzos están distribuidos en una red de barras y cables que evitan las desigualdades dimensionales de una solución convencional. Ninguna pieza de acero de alta resistencia excede los 8 cm. de diámetro. Ellas han recibido como acabado un texturado con granos de acero. El vidrio unifica aún más su aspecto.

El papel expresivo de la estructura metálica, en combinación con la cubierta de cristal, son los utilizados aquí para generar un hito representativo de las posibilidades técnicas de fines del siglo XX, creando un monumento no convencional ya que carece de la solidez de los del pasado, pese a que sí utiliza formas simples de fácil lectura que se destacan en el entorno.

Por este juego de lo tradicional, por el tipo formal e innovador, por el material, Pei logra una refinada y respetuosa inserción en un entorno de gran compromiso en lo que respecta al valor que posee en la memoria colectiva universal.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

Realizar una obra de gran valor expresivo, puesto que estaba dentro del programa de los grandes monumentos que celebran el 2º Centenario de la Revolución Francesa, más allá de que debía dar una solución práctica al acceso del museo más famoso del mundo.

Para ello el arquitecto tuvo una inquietud especial por la perfección del detalle y por el uso de técnicas más sofisticadas, sin dejar de lado la búsqueda totalizadora de la obra única, recurriendo al juego de la



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

geometría y privilegiando las líneas oblicuas, para dinamizar el espacio central, como es su estilo.

El hall por eso se inserta en cuadrado girado 45° en relación a la base de la pirámide de manera que tres de sus ángulos apuntan hacia las entradas principales del museo.

Estas están iluminadas naturalmente por tres pequeñas pirámides que rodean a la principal.

En el espacio interior principal rompe la simetría rígida de la geometría ortogonal, utilizando un elemento escultórico curvo importantísimo, la escalera helicoidal que rodea una plataforma a medio nivel, ubicada hacia la izquierda del acceso, y hacia la derecha sitúa dos escaleras mecánicas, que se unen en un entresuelo a media altura. Juega también en este espacio con valores simbólicos asociados a su rol de base del Palacio del Louvre; para ello utiliza materiales sólidos como el hormigón, incluyendo como revestimientos en algunos sectores piedra de Borgoña, material con el que fuera construido el edificio histórico, para recordar a sus visitantes que es parte del mismo y que se está visitando su fundación, su cuna.





ANÁLISIS DE OBRAS

AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Banco de China, Hong Kong.

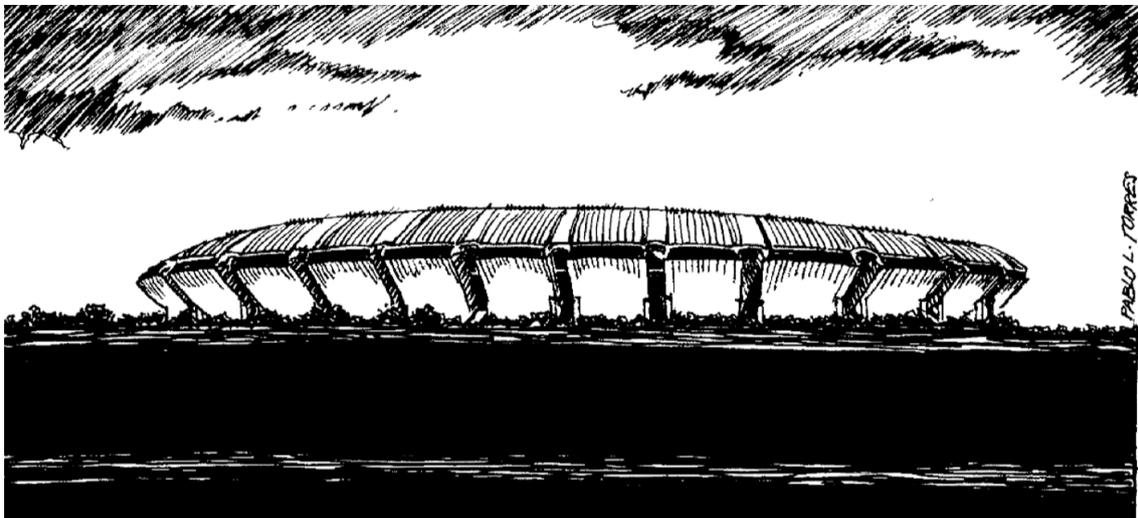
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ESTADIO DE BARI

AUTOR: Renzo Piano y asociados (proyecto) - P. Rice, T. Carfrae Y M. Milán (estructura de la cubierta) - T. Vitone y A. Vitone (estructura de hormigón)

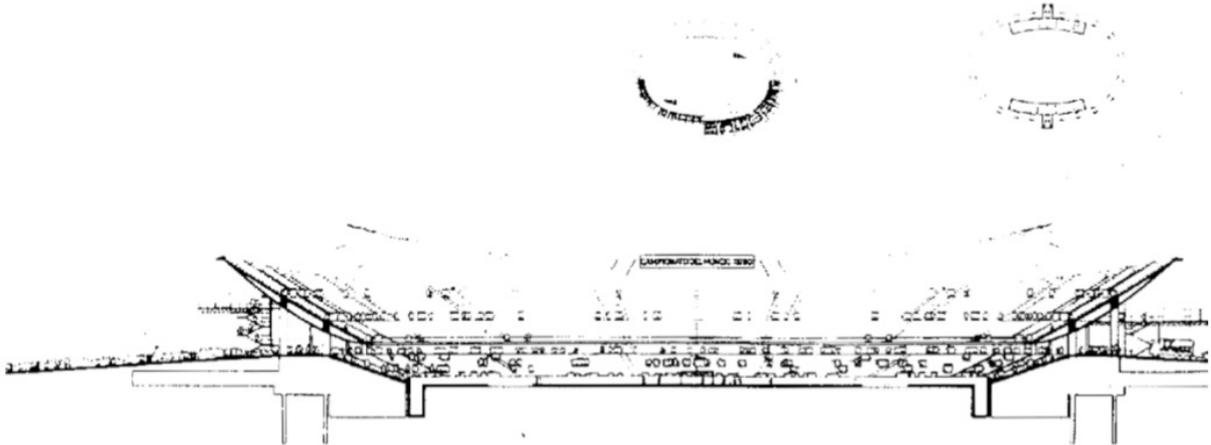
AÑO: 1990

LUGAR: Bari (Italia)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DE PROYECTO:



DESTINO:

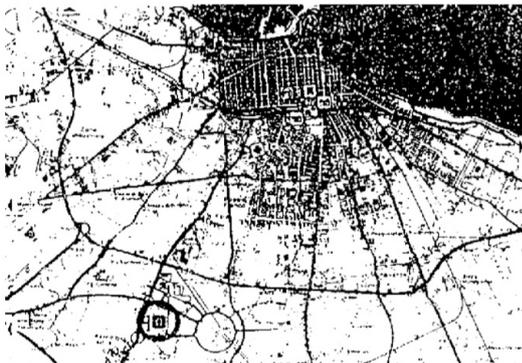
Estadio olímpico realizado en ocasión del Mundial de fútbol del año 1990, cuya sede fue la República de Italia.

Consta de una gran explanada perimetral desde la que se producen los ingresos, graderías superiores e inferiores, y servicios exclusivos para deportistas (vestuarios, gimnasio, camarines, bares, baños, etc.; todos ubicados bajo las graderías superiores).

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

El estadio se ubica en la periferia de Bari (capital de Puglia). La conexión con la ciudad se realiza a través de una autopista que va de Bari a Altamura.

El terreno posee suaves ondulaciones y visuales extendidas sobre el campo de Apulia. Esta ubicación, en un paisaje sereno y clásico, inspiró la concepción del estadio como un "platillo volador" posado sobre la colina.



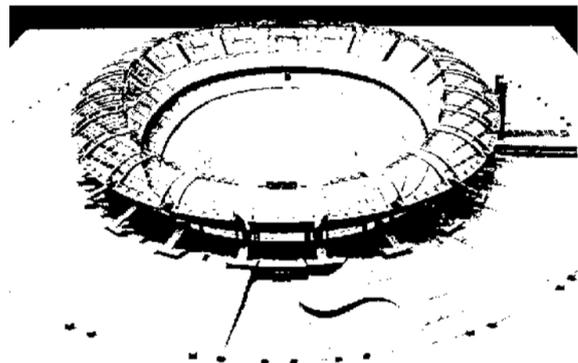
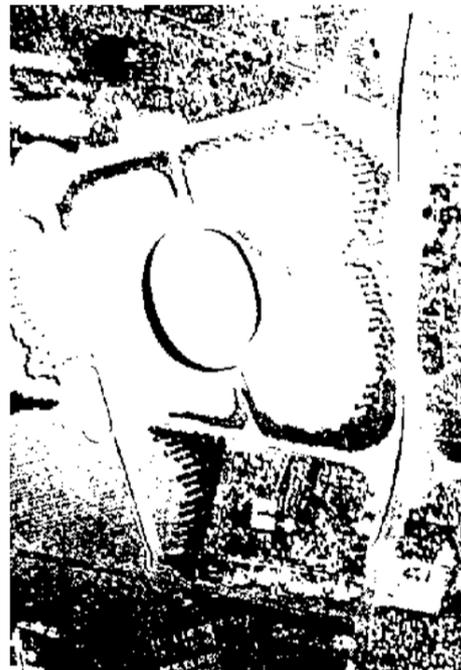
CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

La escala del edificio es enorme, basta considerar que posee una capacidad de 60.000 espectadores. Sin embargo no impresiona como una pesada estructura agresiva del paisaje.

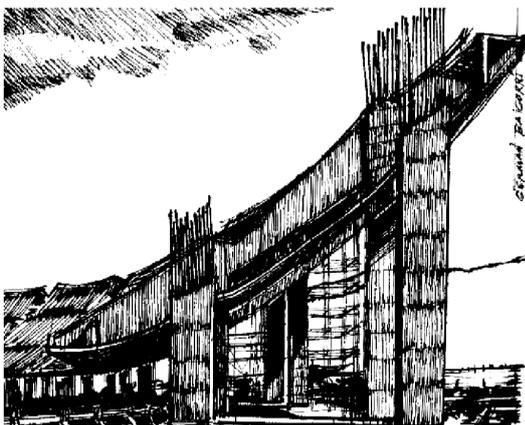
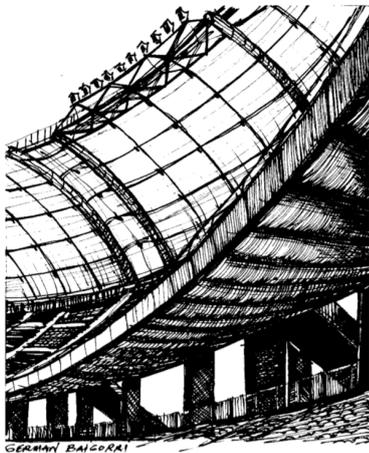
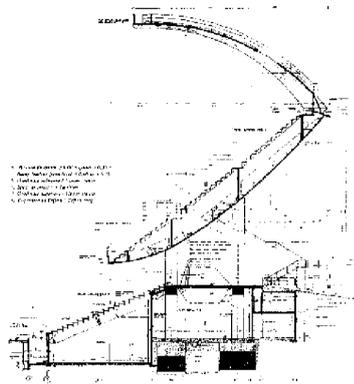
La forma del edificio se compone de tres partes diferenciadas, pero armoniosamente combinadas:
-las gradas inferiores, apoyadas sobre el desnivel natural, formando un primer "cuenco" a modo de un antiguo teatro griego recostado sobre las laderas de las colinas.

-las graderías superiores, estructuralmente robustas pero visualmente ligeras, que dejan libre una franja horizontal de espacio por donde se puede mirar y pasar. Forman un segundo "cuenco", consiguiendo así un efecto de levedad ingravida que es del todo inusitado en este tipo de edificios. La iluminación nocturna contribuye a enfatizar este efecto, puesto que la franja horizontal se ve iluminada en contraste con el resto del edificio, despegándolo del suelo. El anillo de las gradas está dividido, en planta, en 26 secciones separadas y articuladas entre sí por torres de escaleras, sostenidas por pilares sobre los que también descansan grandes costillas en forma de medialuna que soportan las gradas superiores. Estas costillas tienen también el aspecto de pétalos de una flor abierta. Las escaleras no hacen perder fuerza a la idea del platillo volador, sino que ritman a la franja horizontal de vacío.

-la cubierta que hace de "tapa" al borde de los cuencos, con forma semejante a la de las graderías superiores, pero invertida.



“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



ESQUEMA ESTRUCTURAL:

La estructura está formada por tres partes netamente diferenciadas, y a las cuales corresponden tres tecnologías diferentes:

-La cubierta translúcida, formada por una membrana de teflón pretensada y que se encuentra dividida en sucesivos tramos largos y cortos.

-Las grandes ménsulas de acero empotradas en el extremo superior de las tribunas. Las ménsulas llevan en su parte más alta unas vigas reticuladas espaciales de tubos de acero que sirven de soporte a las luminarias del estadio, y en conjunto con las ménsulas forman marcos resistentes a fuerzas horizontales.

-La gradería superior, sostenida por pórticos de hormigón armado in situ, con grandes ménsulas. Las vigas reciben los elementos parcialmente prefabricados de las gradas y unificados con colado en obra.

La idea de ingravidez lleva a Piano a colocar las columnas lo más lejos posible del borde externo de las tribunas, lo que genera momentos negativos en toda la viga; esto es aprovechado con la colocación de la placa de hormigón armado en la parte inferior, que además de resistir los esfuerzos de compresión conforma el límite superior del gran anillo de circulación. Las gradas bajas están formadas por una estructura convencional de pórticos en dos sentidos, hormigonada in situ.

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

Estructura y forma son una unidad, puesto que los elementos resistentes poseen valores plásticos y son los protagonistas de la expresión.

La arquitectura obtenida está definida primordialmente por la técnica.

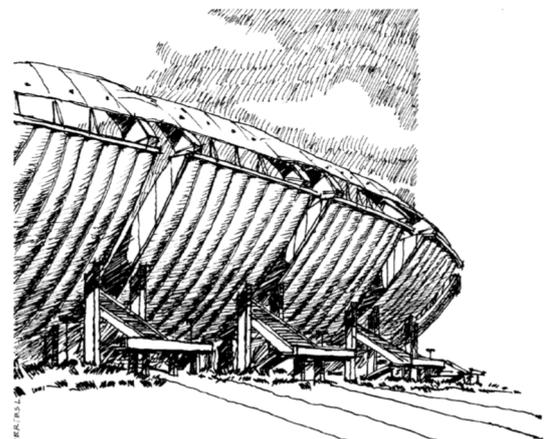
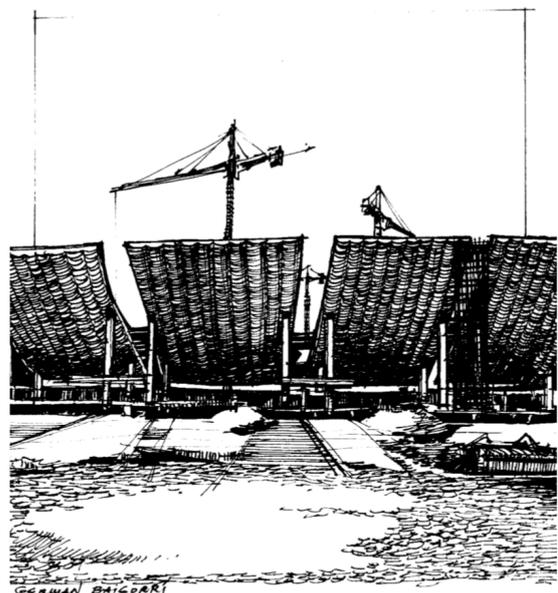


La estructura marca un ritmo de llenos y vacíos que confiere variedad a las fachadas del enorme edificio. Se encuentra modulada en 26 partes con sus respectivos intervalos, lo cual no quiere decir que todas las partes sean iguales; por lo contrario, dada la forma ovalada, los módulos resultan de dos tipos diferentes. Esto no fue impedimento para utilizar la tecnología de la prefabricación (a pie de otra) combinada con fabricación in situ.

La estructura pretende resaltar la levedad, por lo cual se ha recurrido a la utilización de grandes voladizos para las vigas que sostienen las graderías superiores, como indicando que éstas pesan poco o que están flotando.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

- Restar pesadez a un edificio enorme mediante el recurso de producir un vacío bajo las graderías altas, con el doble objetivo de no agredir el entorno campestre y de generar una imagen metafórica de platillo volador.
- Emplear un lenguaje sereno, desprovisto de estridencias.
- Recurrir al ritmo de llenos y vacíos para dar variedad a las fachadas.
- Utilizar la tecnología para dar una imagen de modernidad.
- Combinar diferentes tecnologías siguiendo criterios de racionalidad económica.





AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Renzo Piano es un arquitecto genovés nacido en 1937.

Se diferencia de sus colegas italianos por ser poco afecto al debate teórico. Su obra es atípica en su país, ya que no busca vincularse a las formas heredadas de la tradición ni al contexto formal urbano, a pesar de que conserva un sentido clásico.

Siente de alma la construcción y la ingeniería, y ellas son el punto de partida de sus obras.

Su primer proyecto famoso fue el Centro Pompidou en París (1971) realizado junto a Richard Rogers, “una bravuconada de jovencitos”, según lo ve hoy Piano.

A él le siguieron, ya separado de su socio, la restauración de Schumberger en París (1981 – 84), el Pabellón itinerante de IBM (1982 – 86), el Museo Menil en Houston (1981 – 86), el Aeropuerto Kansai en Osaka (1989) y el estadio de Bari (1987 – 90) entre otras.

Su estudio tiene dos sedes: Génova y París, y está integrado por 50 personas. Trabaja en estrecha relación con sus colaboradores.

Reconoce la influencia que en su formación tuvieron Franco Albino (método, tenacidad y rigurosidad); Jean Prouvé (entusiasmo por la tecnología de punta); Z. S. Makowski (investigación y enseñanza científica).

Características de su diseño:

- Siente una verdadera pasión por la construcción, “el oficio más bello del mundo”.



ANÁLISIS DE OBRAS

- Unión indisoluble entre forma y tecnología y entre disciplina científica y disciplina humanista (la tecnología más avanzada al servicio de la configuración de ambientes mejores para la vida).
- Aparenta formas industriales, aún cuando se trate de piezas elaboradas artesanalmente.
- Búsqueda de soluciones constructivas inspiradas en la naturaleza (no confundir con copias de formas naturales).
- Sostiene que se hace y se piensa al mismo tiempo (hacer implica tanto hacer con las manos como con la computadora)
- Trabaja con elementos repetitivos prefabricados para cada obra, lo que permite renovarlos o depurarlos.
- No posee un estilo único. Cada obra posee su propia expresión.
- Los elementos que se repiten dan escala humana, puesto que son los que la gente reconoce, siente y comprende.
- Intenta crear una arquitectura intemporal.

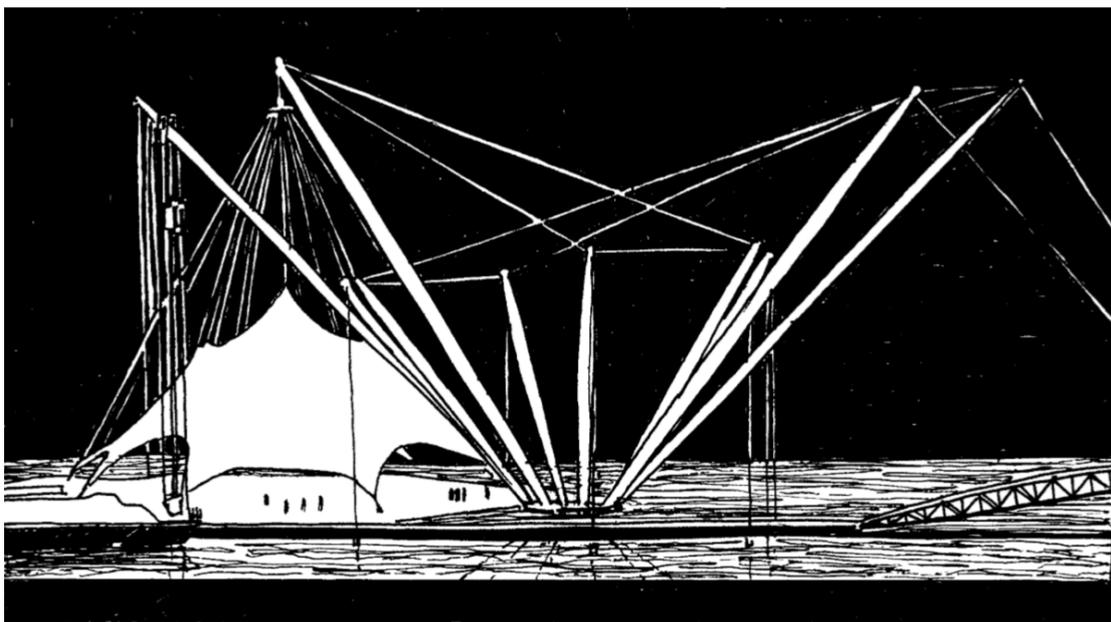
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

EXPOSICIÓN INTERNACIONAL CRISTOBAL COLON

AUTOR: Renzo Piano y asociados - Consultores en estructura: Ove Arup y asociados. En Londres: Peter Rice

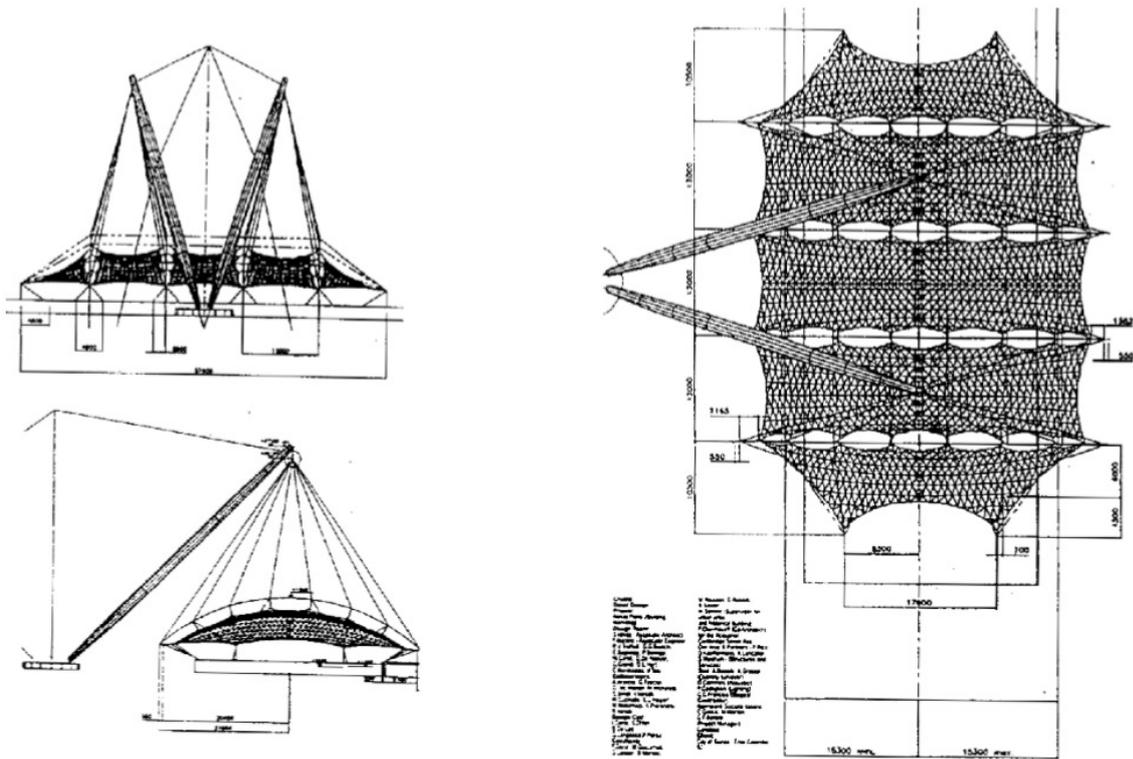
AÑO : 1984 - 92

LUGAR: Génova (Italia)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:



DESTINO:

Monumento a Cristóbal Colón en el V Centenario del Descubrimiento de América. Lugar festivo y polo de rehabilitación del antiguo sector del puerto de Génova, por medio de la ubicación en el sector de un equipamiento útil a la ciudad: refuncionalización de un depósito de algodón como centro de convenciones y de otras instalaciones portuaria, como pabellones de exposición y un acuario.

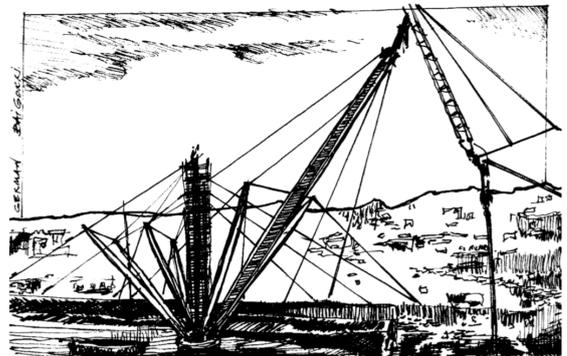
RELACIÓN CON EL ENTORNO:

La exposición para celebrar el V Centenario del Descubrimiento de América fue una ocasión aprovechada por las autoridades de Génova para promover la reestructuración de un lugar muy degradado arquitectónicamente correspondiente a la parte más antigua del puerto.

Génova nunca se ha caracterizado por su vinculación paisajística con el mar: le ha dado desde siempre la espalda, y por eso su puerto carece de valor ambiental. La ciudad hoy está separada de la costa por la barrera de una autopista construida después de la guerra.

El proyecto de Piano intentó recuperar el lugar con carácter festivo, propio de una celebración, incorporando un monumento nuevo en medio de otros edificios antiguos puestos en valor.

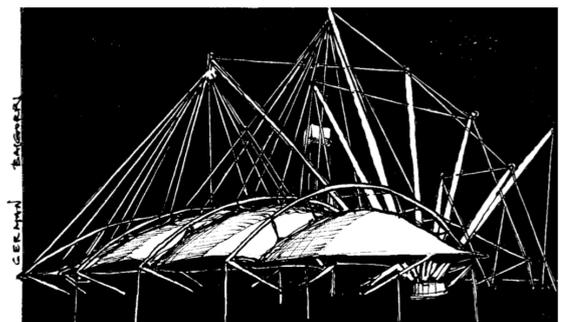
La intervención, aunque parcial, ha logrado sus fines.



CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

El monumento en sí insinúa una gran grúa con sus postes sujetos por cables tensados, que cubre con un techo textil una base flotante ubicada en medio del agua. En el centro hay una torre formada por un mástil que sostiene dos ascensores panorámicos que suben hasta un mirador, y es el principal atractivo del conjunto.

La construcción que se eleva hasta aproximadamente 60 m se complementa con la rehabilitación de un depósito de algodón muy grande y un acuario, entre otras instalaciones.



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ESQUEMA ESTRUCTURAL:

La idea original fue la de realizar una gran cubierta textil en el medio del mar.

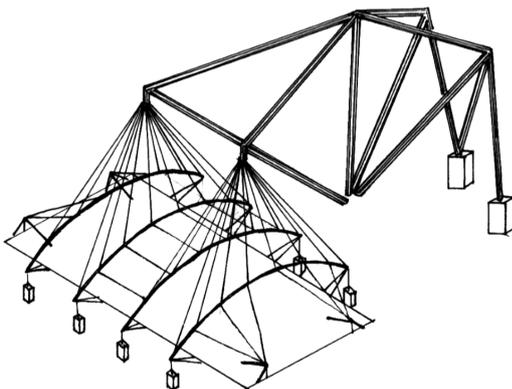
Para ello se concibió a la estructura como una serie de mástiles inclinados emergiendo desde una plataforma, que sostenía una cubierta textil, dos ascensores y un puente.

Luego la idea se va modificando por motivos de racionalidad económica, reduciéndose el número de mástiles (de doce iniciales, se pasa a ocho), colocándose uno central más elevado. Se emplean arcos rígidos como transición entre los cables principales y la cubierta textil y se elimina el puente y uno de los ascensores.

De la punta de los esbeltos mástiles cuelgan cables, algunos de los cuales sujetan arcos metálicos, a razón de dos arcos por cada mástil. Dichos arcos sostienen la membrana textil, que actúa como cubierta del espacio.

Los mástiles trabajan a compresión y están vinculados con tensores, formando una estructura triangulada con un apoyo en la plataforma central y contrapesos constituidos por muertos de hormigón ubicados en su perímetro.

Los arcos están anclados en el mar mediante muertos de hormigón, para mantener estable la forma de la cubierta aún resistiendo las succiones producidas por el viento.



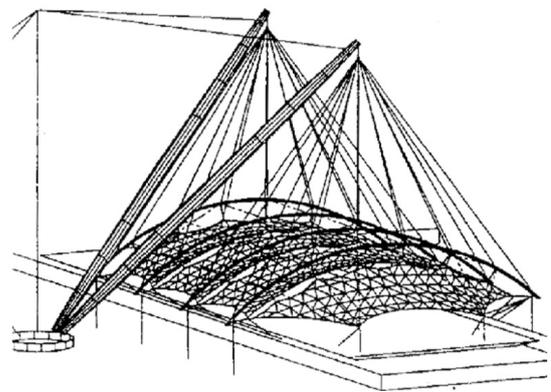
SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

La estructura juega un rol importante en la concepción del objeto arquitectónico, puesto que los mástiles y los tensores son los elementos que dan la expresión al edificio.



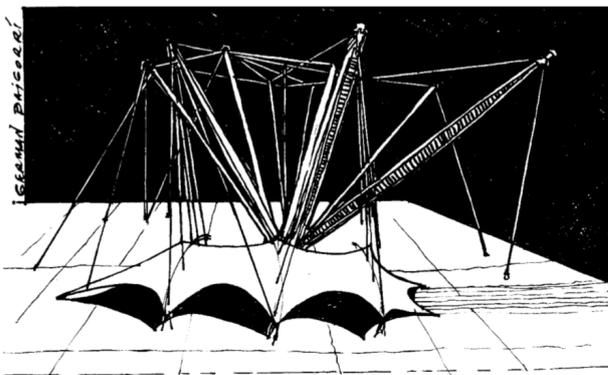
Su utilización se basa en la idea de realizar un monumento para Génova cuna de Cristóbal Colón, con una recreación de las carabelas empleadas en el viaje a América (con sus mástiles, cuerdas y velas tensadas) que por su gran altura se los visualiza desde lejos.

La ligereza de la tela utilizada como cubierta es también una imagen de lo efímero del edificio destinado a una exposición.



INTENCIONES DEL PROYECTO:

Emplear mástiles como elementos significativos, por su vinculación a los navíos y sus volúmenes, como símbolo de Génova, la gran ciudad portuaria de todos los tiempos, y como homenaje a su navegante más ilustre: Cristóbal Colón. Usar piezas esbeltas, tensores y un ligero techo de teflón, símbolos de la alta tecnología actual. Crear una pieza singular utilizando elementos ligeros de metal y tela suspendida, que se equilibren en un juego sutil de tensión, y que muestren un diseño que aúne arquitectura e ingeniería y amor por el mar. Poner el acento en la exquisitez de los detalles de las uniones, más que en el diseño de cada pieza en sí.



AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Estadio de Bari

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

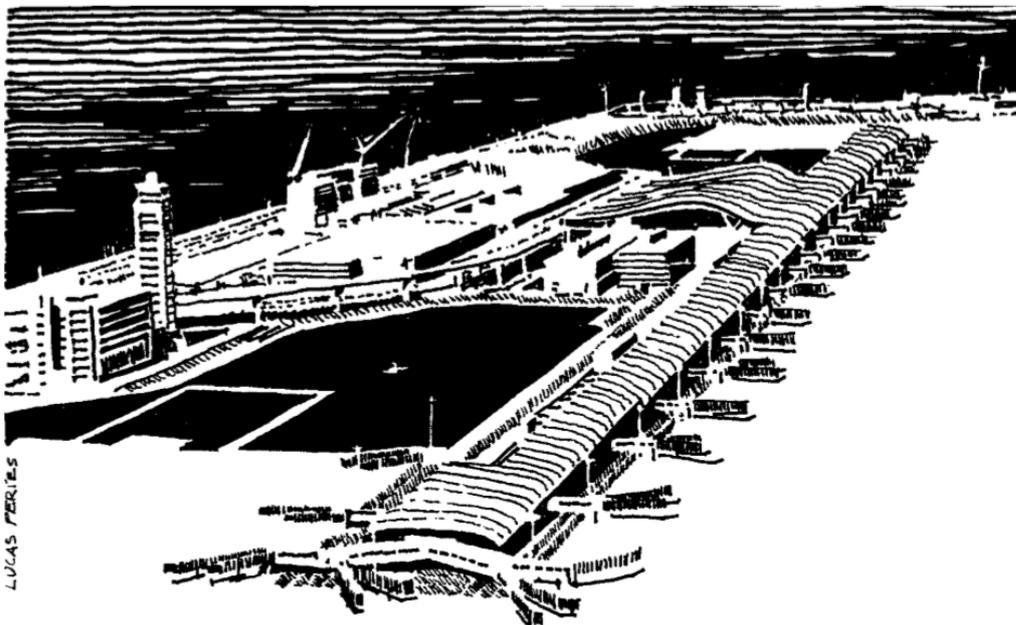
AEROPUERTO KANSAI

AUTOR: Renzo Piano.

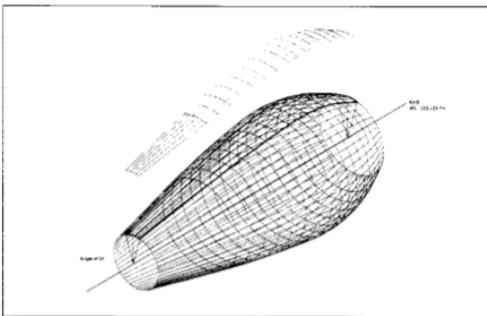
AÑO : 1988- 1994

LUGAR: Osaka, Japón.

ESTRUCTURA: Peter Rice, Tom Baker (del estudio Ove Arup)

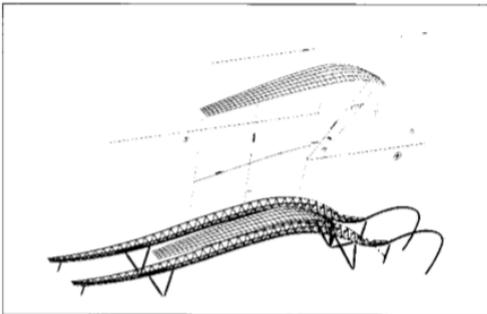


“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

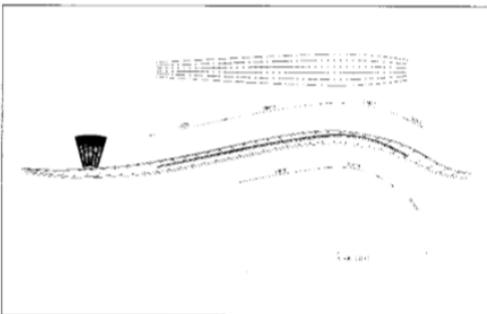


SISTEMA ESTRUCTURAL:

Para enfrentar esta escala, se trata del edificio de mayor longitud del mundo, se optó por formas simples: dos alas y un cuerpo principal que dan respuesta a los requerimientos funcionales y de acondicionamiento ambiental.



El análisis de los esfuerzos fue determinante para la configuración de las estructuras de las alas laterales del conjunto. En cambio, la definición de la forma del cuerpo central se adaptó a las exigencias del movimiento natural del aire acondicionado, como factor prioritario.

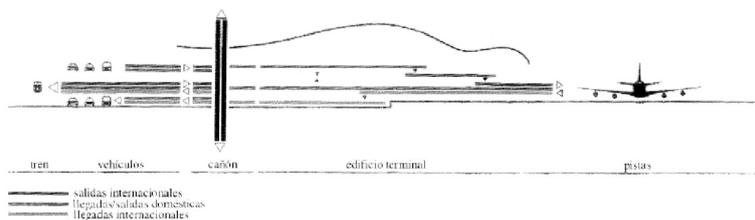


El aire acondicionado circula en este recinto naturalmente sin necesidad de canalizaciones, evitando las habituales turbulencias, dado que previo a la configuración del diseño, los expertos en mecánica de los fluidos fijaron pautas de eficiencia al proyectista que estaba dispuesto a tomarlas como determinantes de las formas.

El flujo de aire es guiado por medio de láminas de teflón colgantes de una cubierta ondulada, láminas que además cumplen la función de superficies reflejantes de la iluminación.

Los métodos informáticos fueron desde el inicio del proyecto instrumentos imprescindibles para la toma de decisiones, ya se tratara de la representación gráfica, de las modificaciones que se fueron introduciendo, o de los cálculos técnicos.

Geometría de la sección según requerimientos para la conducción del aire.

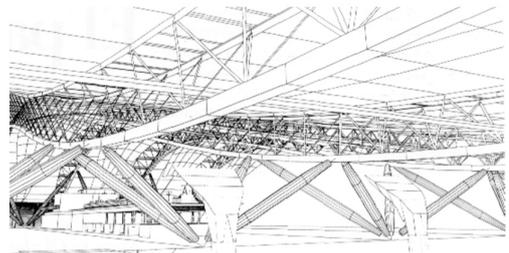


Corte esquemático a través del hall de acceso.



COMPONENTES ESTRUCTURALES Y EXPRESIÓN ESCALA. CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y CRECIMIENTO.

Se trata de un edificio de 1,7 Km de largo ubicado frente a una isla artificial frente a Osaka. Paradójicamente, su novedad, su actualidad hacen referencia a los grandes espacios de exposiciones del siglo XIX.



Vestíbulo de salida. Perspectiva.

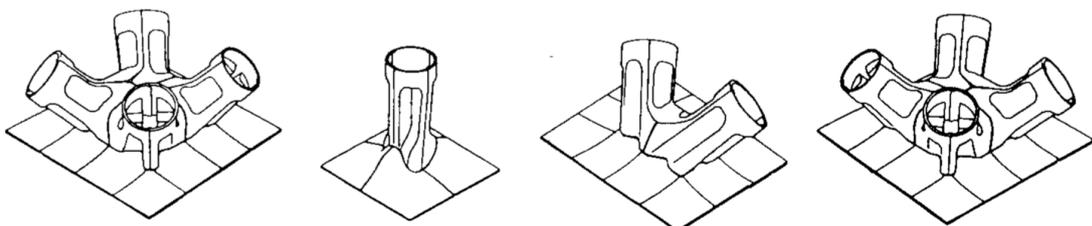
Un proceso de ajuste de la forma, de perfeccionamiento estético y funcional del conjunto caracterizan la manera de proyectar de Piano.

El propio desafío consistía en lograr continuidad espacial entre los tres elementos constitutivos del conjunto, una forma perfecta y un todo eficiente.

La computadora y un equipo de expertos relevantes lo apoyaron en el emprendimiento.

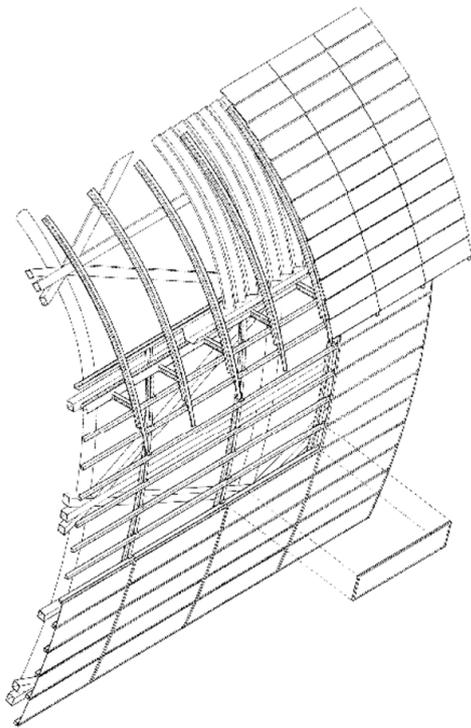
Ubicándose en el interior, la continuidad espacial se vive desde todos los niveles donde se superponen llegadas y salidas de viajeros y pisos de servicios. No obstante la percepción más abarcante y rica se logra desde el tercer nivel, el de las partidas, cuando se mira a lo largo de las alas del conjunto.

La visión en perspectiva ritmada por los elementos estructurales, crea un verdadero "paisaje de la geometría", según lo define Luis Fernández Galeano. Esa visión fuerza la mirada sin alcanzar el final.



Detalles de uniones de las piezas estructurales y su configuración como piezas escultóricas.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



Si se considera el todo desde el exterior su configuración responde a un sector toroidal de radio 16,4 Km, con centro virtual en la profundidad del océano.

Maquetas virtuales primero y maquetas reales luego, permitieron manejar, modificar y perfeccionar las formas. En muchos casos se emplearon maquetas en escala uno en uno, cuando se trató de estudiar partes significativas y prototipos y cuando se requirieron ensayos en piezas o modelos reales de fabricación.

Esta manera de trabajar pone en evidencia la personalidad de Piano, que aborda al mismo tiempo con atención esmerada las partes, lo macro y el detalle, que domina con refinamiento los espacios de gran escala y la sutileza y belleza de piezas pequeñas y encuentros.

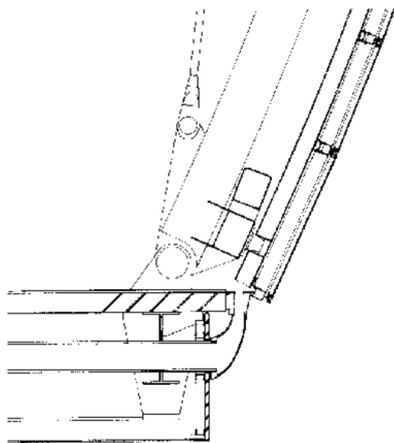
LÍMITES. SU MATERIALIZACIÓN

El espacio se creó como un todo fundiendo estructura, tecnología del acondicionamiento ambiental y envoltivo, según una geometría radicalmente repetitiva.

A partir de ella se elaboraron los detalles y las piezas.

Empleando un proceso de diseño estructural totalmente inédito, se partió de la envoltiva del espacio interior continuo para recién luego dar forma a la estructura.

En unas fachadas de vidrio que por su magnitud requerían de estructuras propias, se incorporó como componente básico la tolerancia constructiva, que en combinación con paneles exactamente iguales y perfectos en sus dimensiones, brindaron una variación sutil a las superficies. De otro modo estas inmensas áreas vidriadas resultarían muy monótonas.



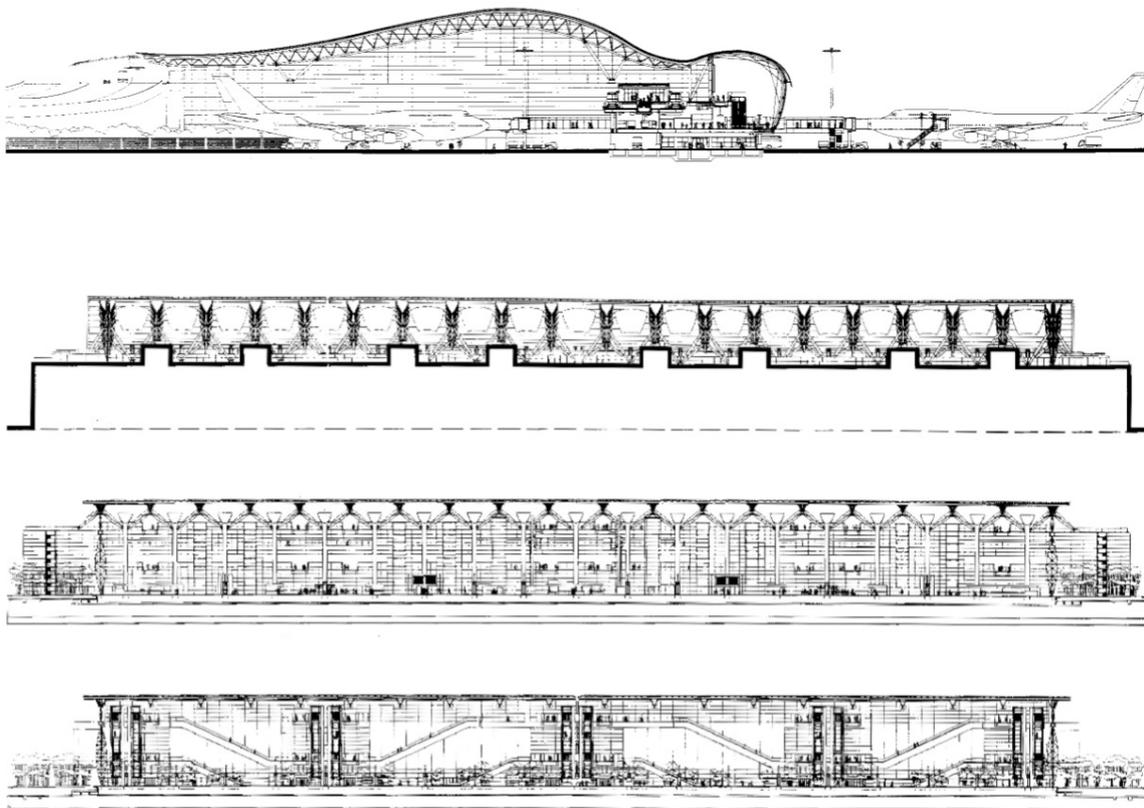
Detalles constructivos de la fachada hacia las pistas.



Otro tanto ocurre con la cubierta metálica, conformada de paneles de acero inoxidable de 1,80 m por 0,60 m con una junta de tolerancia entre paneles del orden de 5 mm.

LA LUZ.

Naves luminosas son comunes a todos los grandes espacios resueltos con estructuras metálicas esbeltas y cerradas con vidrios. Esta es una constante desde el siglo XIX y no escapa a ella el aeropuerto de Kansai.



Secciones transversales por el vestíbulo principal y por el cañón hacia las pistas.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

ANÁLISIS CRÍTICO.

Parecería que a fines del siglo XX se ha vuelto la mirada con nostalgia a las un tanto olvidadas obras paradigmáticas de los grandes espacios del siglo XIX: el Crystal Palace de Paxton, la Biblioteca Nacional de París de Henri Labrouste, el Salón de las Máquinas de la Exposición de París de 1889.

Esta búsqueda espacial, tal vez trunca entonces, donde la estructura jugaba un rol protagónico y donde la referencia a la escala humana se hacía a través de la dimensión de los componentes con su cuidado diseño de los detalles, son hoy nuevamente inquietud de arquitectos como Piano.

La racionalidad en el diseño de los elementos de las envolventes, la audaz lógica estructural, la creación de ambientes donde se desmaterializan los límites enfatizando la transparencia y la fluidez, característicos de los espacios inmensos del siglo XIX, ejercieron un fascinante atractivo sobre los arquitectos tecnólogos del mundo de fines del siglo XX.

En Kansai, otro aspecto destacado sobre el que conviene detenerse es en el manejo que Piano hace de la gran escala.

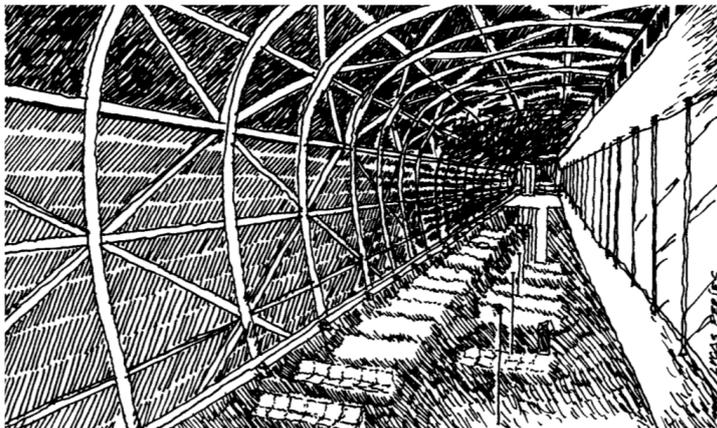
A través de la multiplicación reiterativa de las articulaciones y de la tolerancia en las juntas produce variaciones evitando la monotonía, pero fundamentalmente recuperando la relación armónica con el hombre. Sus obras pueden ser muy grandes, como en el caso de Kansai, pero no dan la impresión de desmesura.

Tal vez otra característica de esta obra sea que aparece como un pabellón ligero de vida limitada, como si estuviera previsto levantarlo al finalizar una exposición y trasladarlo a otro sitio. Y, ¿no será éste el destino del aeropuerto, cuya vigencia está pensada



para aproximadamente quince años? La escala, entonces, no es suficiente para crear monumentos hoy y debe estar acompañada de la perdurabilidad que aquí está en discusión.

Por lo que se puede concluir, Kansai y todas las grandes obras de fines del siglo XX no gozarán según este criterio de la categoría de monumento, porque les falta esa proyección al futuro, esa capacidad de trascender, esa perdurabilidad material de las obras singulares del pasado. O, ¿se está en presencia de un cambio de paradigma en este mundo mediático y la trascendencia sólo estará asociada al recuerdo, a la memoria en imágenes de los acontecimientos pasados?



Vestíbulo de vuelo.

AUTOR - CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Ver análisis del Estadio de Bari

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

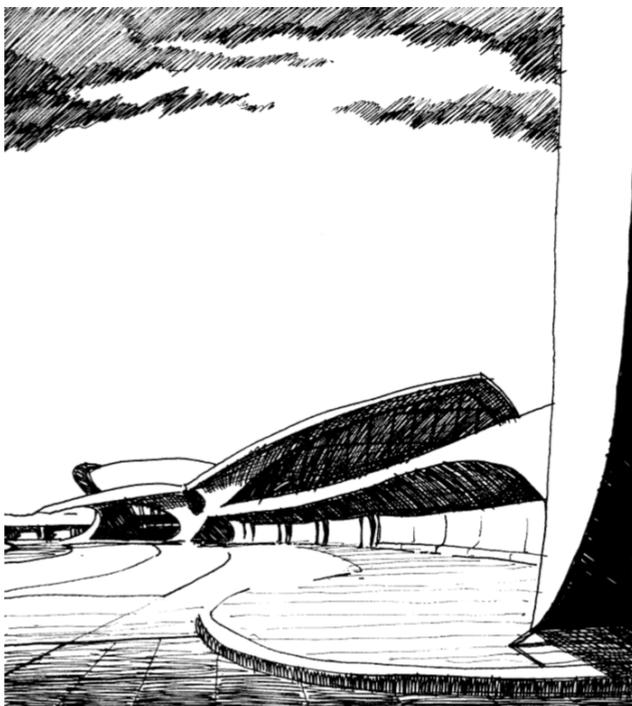
T. W. A.

TERMINAL AEREA EN AEROPUERTO J. F. KENNEDY

AUTOR: Eero Saarinen y Asociados

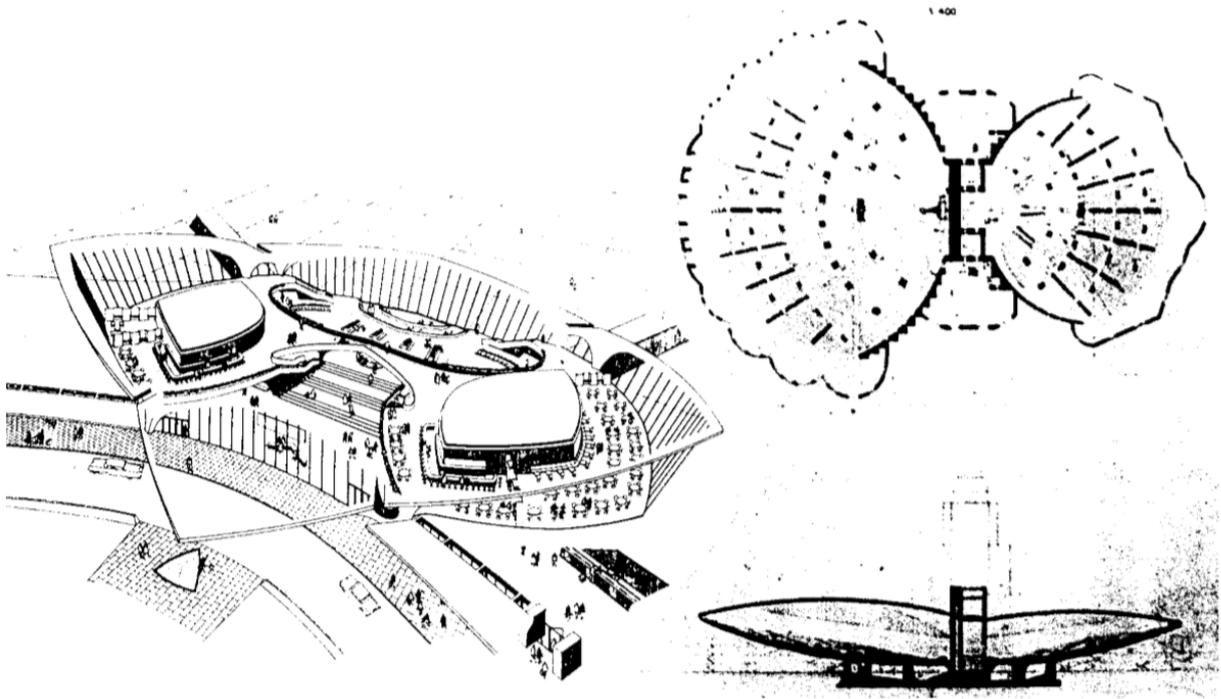
AÑO: 1956-59

LUGAR: Nueva York (Estados Unidos)



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

LEGAJO DEL PROYECTO:

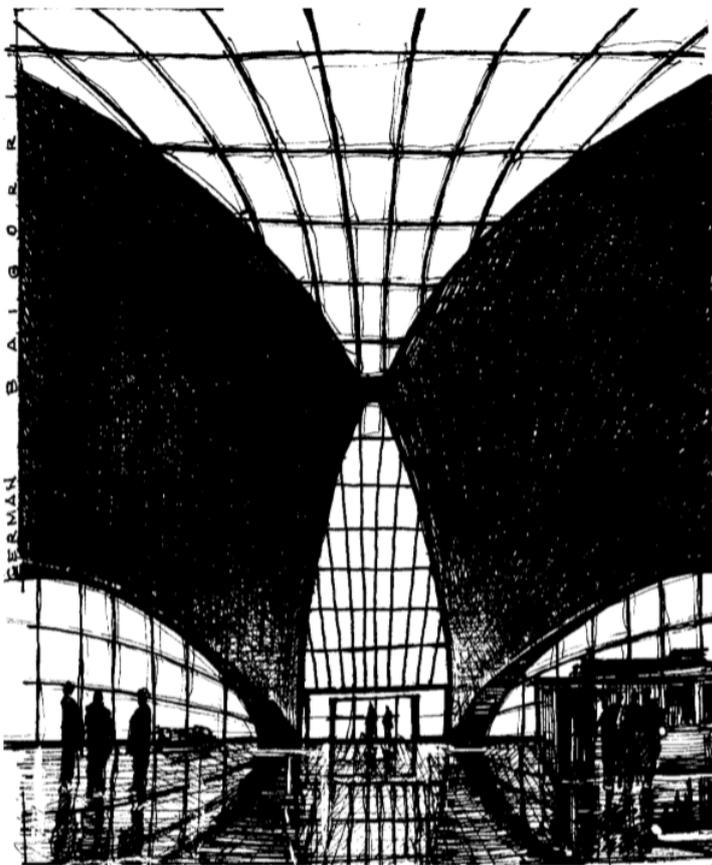


DESTINO:

Terminal de pasajeros de la empresa Trans World Airways en el Aeropuerto Internacional de Nueva York, John Fitzgerald Kennedy

RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Ubicado entre otras terminales, sus formas singulares pierden valor y no se destacan como podría esperarse sobre otras más neutras que la rodean. La visión del conjunto de terminales de este aeropuerto produce la sensación de competencia entre empresas, expresada en sus sedes como obras en conflicto formal y como una falta de interés por integrarse en una totalidad unitaria o armónica.



CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

Cuatro sectores cupulares, no circulares, ni iguales entre sí, convergen en un punto configurando un conjunto que se percibe como un espécimen zoomórfico que quiere volar.

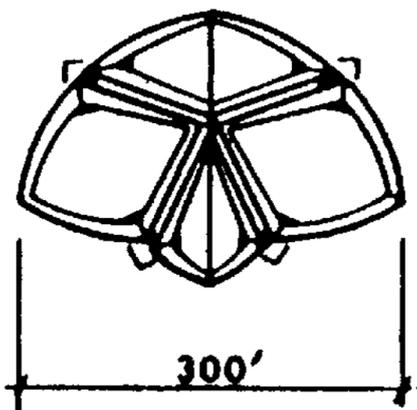
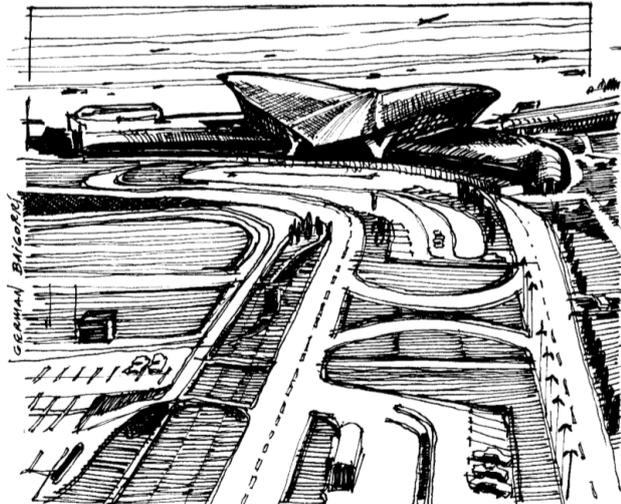
Fuertes vigas en los bordes de las bóvedas fueron protagonistas esenciales que permitieron materializar la imaginación del arquitecto-escultor.

Los apoyos de este techo lo constituyen cuatro pilares, modelados y curvados elegantemente en complejas Y.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Para lograr un mayor dinamismo formal y espacial, se exageraron sus inclinaciones hacia los bordes de cada sector. Una raja de luz cenital en sus encuentros, sumados a la plasticidad de los pilares refuerzan el sentido de ingravidez y vuelo.

Las formas curvas caracterizan el diseño tanto del espacio como del equipamiento.



ESQUEMA ESTRUCTURAL:

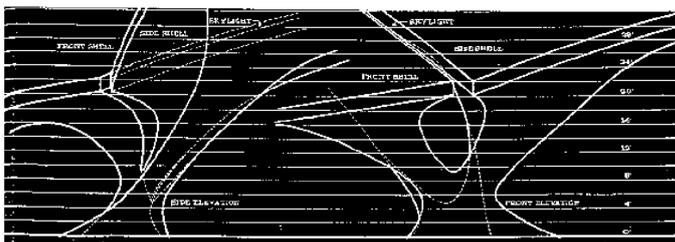
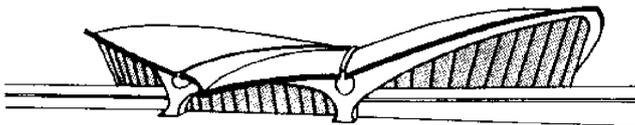
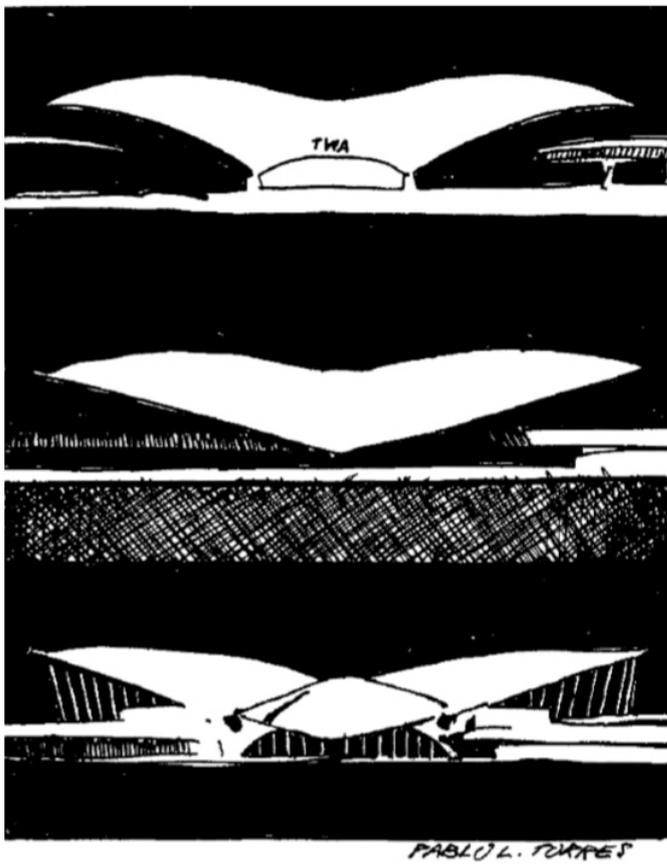
Se trata de un sistema de cáscaras de hormigón armado, de formas geométricas relativamente libres. Apoyan en todo su contorno en poderosos arcos gausos.

La transición de los arcos a los cuatro puntos de apoyo se hace con curvas continuas.

Los empujes horizontales de este tipo de estructuras se compensan con tensores incluidos en el nivel de la losa de piso.



ANÁLISIS DE OBRAS



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

SIGNIFICADO DE LA ESTRUCTURA EN LA OBRA:

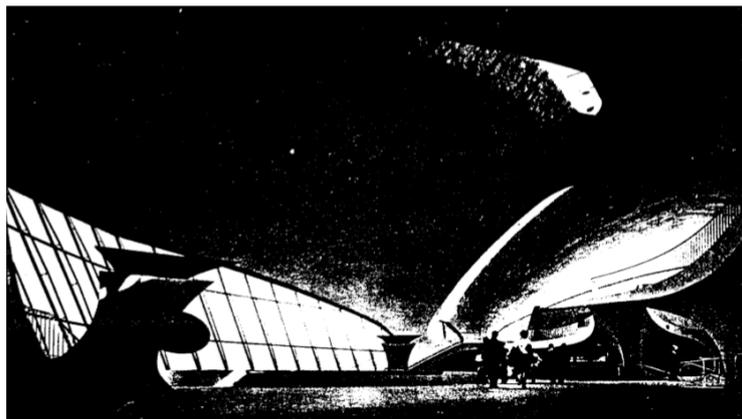
Insinúa una expresividad estructural que no es real. La estructura debe forzarse para responder a la voluntad formal escultórica de su autor.

La metáfora del pájaro en vuelo fue el punto de partida para generar una escultura-arquitectura de mucho valor tanto exterior como interior, que repite una constante en la obra de Eero Saarinen: su interés en impactar por medio de la corporización poética de la función del edificio.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

Crear un nuevo y atractivo ámbito, diferente del monótono y anónimo al que habitualmente habían acostumbrado las estaciones aéreas.

Calificar el espacio interior y hacerlo acogedor, complementándolo con equipamiento innovador y colorido, diseñado ex profeso por el mismo arquitecto en íntima relación con el diseño total.



AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Eero Saarinen (1910-61) Arquitecto finlandés por nacimiento pero norteamericano por su lugar de residencia y ejercicio de la profesión. Su formación incluye no sólo los estudios específicos de arquitecto en la Universidad de Yale, sino también escultura en Francia.



Trabajó en el estudio de su padre, Eliel Saarinen, en Ann Arbor, hasta 1950, en que abre su propia oficina en Birmingham. A partir de entonces inicia una carrera destacada ganando premios y concursos en obras como el arco parabólico de 192 m de la Jefferson National Memorial de St. Louis, de hormigón recubierto de acero inoxidable (1949); el edificio de la General Motors en Warren, Michigan (1949-56), de lenguaje estilo Mies Van der Rohe, pero más colorido y variado en escala.

Luego inicia una línea de obras más expresionistas entre las que destacamos: el discutido Kresge Auditorio del M.I.T. (1953-55); la bellísima Capilla en forma de cilindro de ladrillos del mismo Campus; las escultóricas salas de patinaje sobre hielo Ingalls de la Universidad de Yale en New Haven (1953-59) y la T.W.A en el Aeropuerto J.F.Kennedy en Nueva York (1956-62). Merecen mencionarse además el Aeropuerto John Foster Dulles en Washington (1958-62) con su techo colgante cubriendo una nave única, el edificio John Deere Center en Illinois (1957-63) y los contextualistas y románticos nostálgicos dormitorios Stiles y Morse en la Universidad de Yale.

Es característica de Saarinen su actitud ecléctica, brindando una expresión original a cada obra diferente a las de muchos de los arquitectos de la época que adherían al Movimiento Moderno. En este sentido podría considerarse un precursor del postmoderno y un arquitecto cuyo estilo es el multiestilo.

Tampoco su obra refleja un interés especial por la eficiencia estructural. La forma atractiva, cobijo de ricos espacios es la protagonista en sus obras y la estructura se subordina, no importa por qué medios, a sostenerla.

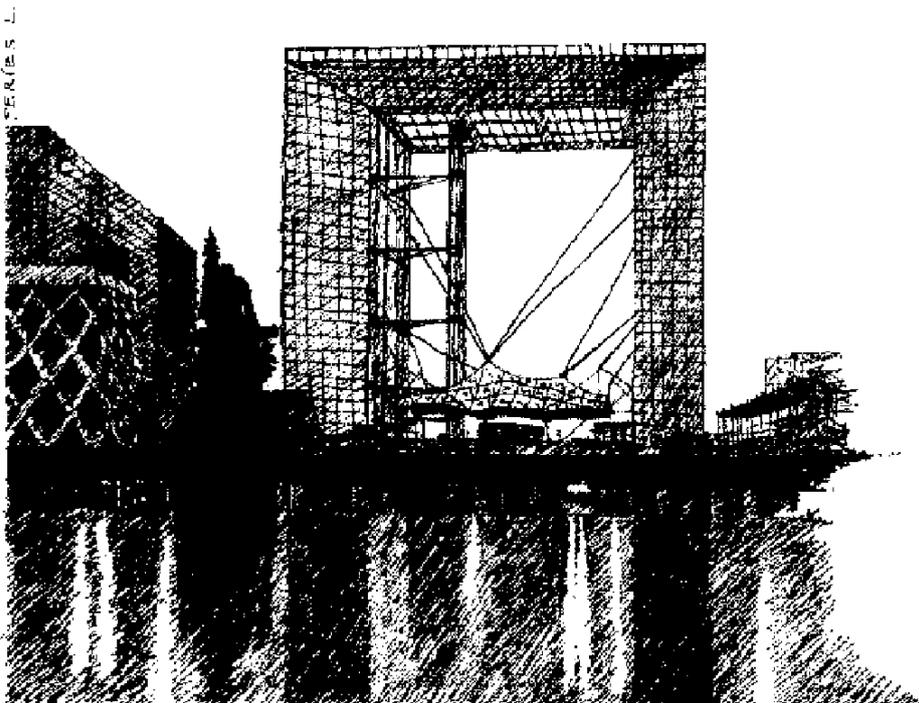
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

TÊTE DÉFENSE

AUTOR: Arq. John Otto von Spreckelsen + Arq. Paul Andreu

AÑO : 1983-89

LUGAR: París (Francia)





RELACIÓN CON EL ENTORNO:

Existen dos escalas de relaciones:

1) Con el entorno inmediato: La Défense es un lugar excepcionalmente complejo, destinado a grandes edificios de la actividad terciaria y cuaternaria, erigidos desde 1960 que erizan el skyline parisino. El Arco debía ser un hito significativo entre ellos y dar una imagen de majestuosidad al conjunto.

El diseño debía contemplar la red de infraestructura de líneas de trenes subterráneos y carreteras que pasan por su subsuelo, creando limitaciones precisas a la implantación y las posibilidades de fundación.

2) A la escala de la ciudad: Debía jugar un papel activo en una ciudad rica en signos y símbolos. Debía relacionarse con las creaciones arquitectónicas del pasado y subrayar el vínculo geométrico y conceptual del eje de siete kilómetros imaginado por Le Nôtre en el siglo XVII: Palacio del Louvre, Arco del Carrousel, Obelisco de la Concordia, Arco de Triunfo, y Arco de la Défense como culminación de este eje monumental. Von Spreckelsen acude para ello a la referencia tipológica del arco de gran escala, sobre explanada libre, logrando ampliamente sus propósitos.

CONFIGURACIÓN Y ESCALA:

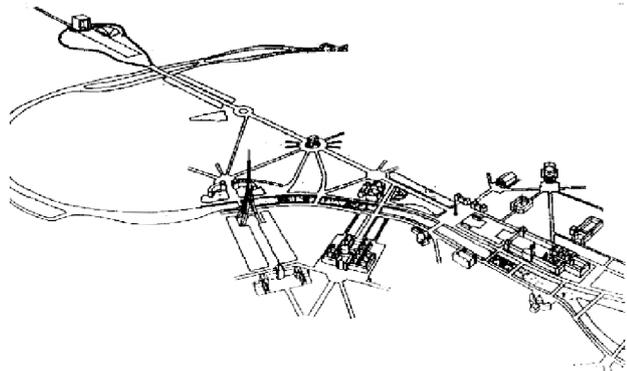
Su originalidad radica en su monumentalidad, lograda por su escala, su forma geométrica simple materializada como un cubo de aproximadamente 100 m de lado, por su posición destacada en el eje histórico, por la elección de los materiales ricos como mármol de Carrara y cristales y en fin, por las proezas técnicas que significaron la concreción de una obra de su magnitud; y cuyos alcances van desde los recursos estudiados para la resolución estructural, muy bella aunque no se ve; a la exquisitez de los detalles, como por ejemplo el nivelado de los cristales en una superficie sin alabear.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La volumetría del cubo es perfecta y hermosa, desde cualquier punto de vista que se la mire: lejos, cerca, como conjunto desde el aire.

La rotación de 6,5° respecto al eje histórico, igual que el Pabellón Sully del Louvre, el otro polo opuesto, contrabalancea la estabilidad única de este cuerpo perfecto, enriqueciendo la perspectiva.

Las nubes de los techos tensados, materializados por Peter Rice, juegan como un toque festivo a escala del hombre en este espacio que pareciera concebido de otro modo a una escala de perfección geométrica abstracta sin la presencia humana.



ESQUEMA ESTRUCTURAL:

La estructura de la torre está concebida como un gran marco tridimensional, formado por una serie de cuatro pórticos estabilizados lateralmente con pórticos y vigas transversales

Estos cuatro marcos están formados por una megaestructura (cuyo módulo es de 21 m) y apoyan a través de unas planchas de neopreno sobre ocho pilotes con capitel. Estas fundaciones estaban muy comprometidas en cuanto a su ubicación por la presencia de galerías subterráneas pertenecientes al sistema de transporte.

Los elementos estructurales más sobresalientes son las dos grandes losas habitables de 70 m de luz libre (110 m de longitud total) y 20 m de voladizo en los frentes.

Sobre cada una de estas losas cargan dos niveles de entrepiso.

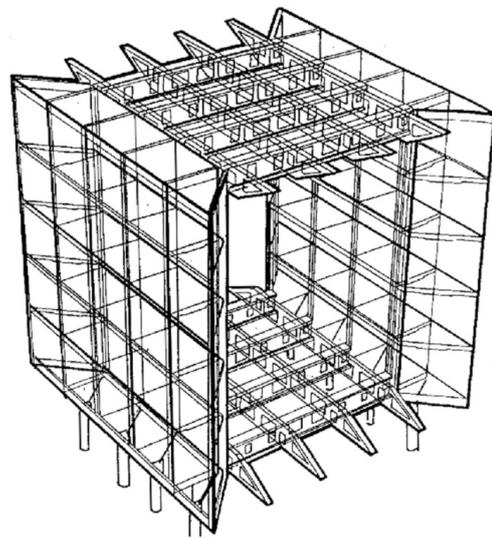
Las losas están formadas por un emparrillado de vigas doble T que apoyan en uno de los sentidos.

Para hacer posible su construcción tuvo que recurrirse a resistencias del hormigón del orden de los 600 Kg / cm², y al diseño de grandes secciones (la altura de estas vigas es de 9 m).

$l = 70 \text{ m}$

$h = 9 \text{ m}$

$h / l = 1 / 8$

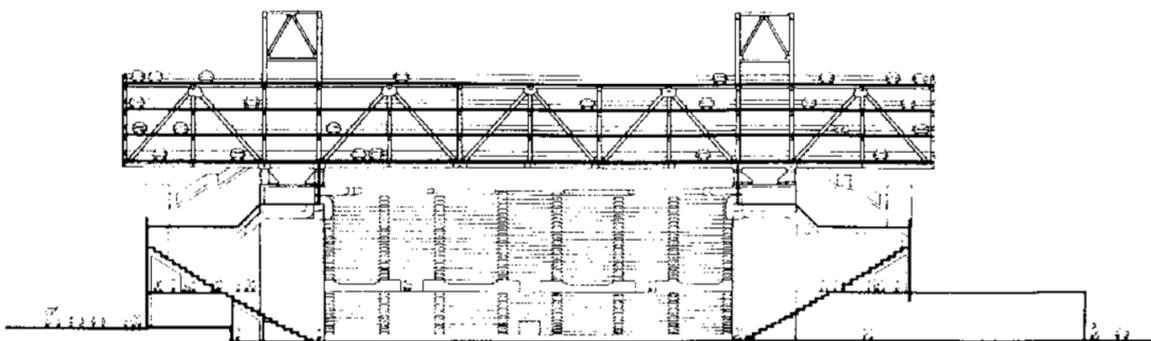


Comparando la Tête Défense con el edificio Arena de New Haven, diseñado por Kevin Roche, hallamos algunas semejanzas: también en este caso se trata de una estructura que salva grandes luces (65 m) con vigas habitables (reticuladas); pero ellas están sometidas a grandes cargas debido a cuatro niveles de estacionamientos. Debido a esto su altura relativa es mayor.

$l = 65 \text{ m}$

$h = 11 \text{ m}$

$h / l = 1 / 6$



“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Presentó problemas de dos tipos: uno ingenieril, que requería soluciones muy complejas que debieron ser encaradas por ingenieros con mayor experiencia en resoluciones analíticas, y otro propio de la construcción de edificios, más simples pero más diversos, que debían encararse con una visión de síntesis propia de los arquitectos.

INTENCIONES DEL PROYECTO:

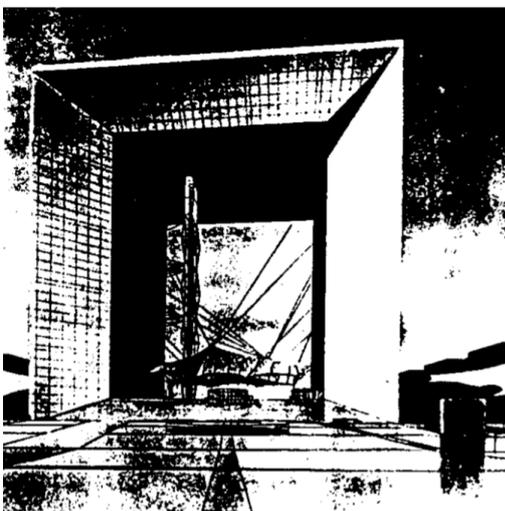
Crear un monumento perdurable por su belleza y significado.

Trabajar con la perfección de la geometría del cubo. Respondiendo a las leyes simples de modulación en paneles cuadrados de 21 x 21 m , enmarcados por bandas de mármol, enfatizando una voluntad ordenadora.

Crear un polo final digno del eje histórico de la ciudad de París, que fuera a la vez un testimonio de fines del siglo XX.

Ordenar el paisaje urbano de La Défense con una presencia majestuosa. Jugar con la escala monumental en relación a la ciudad y a la vez en el sitio, con referentes a la escala humana por medio de las “nubes” tensadas del techo festivo en contraste con el rigor abstracto de la forma del cubo.

Usar materiales ricos y perdurables, y detalles de construcción refinados como símbolo de uno de los atributos inherentes al monumento. Hacer referencias históricas como el uso del arco por su carga significativa.



AUTOR – CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

John Otto von Spreckelsen (1929-1987) es un arquitecto danés que alternó su trabajo profesional con la docencia universitaria.



Ganó el Concurso internacional de la Tête Défense en 1983, proyectándose desde entonces al escenario internacional.

Estuvo a cargo de la obra hasta 1986 en que renuncia. Muere en 1987.

Su obra, la más importante dirigida al proyecto de iglesias en su país, como la Stavsholt en Farum (1982) La Vangede en Copenhague (1974), Sankt Nikolaj en Hvidovre, Copenhague (1960), Sankt Nikolaj en Espjerg, Jutland (1969), se caracterizan por:

- La belleza de sus volúmenes y el interés por las geometrías simples.
 - Perfecta realización de los detalles y terminaciones.
 - Búsquedas e investigaciones sobre las envolventes y efectos de la luz sobre las mismas.
 - Elección de materiales sobrios y de colores refinados.
 - Proporciones armoniosas de espacios interiores y exteriores.
 - Interés por vincular la obra con su entorno.
 - Un gran conocimiento de la historia del arte y la arquitectura, que se pone en evidencia en las referencias significativas que hace sobre obras y tipos del pasado .
 - La influencia que en su formación ejerció Louis Kahn y la admiración que profesaba por Alvar Aalto
- Facilidad para trabajar en equipos con colaboradores de otras especialidades y discípulos.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

UN CASO SINGULAR, LA OBRA DE ELADIO DIESTE

SÉPTIMO CAPÍTULO

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

EL PERSONAJE Y SU MEDIO

En los albores del siglo XXI superpoblado de teóricos agoreros fantasiosos, intoxicados de ciencia ficción que anticipan una arquitectura móvil, efímera, atectónica, los problemas de la arquitectura que se construye en la realidad latinoamericana, se presentan por el momento, similares a los de todas las épocas.

Sería no agregar nada a todo lo dicho y escrito el destacar la obvia relación que la arquitectura debe lograr con las posibilidades tecnológicas actuales, su rol de configuradora de espacios protectores del hombre y posibilitantes de su realización material y espiritual, insertándose sabiamente en el ambiente circundante. Sin embargo, con estos mismos principios se pueden hacer obras de valor, o destinadas al olvido.

Es por ello gratificante encontrar artistas que amalgaman originalidad innata de arquitecto por vocación, sensibilidad tanto para el manejo de la materia como para el juego espacial, precisión de científico en el conocimiento de los fundamentos físicos necesarios para encarar con soltura audaces innovaciones tecnológicas y practicidad realista de empresario para dar respuesta a los requerimientos tradicionales de la arquitectura y a la vez hacer frente a las limitaciones propias de la escasez de recursos económicos habituales en el suelo latinoamericano.

En la actualidad y en la América del Sur, la figura de Eladio Dieste representante de estas características ocupa ya un lugar en la historia de la arquitectura. En el mundo moderno es parangonable a Gaudí, Nervi, Maillart, Candela, Peter Rice, Calatrava, todos arquitectos e ingenieros europeos interesados en el valor expresivo de la estructura.

“**CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.**”

En su obra encontramos una suerte de magia y realismo, donde existe una teoría que se hace arquitectura al construirse, al materializarse en espacios ricos y configuraciones sorprendentes de estructuras texturadas, bañadas por luces rasantes, que vuelan desafiantes desde sus apoyos, o se pliegan en ondas suaves alternando luz y materia sobre inmensos espacios.

Eladio Dieste, graduado como ingeniero en Uruguay en 1943, representa a su lugar, la América Latina y a su tiempo, la Modernidad.

Es moderno por su actitud innovadora que lo impulsa a permanentes búsquedas, en el campo estructural, para resolver las cubiertas y envolventes. Este modo de ser lo hace volver a las fuentes del conocimiento científico como punto de partida. Es moderno, por su inquietud de generar un lenguaje nuevo desvinculado del pasado, aún el inmediato. Es también moderno por su optimismo en vincular ciencia con tecnologías, base para inventar soluciones sólidas que trasciendan el tiempo. Comparte con los racionalistas de este siglo la idea que una vez que se ha encontrado una buena solución, ésta se torna en arquetipo, entra en el mundo de lo clásico donde es factible repetirlo con las solas variaciones que las circunstancias impongan. Así son sus audaces bóvedas de ladrillo, de simple curvatura sin tímpano, sus bóvedas gaussas y sus torres cilíndricas ahusadas y caladas tanto para campanario, como para depósito de agua o antena de comunicaciones que constituyen su elenco formal, sus tipos inconfundibles, su verdadero estilo. Son su sello, tanto en naves industriales, silos de granos, como en templos y viviendas. Mucho recuerda su actitud a la del último Mies van der Rohe, cuando repetía sus estructuras de esqueletos de perfiles y sus cerramientos de vidrio en todo tipo de edificio o la de un Le Corbusier de los años 20 con su arquitectura de pilotis.



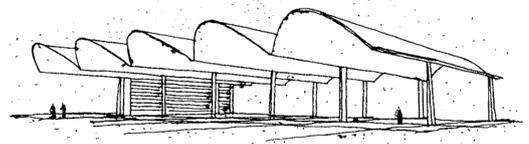
UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

Curiosamente lo que comenzó siendo una repetición de tipos se ha convertido en estos últimos tiempos en réplicas de obras completas como las que se están realizando en España. Así los europeos podrán apreciar personalmente, sin tener que viajar al Uruguay, la Iglesia de Atlántida en Torrejón, cerca de Madrid y San Pedro de Durazno en su nueva implantación de Mejorada del Campo, del mismo modo como se puede visitar el Pabellón español de la Exposición de París de 1937 de José Luis Sert, hoy reconstruido en suelo español.

Es latinoamericano en cambio porque asume una postura realista frente a las escasas posibilidades del medio, potenciándolas como estímulos creativos, más que como limitaciones. El uso del ladrillo, material no innovador, pero fuente inagotable de belleza, es sólo una muestra, la racionalización de recursos constructivos como ya lo veremos, es otra.

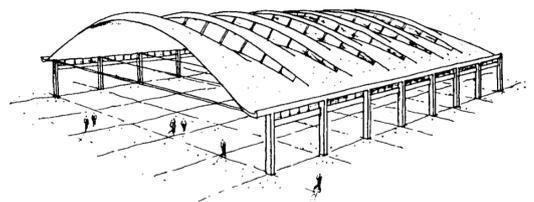
Hay otras facetas de su personalidad más sutiles tal vez, que integran su personalidad latinoamericana. Una de ellas es la falta de prejuicios puristas que le abre múltiples caminos de acción. Esta actitud le estimula a pensar en nuevos desarrollos no consagrados por el uso y la costumbre, pero siempre controlados por un sentido crítico de rigor científico. Dieste no inventó las estructuras laminares ni la cerámica armada. Su gran aporte en el campo técnico estriba en la combinación de ambas y en llevar a límites más audaces las búsquedas de sus antecesores.

Los alardes técnicos sin embargo no serían suficientes para caracterizar sus obras. A esta capacidad especial en el manejo de recursos estructurales hay que sumarle el manejo magistral del mundo de las formas, de los espacios y de la luz deslizante por las superficies onduladas envolventes de sus edificios, tal como lo vemos en la Iglesia de Atlántida, y en el Shopping Center de Montevideo.



VII.1

Ejemplo de construcción con bóvedas cilíndricas autoportantes.



VII.2

Ejemplo de construcción con bóvedas gaussianas.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

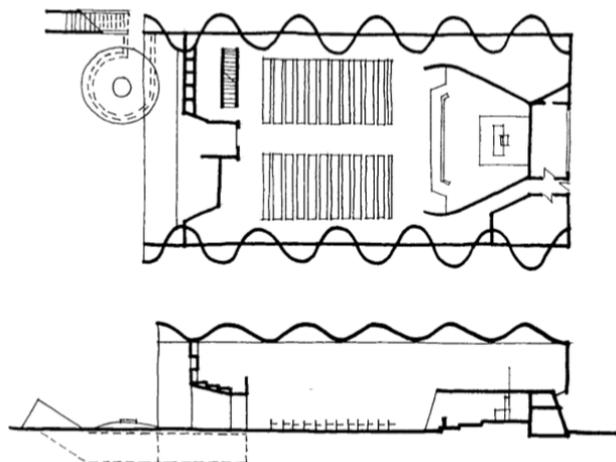


VII. 3

Campanario de la iglesia de Atlántida.

Reclama para América Latina un papel destacado en el mundo del futuro, ya que lo imagina como “un juego armónico... de algo lleno de sabores, más que como un esperanto de civilizaciones... dónde la técnica hará su aporte importante al bienestar humano”¹. Plantea entonces que la ciencia y la técnica están en proceso de evolución constante y que cualquier hombre del planeta puede hacerse cargo de retomar los hilos tendidos por otros para su desarrollo, asignándole a los latinoamericanos muy buenas condiciones para encarar estas tareas. Supera así la falsa oposición planteada muchas veces sobre la pertinencia o no de apropiarse de ciencias y técnicas que vienen del mundo desarrollado.

Derivada de la cita anterior y expresada también a través de su obra se encuentra la intención de dar sabor peculiar a las expresiones de cada lugar, contraponiéndose voluntariamente a la tendencia predominante de la arquitectura racionalista moderna de volúmenes configurados por esa suerte de ensamblaje de planos y piezas prismáticas de acero u hormigón armado, en esqueletos independientes de los cerramientos.



VII. 4

Iglesia Nuestra Señora de Lourdes. Atlántida.

Dieste es un artista que maneja los espacios arquitectónicos, pero es a la vez y por sobre todo un constructor que ama la obra, la dirección técnica y a sus fieles operarios.

No se crea por ello, que es un pragmático irreflexivo. Destaca a menudo la importancia del tiempo de meditación personal sobre los fundamentos de las cosas y sobre la cuidadosa observación que la realidad merece para poder aplicarle desprejuiciadamente lo pensado y experimentado. Descree sin embargo de la excesiva erudición e información que descuida la elaboración personal.

Como rasgos destacados de su personalidad se deben señalar su apertura y generosidad para transmitir los conocimientos y métodos empleados y el rol ético que asigna a su tarea de diseñador, inventor y empresario, lo que hace que goce del respeto y aprecio de sus operarios y colaboradores de muchos años.

Caracterización de la obra

Apreciación de Conjunto

La obra de Dieste es un complejo juego de complementos entre la cultura universal y la reafirmación de su condición de latinoamericano que rechaza de plano el folklorismo superficial. Refleja claramente la tensión y el contrapunto de ambas culturas no sólo en el campo ideológico, sino también en los aspectos del hacer técnico y en el uso de los instrumentos artísticos.

Mencionaremos algunos: compatibilización de la alta complejidad de la concepción con una ejecución artesanal utilizando los ladrillos más comunes y rústicos; rescate de la unidad de estructura y cerramientos siguiendo la tradición histórica de la arquitectura de todos los tiempos, pero enfrentándose



VII.5

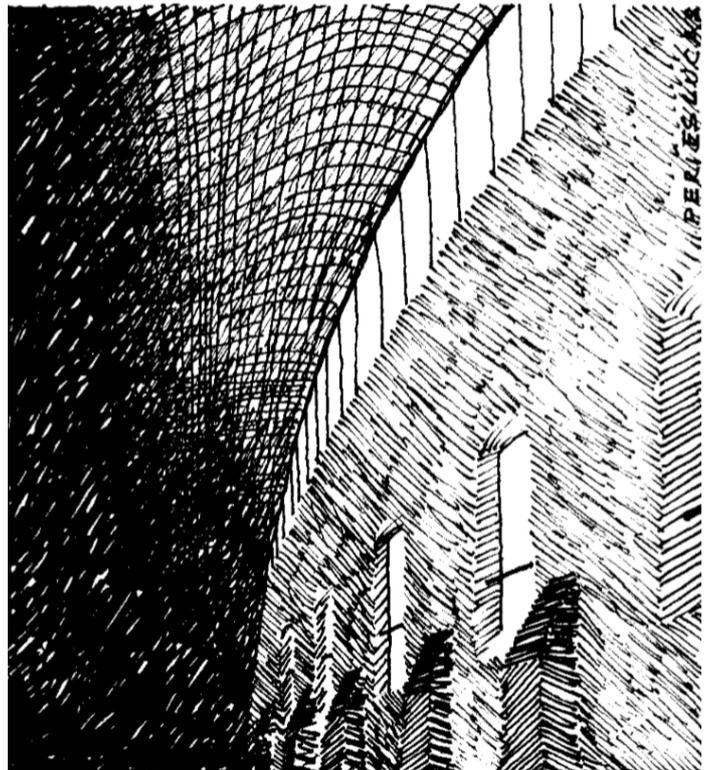
Iglesia Nuestra Señora de Lourdes. Atlántida.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

a la tendencia de su tiempo de separar la estructura resistente de las envolventes.

En el campo artístico, estas tensiones se dan fundamentalmente en sus espacios, que por su gran escala, el colorido cálido de sus texturas y los fuertes contrastes de luminosidad son característicos de Latinoamérica, y sin embargo encuentran antecedentes formales en la cultura europea.

En síntesis, Dieste logra compatibilizar en su obra la magia teatral de los espacios con la realidad de un uso eficiente de recursos.



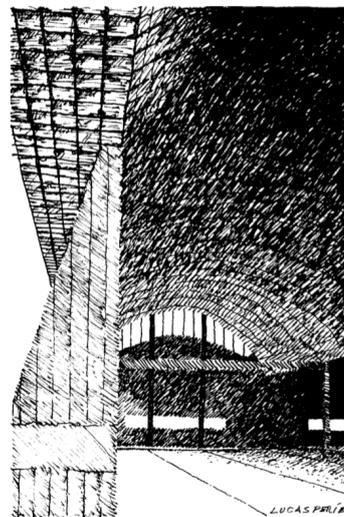
VII. 6

Depósito del puerto de Montevideo, 1978.

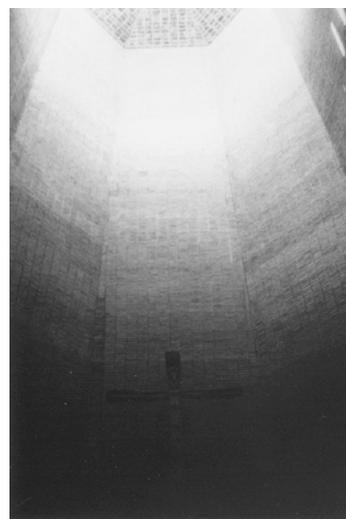
Espacio, Estructura y Luz

El juego de estructura y luz en la configuración espacial, recuerda a la arquitectura de Gaudí, no por sus formas en sí sino por el uso de estos instrumentos y ciertas técnicas de gradación, luces sorprendentes jerarquizadoras de lugares especiales o fuentes escondidas para efectos teatrales. Muchas veces ha expresado Dieste la importancia que tuvo en su autoformación la amistad con el gran pintor uruguayo, Torres García. Fue el artista quien introdujo al ingeniero Dieste en el mundo del arte moderno transmitiéndole sus experiencias y las de la vanguardia europea de principios de siglo. Torres García había cultivado la amistad de figuras como Ozanfant, Lipschitz, Miró, Utrillo, van Doesburg y fundamentalmente había sido colaborador de Gaudí. Al lado del arquitecto catalán, Torres García participó en la elaboración de los nuevos vitrales para la catedral de Mallorca, donde experimentaron una serie de técnicas de superposición de vidrios de distintos espesores y tonalidades para lograr especiales matices en los colores. Esa misma época coincide con la construcción de la Sagrada Familia, a la que Torres García asistía permanentemente. Todos estos datos tomados de la Autobiografía del pintor uruguayo, llevarían a pensar en un posible estímulo para Dieste en explorar más aún los mismos instrumentos de Gaudí adecuándolos al medio local.

La luz es la protagonista de los espacios religiosos de Dieste. Demuestra sobre todo en el interior de sus templos un manejo teatral de este recurso, explotando los contrastes y las gradaciones. Espacios simples se animan por el acento luminoso que marca el punto de convergencia: el altar. Son luces que vienen de lo hondo, en reguero de fulgores, por vitrales remotos, a veces escondidos como en Atlántida, a veces imponiendo su presencia magnífica como en el rosetón de Durazno. En esos altares escénicamente



VII.7
Fábrica Farga.



VII.8
Iglesia San Pedro. Durazno, 1967. Detalle de iluminación del presbiterio.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

claros, la luz adquiere corporeidad, se diría que es un sólido mágico que llena el vacío. Pero, a medida que se aleja del foco, la luminosidad se diluye, hasta que en los bordes se convierte en penumbra, apta para el recogimiento religioso.

La textura rugosa, regularmente dibujada por las piezas cerámicas con sus juntas tanto en muros como cubiertas es la indicadora que mejor acusa la gradación de intensidad de la iluminación.

En el interior de San Pedro de Durazno, que reemplaza al que se incendiara, un curioso recurso de contrapuestos empleado por Dieste complejiza y enriquece la aparente iglesia clásica, direccional de tres naves. Suprime las columnas que separan las naves, pero diferenciando por altura y proporción a las naves laterales de la central. Inclina los muros para acentuar la perspectiva. Dos líneas de luces provenientes del exterior en los bordes de la cubierta superior enfatizan la direccionalidad. A pesar de estas disposiciones, el efecto perceptual es de un espacio único. La eliminación de las columnas entre las naves hace desaparecer el ritmo que acompaña el movimiento hacia el altar y la autonomía de los espacios laterales, incorporándolos como partes de la nave central.



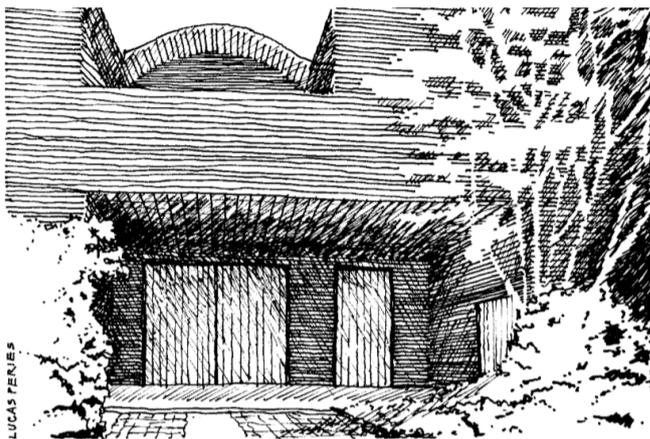
VII. 9

Depósito del puerto. Montevideo, 1978.



UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

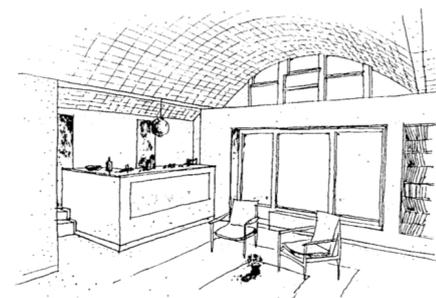
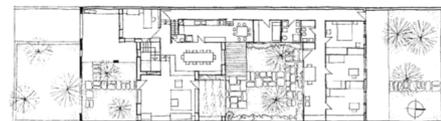
Este juego dialéctico entre lo que es y lo que aparenta ser se pone en evidencia con mayor vigor en la relación entre la antigua fachada, conservada y el nuevo interior. Se cree entrar a un templo historicista de fines del siglo XIX y para sorpresa del visitante, al traspasar el nártex, se encuentra ante un cálido espacio de ladrillos de Eladio Dieste.



La audacia estructural en los grandes espacios, el manejo de la gran escala del conjunto, se compatibiliza con la pequeña escala del detalle y la textura del ladrillo y su junta. Líneas simples trazadas por la disposición ordenada de la cerámica, clarifican con sus juntas los trazados complejos de las curvas envolventes. Riquísimos juegos de luces y sombras como en las iglesias, son los rasgos más destacados también de sus naves industriales o sus depósitos. Ritmos de lomos y valles de ladrillos y vidrio alternados de sus bóvedas gaussianas y luces rasantes sobre la rusticidad dibujada de la cerámica como en el Depósito del Puerto de Montevideo, el Gimnasio de Trinidad o también del Shopping Center de Montevideo. Luces rasantes sobre las series de bóvedas de simple curvatura sin tímpanos, resaltando la calidez de la cerámica en la gran escala, como en Agroindustria Massaro en Joanicó, o en la reciente Fábrica de Refrescos Farga en San Juan.

VII.10

Casa Dieste. Montevideo, 1961.



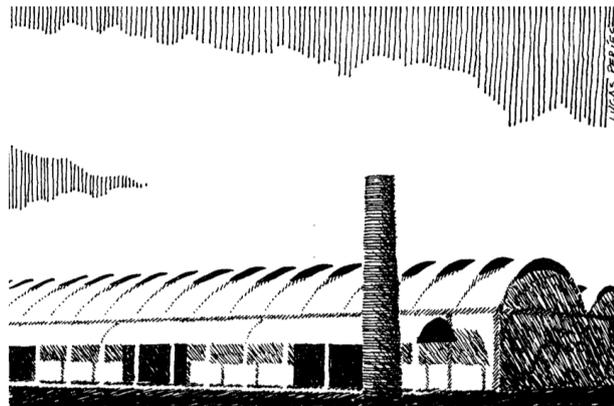
VII.11

Casa Dieste. Montevideo, 1961.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

Si bien nos hemos referido hasta ahora exclusivamente a la gran escala, Dieste ha demostrado en la escala doméstica gran sensibilidad para la configuración de los espacios, y para establecer sutiles relación entre interior y exterior, manejando no sólo los materiales y sus bóvedas sino también los vegetales, como atemperadores de la luminosidad.

De este tipo de obra, aunque mucho menos frecuente, su propia casa, es un excelente ejemplo.



VII. 12

Depósito de lanas. Canelones.

En el caso particular del Shopping Center, su valor ha quedado relegado a su aspecto ondulado exterior y a alguna pequeña porción en el centro de su cubierta, donde solamente los observadores muy detallistas, al levantar la vista pueden apreciar las ondas muy pronunciadas de luz y sombra de sus bóvedas gaussas, y a través de sus vidrios, el cielo azul montevideano con sus nubes viajeras. Lamentablemente como en todo Shopping la arquitectura ha quedado escondida por la presencia prioritaria de grandes conductos de instalaciones, de circulación, de equipamiento sobrepuesto, que han hecho desaparecer su estructura básica, en este caso de gran valor. En el ámbito del supermercado, también se pierde el encanto de los muros curvos interiores ya que las estanterías requerían de superficies planas.



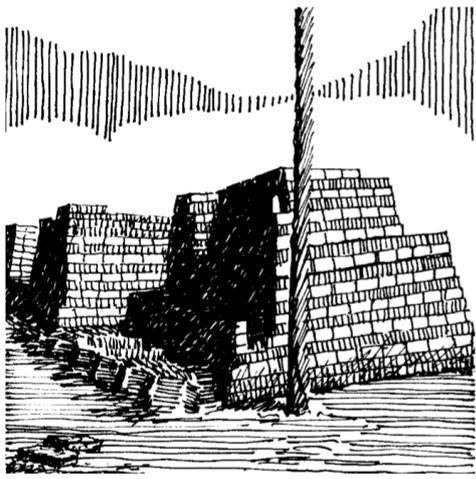
Implantación

Una consideración aparte debe hacerse sobre la implantación de su obra en el medio rural y en el urbano. La improvisación, de las clases dirigentes, la falta de planificación a largo plazo, las circunstancias cambiantes políticas, la inestabilidad económica, todos males endémicos de nuestras regiones, hacen que muchas veces los proyectos y las obras se frustren en la mitad de su ejecución o que sufran recortes imprevistos de los terrenos urbanos asignados en plena etapa de realización, desvirtuando la relación prevista del edificio con su entorno. De ese modo, la gran escala de un volumen proyectado en su momento rodeado de verde, aparece sin transición sobre la línea de edificación de una calle bordeada de modestas viviendas de una o dos plantas de una pequeña ciudad, provocando un gran impacto al paisaje urbano.

Es el caso del Gimnasio de Trinidad, edificio que aisladamente se impone como de especial valor. Otro caso particular lo constituye la Iglesia Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, pensada como parte de un conjunto religioso mayor, en una zona semirural, de la que Dieste sólo pudo concretar el templo y la casa parroquial. Más tarde, se agregaron otros edificios de un colegio religioso que parecen haber ignorado que son parte de un complejo y vecinos de la obra valiosísima de Dieste.

Por el contrario, la ondulada campiña uruguaya de rústicos pastizales o cubierta de plantaciones de frutales ofrece el mejor soporte a estos edificios en general de grandes dimensiones. Es el caso de Agroindustria Massaro en Joanicó, la reciente fábrica de refrescos Farga cerca de Colonia o de la lanera próxima a Massaro en las inmediaciones de Canelones.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



VII. 13

Hornos de fabricación artesanal de ladrillos,
Durazno, 1996.

El Material: La cerámica armada

Toda la obra de Dieste está realizada en este material. ¿En qué consiste la cerámica armada y en qué se diferencia de la mampostería de ladrillo tradicional? La mampostería de ladrillo utilizada durante siglos está formada por piezas cerámicas unidas por un mortero que puede ser de distinta naturaleza. Tanto ladrillo como mortero son adecuados para resistir compresiones pero muy débiles y frágiles trabajando a tracción. Por esto, los tipos estructurales que se impusieron fueron el muro y el pilar vertical como soporte, el arco y la bóveda para cubrir espacios.

En todos los casos la mampostería está trabajando a compresión con un esfuerzo normal centrado o casi centrado; en cuanto la excentricidad aumenta aparecen tracciones y la mampostería comienza a agrietarse; si la excentricidad continúa aumentando el esfuerzo normal se sale de la sección y se produce el derrumbe.

Los tipos estructurales que trabajan fundamentalmente a flexión, como la viga y la losa, no pueden hacerse de mampostería por su falta de resistencia en la cara traccionada. A lo sumo, para construir un entrepiso o una terraza horizontal, se recurría a rellenar con tierra el espacio entre la bóveda y el piso. La solución tradicional del entrepiso se daba con las vigas de madera, y a partir del S. XIX con los perfiles de acero, ambos materiales resistentes por igual a tracción y a compresión y por ende a flexión.

Recién a fines del S. XIX se generaliza el uso del hormigón armado, que combina la resistencia a compresión del hormigón con la resistencia a tracción del acero, el que se coloca como barras siguiendo trazados adecuados para resistir las tracciones.



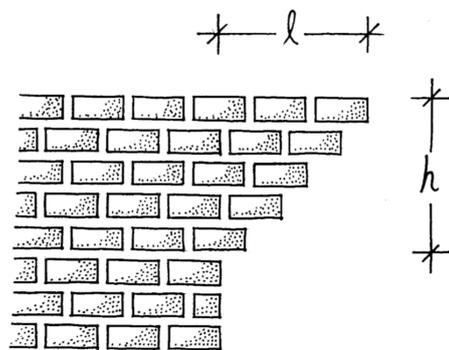
UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

Los voladizos tampoco son posibles en mampostería ya que el equilibrio sólo puede darse a través de la flexión.

Las cornisas armadas por pequeños voladizos sucesivos tienen una altura mayor que la luz de la ménsula y nunca sirvieron para cubrir grandes espacios, (fig.VII.14). Un intento importante lo constituyeron las falsas bóvedas de Micenas.

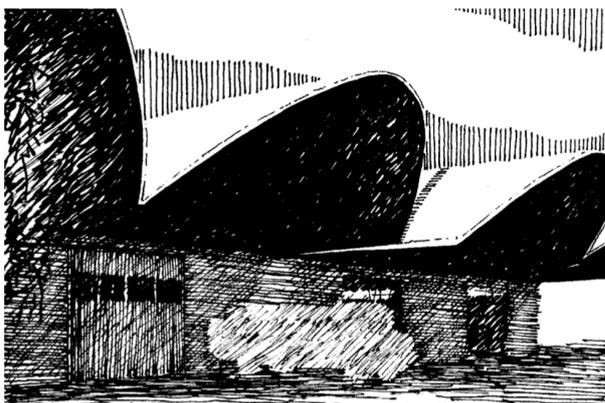
Los voladizos de los balcones de madera estaban siempre limitados por las dimensiones de los troncos. Recién con el acero se pueden lograr verdaderas cubiertas en ménsula como las galerías de la Exposición Universal de París de 1867. Posteriormente la difusión del hormigón armado permite grandes voladizos que fueron notables en su época como la Fábrica de Automóviles Fiat de Giacomo Matté-Trucco en Turín del año 1915-21 y la Casa de la Cascada del año 1936 de Wright. Dentro de las estructuras laminares se destaca el Pabellón del Cemento en la Exposición de Zurich del año 1939, de Maillart.

La cerámica armada se logra incorporando a la mampostería armaduras de acero en las juntas. En el caso de los muros tradicionales las juntas horizontales son continuas porque el peso mismo del muro las mantiene en compresión;



VII.14

Voladizo de mampostería $h > l$.

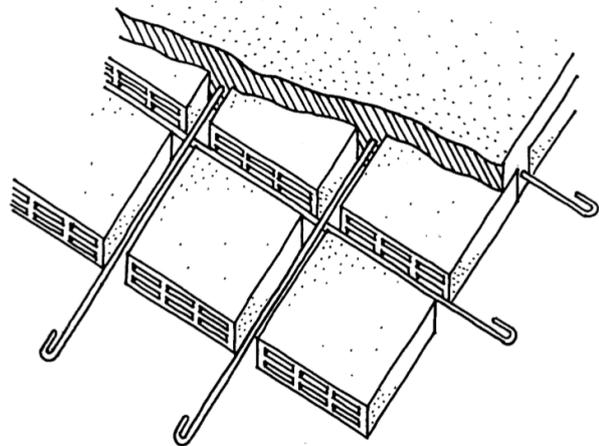


VII.15

Fábrica de Refrescos Farga. San Juan, 1996

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

pero verticalmente deben trabarse los mampuestos para evitar eventuales grietas verticales a lo largo de la junta. El muro de cerámica armada horizontalmente en cambio, puede prescindir ocasionalmente de la traba, porque las grietas verticales están “cosidas” por las armaduras. En el caso de las superficies de cubierta, bóvedas o incluso losas planas, se coloca una capa inferior de ladrillos con armaduras en dos direcciones perpendiculares en las juntas y se recubre con una capa de mortero que a su vez lleva una pequeña malla de acero (fig. VII.16).



VII. 16

Esquema constructivo de la cerámica armada.

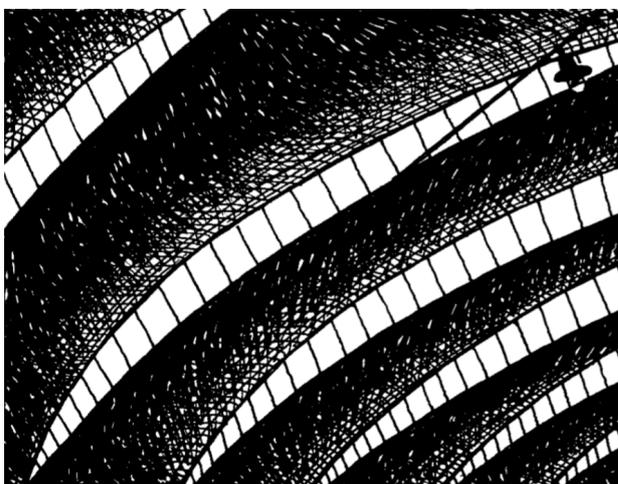
Dada la gran resistencia a compresión de la cerámica, a la extraordinario adherencia entre cerámica y mortero de cemento, y a la distribución de armaduras de acero, la placa así compuesta tiene capacidad para resistir no sólo compresiones sino también flexiones al igual que una de hormigón armado. El comportamiento estático de ambas es similar y pueden usarse los mismos procedimientos de análisis con sólo tener en cuenta algunas diferencias en los parámetros representativos de la rigidez y la retracción. En consecuencia, cualquier estructura superficial de hormigón armado puede hacerse con cerámica armada y viceversa.



UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

Las estructuras laminares de hormigón armado han estado siempre limitadas por el alto costo inicial de los encofrados, las dificultades constructivas de las zonas con pendiente que produce deslizamiento del hormigón y el largo tiempo que debe darse al fraguado antes de desencofrar.

La inventiva genial de Dieste consiste en solucionar estos tres problemas de una sola vez. La cerámica armada tiene un 90% de material endurecido y sólo un 10% de mortero a fraguar. Por otra parte, la cerámica absorbe la humedad del mortero y este alcanza en pocas horas una resistencia apreciable. De este modo, cáscaras donde las tensiones de compresión producidas por el peso propio son relativamente bajas, pueden desencofrarse a menos de 24 horas de su construcción. Entonces puede construirse un encofrado tan complejo como se quiera, que se va corriendo y reutilizando cada 24 horas, con lo que su costo por unidad de superficie baja rápidamente. Se pueden cubrir así grandes superficies en base de la repetición rítmica de bóvedas independientes (depósitos del puerto de Montevideo), o de sectores que en su conjunto forman una cáscara cilíndrica (agroindustria Massaro).

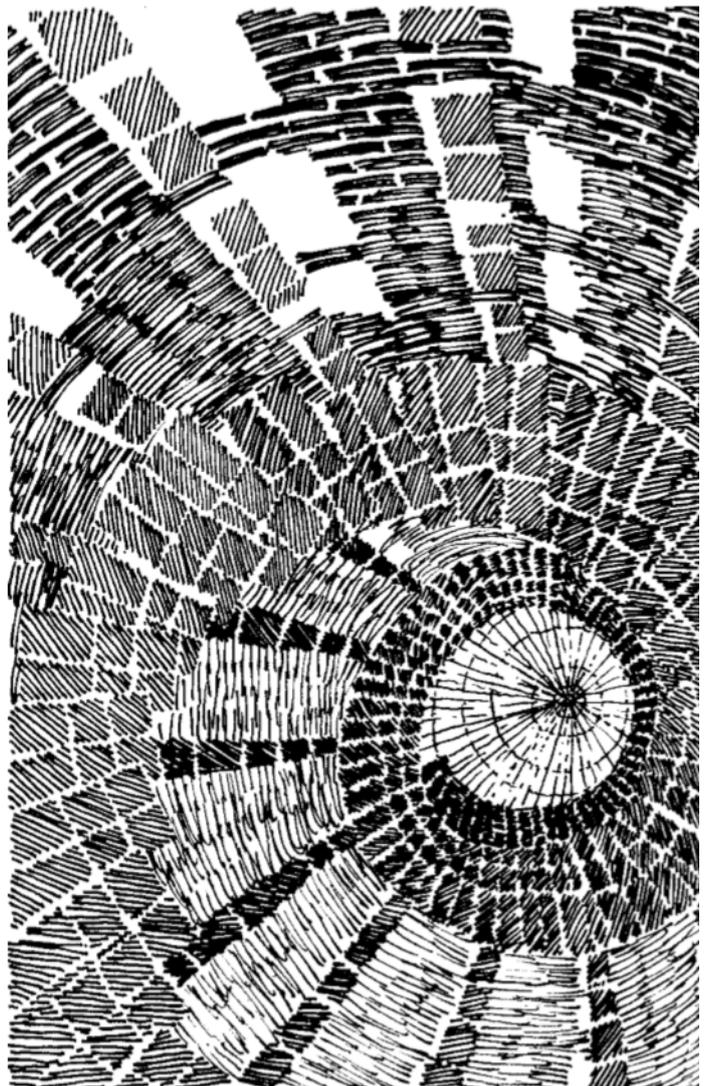


VII.17

Depósito del Puerto. Montevideo, 1978.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

La combinación ladrillo/mortero permite avanzar sobre superficies de mucha pendiente encofrando sólo el intradós, a diferencia del hormigón que requiere encofrar ambas caras. La idea es tan simple como antigua, una pared de ladrillos se levanta verticalmente sin encofrados porque las juntas son suficientemente delgadas como para no aplastarse durante la ejecución. La inventiva consiste en trasladar este principio a las cubiertas curvas.



VII. 18

Campanario de la iglesia de Atlántida.

Los procedimientos constructivos

Dieste es esencialmente un constructor de sus propios proyectos; un empresario que ha debido competir en el mercado ofreciendo precios nunca superiores a los de los sistemas tradicionales. Aún las iglesias parroquiales de Atlántida y Durazno, se hicieron con grandes limitaciones económicas. Su propia vivienda de excelente calidad arquitectónica, es una de las pocas excepciones de arquitectura doméstica. No ha tenido encargos de sedes de instituciones que buscan realzar su imagen con un monumento y están dispuestas a pagarlo.

En este aspecto podría decirse que se asemeja a Nervi, ya que ambos desarrollan ingeniosos sistemas constructivos propios: la cerámica armada y el ferrocemento respectivamente; y a Candela, porque ambos explotan formas estructurales que quedan identificadas con su persona: las bóvedas gaussas y las cáscaras cilíndricas sin tímpanos (Dieste), el paraboloide hiperbólico (Candela). Los tres tienen en común una genial inventiva de procedimientos constructivos utilizados con visión empresaria y un gran sentido de la eficiencia estructural que les permite construir con auténtica economía. Como a todo esto Dieste agrega una gran sensibilidad para la calificación de los espacios por medio del uso de la luz y las texturas su obra puede superar los manuales de construcción industrial y pasar a integrar la historia de la arquitectura.

Dentro de lo que él llama "la invención inevitable" ha desarrollado todos los mecanismos constructivos para hacer posible, con una tecnología propia y muy sencilla, sus construcciones. Puede mencionarse su famoso sistema de pretensado que logra moviendo un sistema de palancas con un simple gato hidráulico de camión; los encofrados sostenidos por un andamiaje sobre ruedas y que avanzan a lo largo de

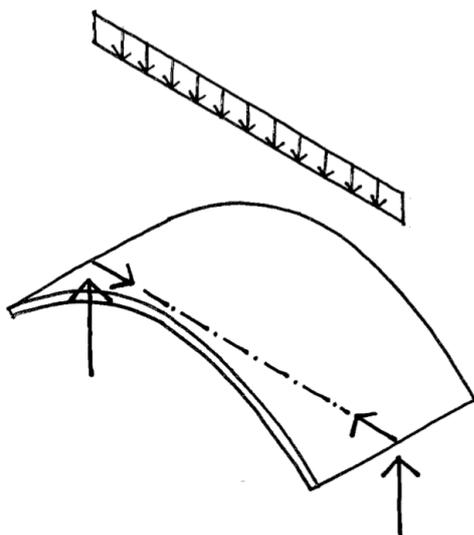
“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.

la obra para su reutilización; la forma de interrumpir los soportes del andamiaje para que puedan atravesar los tensores horizontales en el caso de las bóvedas atirantadas; hasta la sencilla escalera marinera arrojada sobre el extradós de la bóveda y que permite caminar por superficies de gran pendiente.

La tipología estructural

Las cubiertas de las obras de Dieste responden a dos tipos estructurales bien definidos: las bóvedas de doble curvatura generalmente atirantadas y las cáscaras cilíndricas apoyadas en puntos, nunca sobre tímpanos. Los planos plegados de la iglesia de Durazno constituyen una excepción.

Dentro del tipo de bóveda atirantada se puede mencionar: la Iglesia de Atlántida, los depósitos del puerto de Montevideo, la Lanera Trinidad, etc.



VII. 19

Esquema estático de la bóveda.

Una bóveda de sección constante que siga la forma de una catenaria invertida y que tenga como carga su peso propio, soporta internamente sólo compresiones y requiere como reacciones en cada apoyo una fuerza vertical que cualquier muro puede dar fácilmente, y una horizontal que se obtiene con la máxima economía con un tensor (fig VII.19). Las tensiones de compresión en la bóveda son muy bajas y pueden resistirse con casi cualquier tipo de ladrillo o mortero. Sin embargo la cáscara no puede hacerse demasiado delgada porque otro estado de carga de distinta ley de distribución que el peso propio (viento, nieve) le produce flexiones; pero más grave es aún la posibilidad de pandeo, o inestabilidad elástica, tal como ocurre en una columna recta con carga de punta (fig VII.20). Ambos problemas se solucionan aumentando la rigidez de la sección, o sea su momento de inercia mínimo, como se ve en la fig VII.21. Recuérdese que el momento de inercia es proporcional



al área de la sección y a los cuadrados de las distancias a que se va colocando el material con respecto al eje de referencia. $\delta = 2 dA \cdot dl$

La sumatoria del área representa la cantidad de material que el propietario debe pagar. La distancia d varía según la forma que el diseñador adopte.

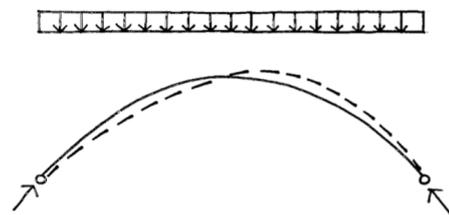
El exponente 2 que afecta a d, indica que para lograr rigidez es mucho más importante la imaginación del diseñador que el aumento grosero de la cantidad de material. La sección A (fig. VII.22), tiene muy poca rigidez y sólo puede usarse en luces pequeñas; la sección B aumenta su rigidez y así se han construido grandes edificios como los hangares de Ezeiza, en Buenos Aires. Dieste adopta en general la sección C, que además de dar la rigidez necesaria, permite la iluminación interior y los desagües pluviales.

El arco, o la bóveda, no necesitan rigidez en toda su longitud; podrían tener hasta tres secciones sin rigidez flexional (arco de tres articulaciones).

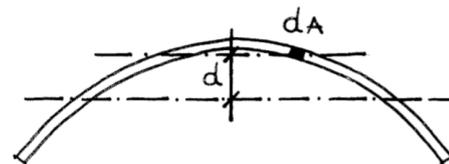
Dieste prefiere el arco atirantado de dos articulaciones haciendo que la directriz en S vaya cambiando de forma hasta llegar a ser una recta sobre el muro y unirse naturalmente a él (fig. VII.23).

Si la planta es rectangular es evidente que la longitud en el centro es mayor que sobre los muros.

El número de ladrillos será también mayor y Dieste



VII.20
Configuración de pandeo de una bóveda.

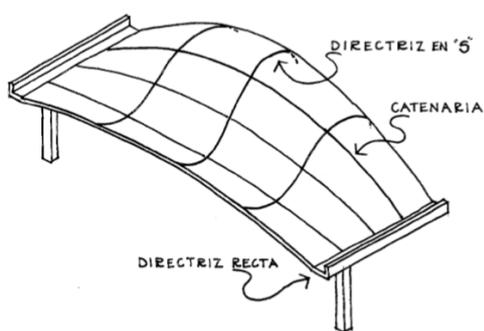


VII.21
Momento de inercia.



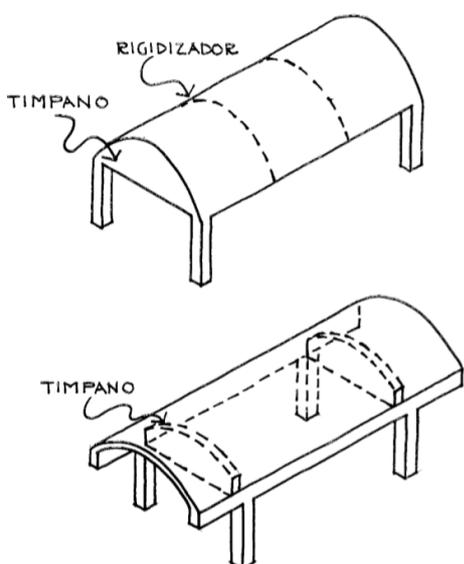
VII.22
Distintos tipos de secciones de bóvedas.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.



VII. 23

Geometría de las bóvedas típicas de Dieste.



VII. 24

Formas típicas de las bóvedas apoyadas en tímpanos.

ningún problema en cortarlos y aparecen unas hiladas en forma de cuña, crecientes de los muros hacia el centro; caso contrario las ventanas quedan en un plano inclinado.

Dentro de las cáscaras cilíndricas pueden mencionarse: Estación de ómnibus de Salto (1974), Procesadora de frutas Massaro, en Joanicó (1977), Embotelladora Farga (1996).

La teoría estática de las bóvedas cáscara autoportantes se consolidó en las décadas del 20 y del 30.

Existe una importante bibliografía en alemán de esa época de autores tales como F. Dischinger, V. Finsterwalder, W. Flügge, K. Girkman y H. Rüsck, entre otros. Todos estos conocimientos aparecen en el libro "Teoría y Cálculo de las Bóvedas Cáscaras Cilíndricas" que A. Spampinato publica en Buenos Aires en 1953. La relación cultural que se da entre ambas capitales, Montevideo y Buenos Aires, comunicadas cruzando el ancho Río de la Plata, va mucho más allá que compartir la historia del tango.

La teoría general establecía como situación óptima aquella en que la cáscara estaba libre de flexiones (teoría membranar). Para ello era necesario la colocación de tímpanos de rigidez y determinadas formas de directriz con tangente vertical en el arranque o con viga de borde. Además, en ciertas condiciones se recomendaba colocar nervios de rigidez para evitar el pandeo (fig. VII.24). En base a estos principios se construyeron en Europa muchas obras importantes hasta culminar en 1935, cuando Eduardo Torroja construye el famoso Frontón Recoletos de 54 metros de luz con un espesor de 8 cm.

Spampinato afirma que "una bóveda con directriz en forma de catenaria se comporta para el peso propio como un arco de ancho unitario, y por lo



UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

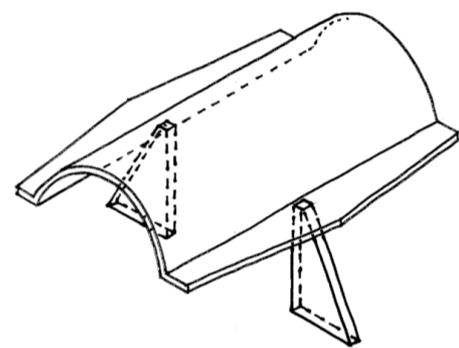
tanto debe apoyarse sobre los bordes marginales que deberán resistir el empuje de las componentes horizontales de la fuerza paralela a la directriz ya que ésta no se anula para ninguna inclinación de la tangente. Por este motivo esta directriz no debe usarse para bóvedas autoportantes” 2

Y es aquí donde Dieste demuestra nuevamente su capacidad de inventiva usando la catenaria para las cáscaras cilíndricas, evitando los tímpanos, usando una sola línea de apoyos y colocando vigas de borde horizontales (fig. VII.25). Dieste no acepta las anteriores reglas de juego, y replantea el problema desde un principio. Las flexiones, llamadas siempre “perturbaciones de borde”, dejan de perturbar su mente y las acepta como naturales y encuentra la forma de limitarlas a valores aceptables por los espesores normales de la cerámica armada.

Esta postura de barajar y dar de nuevo es propia de otros grandes creadores, como el caso de Renzo Piano. Por ejemplo, en las tensoestructuras también se ha planteado siempre que hay que evitar las flexiones. Y entonces aparecen las formas de simple curvatura con una carga permanente grande, o las de dos curvaturas opuestas con cables pretensados para garantizar la estabilidad de la geometría.

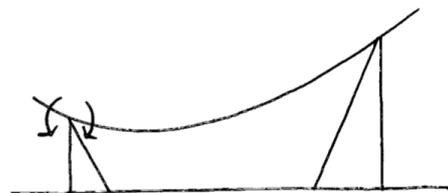
Tanto Dieste como Piano usan la catenaria con voladizos (fig. VII.26). Se liberan del dogma “anti-flexión”. Renzo Piano propone en las oficinas Lowara una catenaria con voladizos construidos con un perfil metálico de suficiente rigidez flexional. Dieste usa las bóvedas de directriz catenaria con aleros horizontales que sirven de vigas de rigidez longitudinal.

La iglesia de Durazno (figs. VII.27) constituye una excepción a la tipología habitual de Dieste ya que sólo utiliza superficies planas. Las grandes vigas-pared longitudinales que forman la nave



VII.25

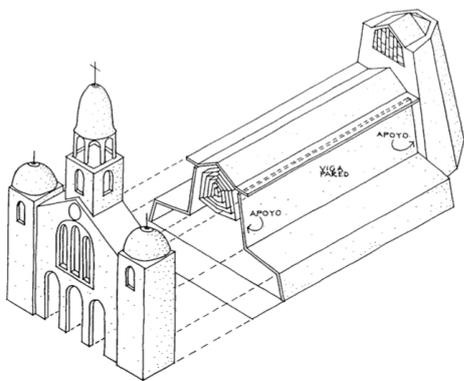
Bóveda autoportante apoyada en puntos, con viga horizontal, que utiliza



VII.26

Comparación entre el Edificio Lowara de Renzo Piano y una Bóveda de autoportante de Eladio Dieste.

“ CUANDO LA ESTRUCTURA ES MAS QUE SOSTENER.

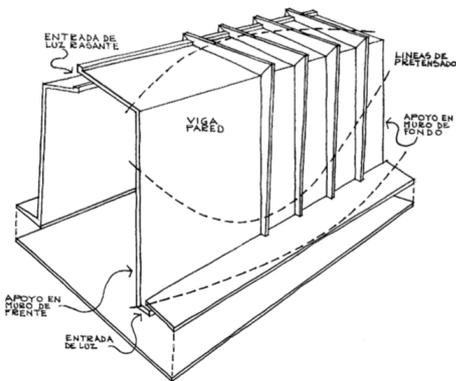


VII. 27

Iglesia de Durazno. Esquema estructural que además indica la relación entre la fachada existente y el proyecto de Dieste.

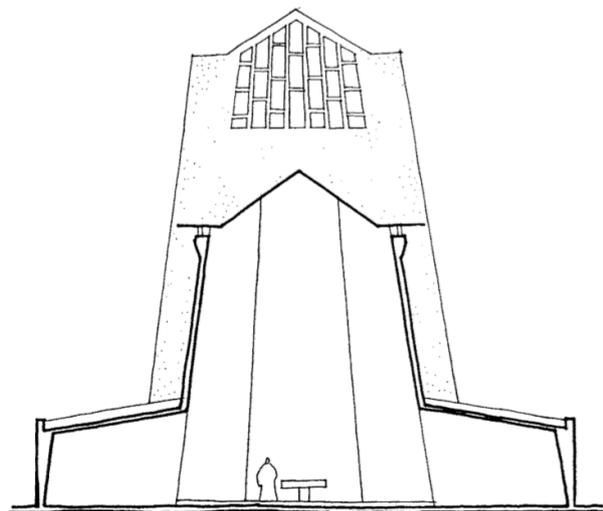
central, sostienen el techo de esta como los de las naves laterales. Una solución algo similar había usado E. Torroja en la iglesia de Grao de Gandía en el año 1961 (fig. VII.28).

El rosetón hexagonal que filtra la luz de la fachada muestra de nuevo ese gusto de Dieste de llegar al límite de lo permitido por las leyes de la estática. Su sistema de barras de sostén contenidas en un plano requieren un cambio en la geometría cuando la resultante de las cargas no está en ese plano. Por eso al moverlo con la mano se nota la tensa vibración propia de un parche de tambor o de una raqueta de tenis.



VII. 28

Iglesia de Gandia, de Eduardo Torroja, 1961. Esquema estructural.

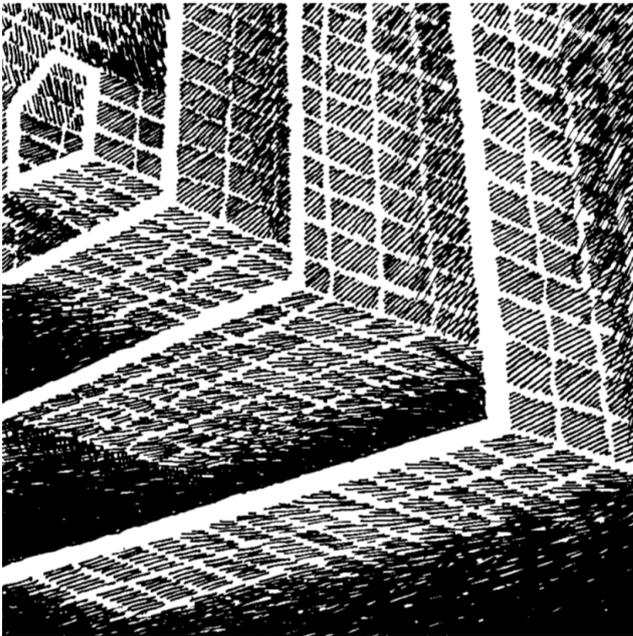


VII. 29

Iglesia de San Pedro de Durazno. Corte transversal por las naves.



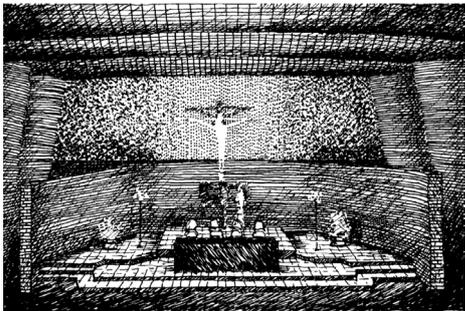
UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE



VII.30

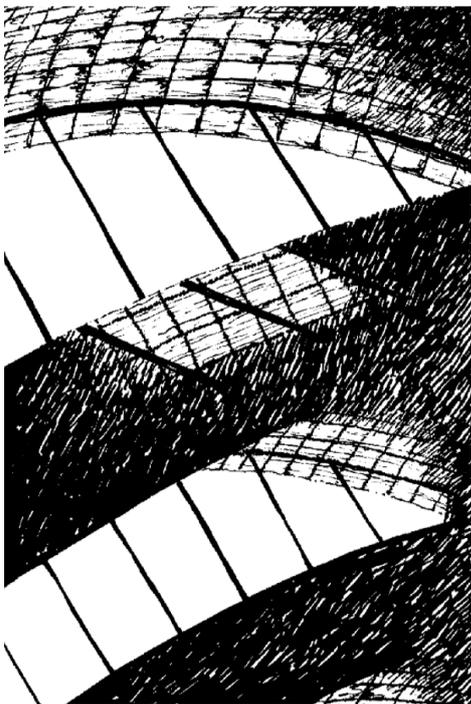
Iglesia de San Pedro. Durazno, 1961. Rosetón.

“ CUANDO LA
ESTRUCTURA
ES MAS QUE
SOSTENER.



VII. 31

Iglesia Nuestra Señora de Lourdes. Atlántida, 1957.



VII. 32

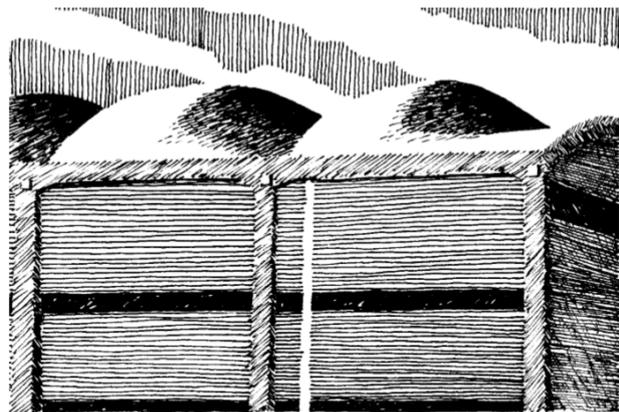
Shopping Center. Montevideo, 1984

CONCLUSIONES

Como síntesis podemos caracterizar a Eladio Dieste como creador de una nueva configuración plástica derivada del hormigón armado pero reinterpretada en otro material avanzando en su comportamiento técnico. El arte de Dieste se acerca a la arquitectura clásica por la claridad y simplicidad de su enfoque, pero también a la arquitectura moderna por su afán de explorar lo inexplorado, por ir más allá de lo hasta entonces alcanzado, con un pie en la realidad local: material tradicional, recursos técnicos y económicos limitados; pero también con una gran inteligencia y una capacidad creativa destacada. Porque Dieste es un hombre de leyes científicas, técnicas ingeniosas, geometrías libres, dimensiones audaces, sensibilidad por los espacios mágicos, por los secretos universales, por los juegos de luces exquisitos, en fin por la arquitectura que emociona, creador de una Hightech para un mundo en desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

A Eladio Dieste por el tiempo que amablemente nos dedicó A Inés Moisset por sus fotografías. A Damián Ostchega por sus dibujos.



VII.33

Complejo deportivo. Trinidad.



UN CASO SINGULAR LA OBRA DE ELADIO DIESTE

FUENTES

TESTIMONIALES:

GOYTIA, Noemí y MOISSET, Daniel: Entrevista a Eladio Dieste, Montevideo, 1996.

GOYTIA, Noemí y MOISSET, Daniel: Diálogos con usuarios, operarios e informantes claves, Uruguay, 1996.

BIBLIOGRAFICAS:

BONTA, Juan Pablo: Eladio Dieste, Inst. de Arte Americano e Investigaciones estéticas. F.A.U. U.B.A., Buenos Aires, 1963.

ELADIO DIESTE- LA ESTRUCTURA CERAMICA. Ed. Escala, Colección Somosur, Bogotá, 1987.

MOISSET DE ESPANES, Daniel: Intuición y razonamiento en el diseño estructural, Colección El Arte de Construir, Ed. Escala, Bogotá, 1992.

SPAMPINATO, Agripino: Teoría y cálculo de las bóvedas cilíndricas. Ed. Alsina, Buenos Aires, 1953.

TORRES GARCIA, Joaquín: Historia de mi vida, Ed. Paidós, Barcelona, 1990.

WAISMAN, Marina, NASELLI, César: 10 Arquitectos latinoamericanos. Ed. Conserjería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Junta de Andalucía, 1989.

INFORMES DE LA CONSTRUCCION N°137, Inst. E. Torroja, Madrid, 1962.

SUMMA N°70, revista, Buenos Aires, diciembre 1972.

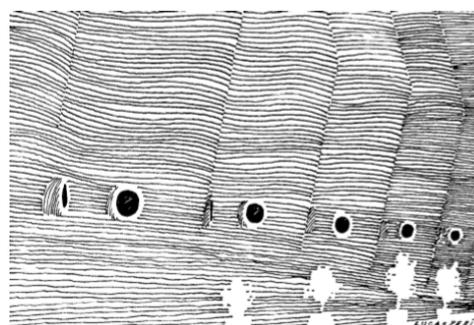
SUMMA N°85, revista, Eladio Dieste, el maestro del ladrillo. Buenos Aires, enero de 1975.

SUMMA N°247, revista, Una Estética de la Etica. Reportaje a E. Dieste por A. Petrina, Buenos Aires, marzo de 1988.

SUMMARIOS N°45, Dieste, Eladio: Arquitectura y Construcción, Buenos Aires, julio de 1980.

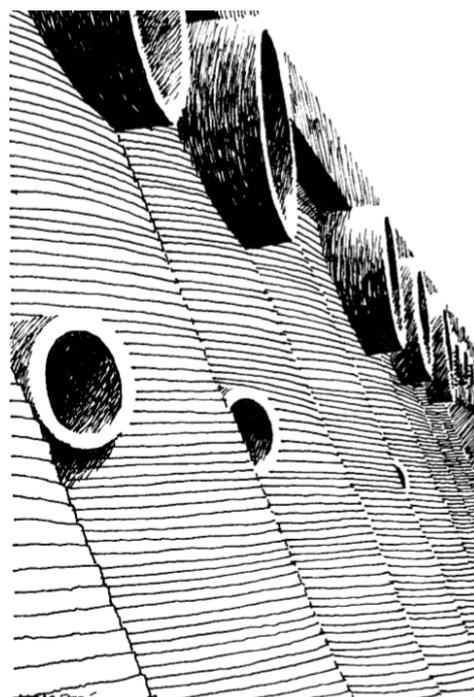
SUMMA- COLECCION TEMATICA N°2, Buenos Aires, 1983.

SUMMA- COLECCION TEMATICA N°19, Eladio Dieste, La Invención Inevitable, Buenos Aires, 1987.



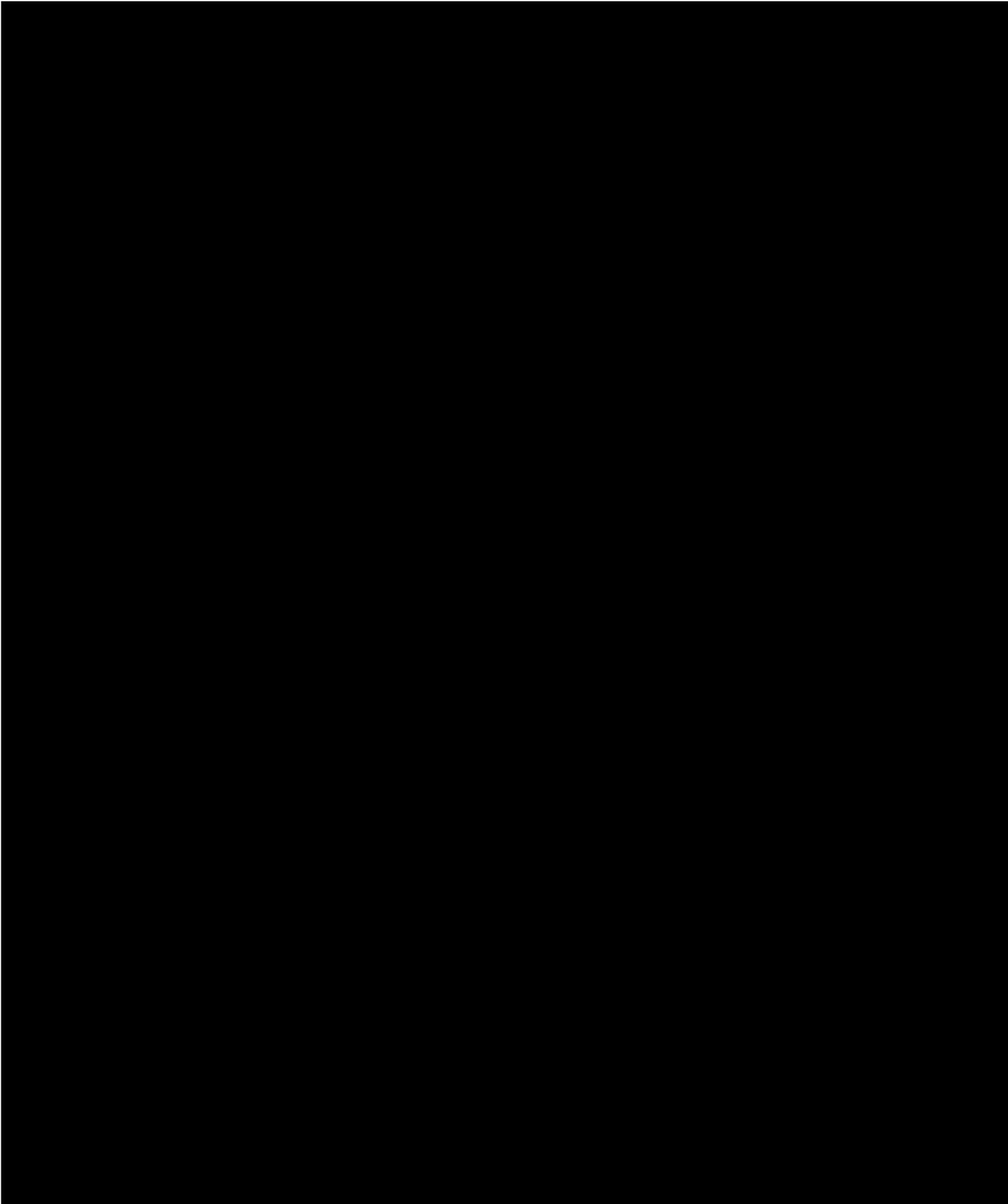
VII.34

Shopping Center. Montevideo, 1984



VII.34

Shopping Center. Montevideo, 1984



DANIEL MOISSET DE ESPANÉS

Egresó como arquitecto de la Universidad Nacional de Córdoba en 1960 y desde entonces se dedica a la investigación y docencia del diseño estructural.

Ha realizado estudios de especialización en el Instituto Torroja de Madrid y en la Universidad de Stuttgart. Es profesor Titular Plenario de Estructuras III y dirige el Taller de Investigación de Diseño Estructural de la FAUD.

Su actividad docente se ha extendido a la mayoría de universidades y coleios profesionales del país, además de haber dictado cursos para docentes graduados en Bolivia, Paraguay, Chile, Colombia, República Dominicana y España.

Ha escrito numerosas obras sobre los temas de su especialidad, presentando permanentemente trabajos a congresos y revistas.

Su libro más conocido es "Intuición y Razonamiento en el Diseño Estructural", utilizado como texto y consulta en muchas universidades.

Actualmente, además de ocuparse de la docencia de grado y de postgrado, se dedica al diseño y optimización de estructuras laminares por simulación con computadoras, y a los problemas sísmicos.



ISBN 978-987-8486-12-3



9 789878 486123



Universidad
Nacional
de Córdoba

Facultad
de Arquitectura
Urbanismo
y Diseño