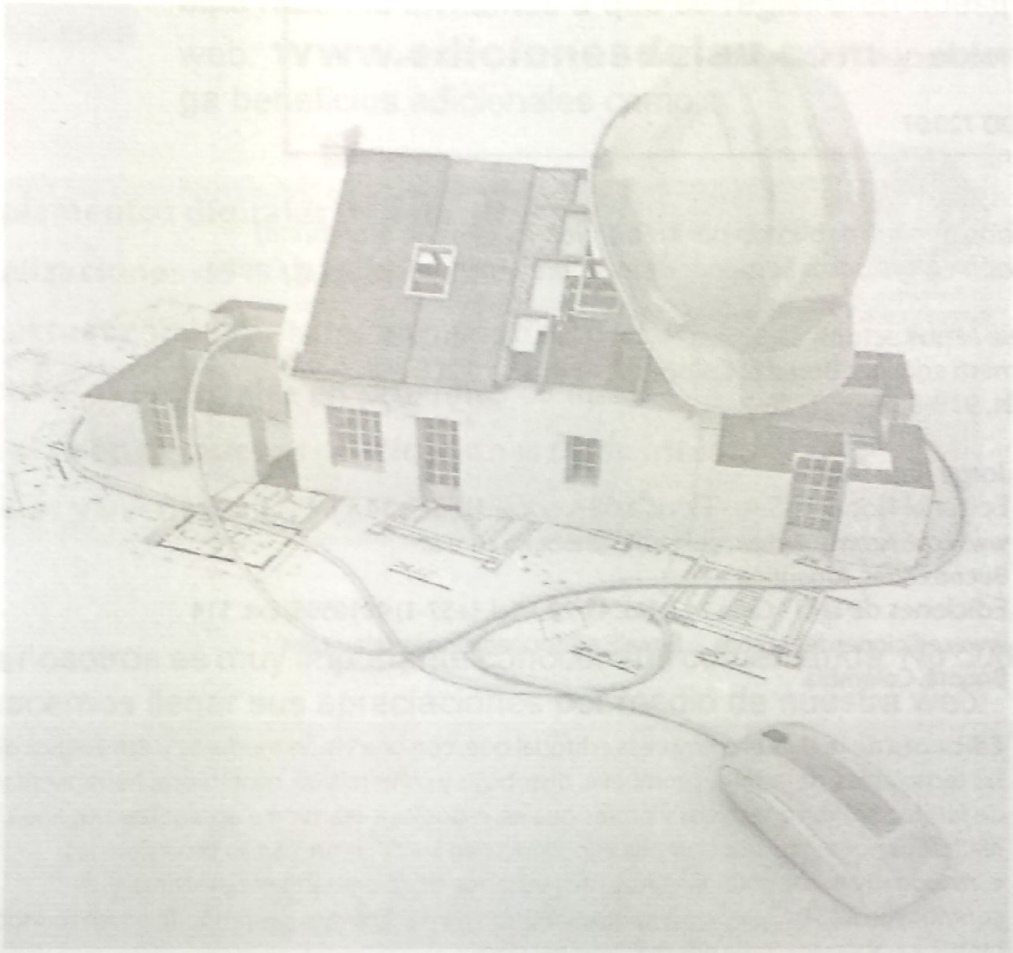
Arquitectura



Construir como proyecto

Una introducción a la materialidad arquitectónica

Arq. Jorge Raúl García

nobuko

ediciones de la U
conocimiento a su alcance

Scanned by CamScanner

Prólogo

El presente trabajo reúne una serie de charlas impartidas a alumnos de arquitectura de los primeros años de la carrera, en su primer contacto formal con el mundo de la Construcción. De acuerdo a esa condición, se ha tratado de evitar que – abrumados por ese vasto mundo – vean declinar su creatividad a favor de escolásticas normas de construir, pero a la vez, evitar el peligro inverso de que caigan en una arquitectura "de grafito", bellamente dibujada en el mejor de los casos, pero desentendida de su condición material. A este objetivo prioritario han sido apuntadas estas charlas, procurando incorporar un Sentido Constructivo básico a sus hábitos proyectuales; no podemos enseñar creatividad, pero estamos convencidos que podemos facilitarla, haciendo accesibles algunas claves constructivas que subyacen en la forma.

El problema mayor al que se enfrenta el alumno es y ha sido siempre como unir lo que se le da por separado, como integrar los conocimientos sectoriales en una propuesta arquitectónica y constructiva recíprocamente coherente. Al definir a "lo proyectual" como vehículo pedagógico del curso, la Cátedra * ha estimado que el compromiso genuino del alumno con su proyecto es la vía más segura para acceder al verdadero conocimiento constructivo, aquel que queda indeleblemente grabado en su formación. Así, ha puesto por encima de todo el carácter integral del acto arquitectónico, evitando fórmulas y confiando en el uso de instrumentos conceptuales con los que pueda construir sus alquimias arquitectónico-constructivas, instándolo enérgicamente a que ejerza su autonomía: él debe ser el que fije las metas a las que lo constructivo debe llegar.

Es en este marco pedagógico donde se explica la consigna deliberadamente ambivalente del título, ***"Construir como Proyecto":*** por un lado, como la firme voluntad de llegar a construir lo pensado; por otro, como la aspiración de fusionar lo construido y lo pensado en un mismo modo de obrar.

Este texto no es, por ello, un Manual donde encontrar "soluciones" constructivas (siempre singulares) sino más bien un itinerario a recorrer en

Scanned by CamScanner

el complejo camino de la materialización arquitectónica. Se convocan para tal fin conocimientos de distintos ámbitos y se invita a relacionarlos: de lo histórico-social y cultural, de lo geográfico y lo climático, de la tradición constructiva y de la ciencia, y fundamentalmente de la experiencia arquitectónica, con ejemplos paradigmáticos que ilustren claramente los conceptos enunciados. A lo mismo apunta el deliberado esquematismo de los gráficos, buscando la comprensión de lo esencial a partir de lo cual se haga más conciente la indagación técnica posterior.

En el empeño por acompañar (y a veces, perseguir) un proceso pedagógico que otorga igual peso a Idea y Materialidad, creemos haber identificado algunas instancias donde los puentes entre ambas se hacen más evidentes: el reconocimiento de la importancia decisiva de la "Impronta Estructural", el "momento" de la "Elección del Material", la manipulación de la "Relación Estructura-Cerramiento" y los saltos escalares en el "Estudio del Detalle" son algunas donde se funden más claramente lo técnico y lo significativo, constituyéndose en el nervio pedagógico del curso.

En esa búsqueda de puentes, el orden y la estructura de los temas –sobre todo los de la primera parte– han sufrido los vaivenes de aquel "empeño persecutorio" que intenta "llegar a tiempo" con lo que el alumno requiere, tarea no menor considerando que tiene "casi todo" por conocer. De este modo, el orden y estructura presentes también expresa el nivel de comprensión alcanzado por la cátedra del complejo proceso del proyecto arquitectónico en su escalón inicial, quedando abierto a cambios cuando la experiencia pedagógica lo aconseje, como de hecho ya ha ocurrido a lo largo de los años.

Finalmente, este texto pretende ser sólo el testimonio de una experiencia docente. Sin la clara estrategia de la Cátedra* fijando el norte del curso y sin las ricas observaciones de los Auxiliares Docentes en su cotidiana tarea de transmisión, no hubiera podido acercarse a una dinámica proyectual verdadera ni superar la mera linealidad expositiva, quedando en una enunciación teórica de temas sin contacto con esa práctica, suprema instancia del hacer arquitectónico.

* Taller de Procesos Constructivos Nº 2 Nivel I – Cátedra: Saraví-Del Mármol-García - Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata

Scanned by CamScanner

Introducción

Construir ideas arquitectónicas

El Taller de Procesos Constructivos propone al alumno **"construir ideas arquitectónicas"**, resumiendo en éstos tres términos las condiciones para que el proceso formativo se produzca:

- **"Construir",** es decir, **voluntad de materializar** lo proyectado. Para el Arquitecto, esforzarse en "materializar" su proyecto, en darle consistencia y factibilidad técnica, constituye no sólo un desafío profesional sino también un compromiso ético y social.
- **"Ideas",** nacidas de **Intenciones** genuinas para con el problema arquitectónico planteado, preservando su unidad esencial.
- **"Arquitectura",** como **dimensión cualitativa** a la que el objeto aspira: "que el Todo sea mayor que la suma de las partes".

El Taller de Procesos presupone tanto la obra como el tablero. Partimos de la convicción de que no existe una teoría abstracta de la piedra, del hierro, de la madera, independiente de la intención arquitectónica que la provoca. Fuera de ella, sólo existe conocimiento empírico y científico al servicio de la racionalidad y el ingenio constructivos. Pero es a través del esfuerzo por materializar la Intención donde Materia y Forma revelan su calidad, manifestándose en energía constructiva. La reflexión provocada por este esfuerzo distingue la arquitectura de la mera construcción.

La frecuente distinción hecha en los Planes de Estudio entre unos saberes especializados (Estructuras – Construcciones – Instalaciones – Producción – etc.) y el acto creativo es más aparente que real, una convención académica que separa artificialmente aspectos que, en realidad, están imbricados. No obstante, esta separación cala honda y rápidamente en la mentalidad del alumno, llevándolo a una concepción segmentada y falsa del objeto arquitec-

Scanned by CamScanner

tónico: por un lado, el "partido arquitectónico", como una expresión de deseos abstractamente omnipotente; por el otro, "la construcción" que se resuelve "de alguna manera". Ante esta situación de hecho, el problema mayor ha sido siempre cómo unir lo que se da por separado, cómo traducir las ideas en hechos y los conocimientos sectoriales en decisiones unívocas.

En un contexto contemporáneo de desaparición de las tradiciones artesanales y de veloz transformación tecnológica y productiva, con un proceso edificatorio mediatizado por una cadena de decisiones que el arquitecto no origina ni controla, **¿cómo aprehender a construir ideas arquitectónicas?; ¿cómo elegir coherentemente los materiales y las técnicas apropiadas?; ¿cómo relacionarlos unos con otros y ajustar idea y realización lo más estrechamente posible?. ¿Cómo, finalmente, integrar las intenciones con los conocimientos sectoriales en una única concepción, salvaguardando la unidad de los problemas?**

Estos son los interrogantes que la Cátedra intenta responder operando en el proceso de mediación entre la idea y la obra, con la pretensión de generar conocimiento constructivo genuino de su interacción permanente, sin subordinaciones deformantes en uno ú otro sentido.

Propuesta Pedagógica

Dentro del complejo campo de La Construcción, el Taller de Procesos Constructivos nº 2 ha articulado sus tres niveles de complejidad mediante la siguiente secuencia, intentando preservar, no obstante, el pensamiento arquitectónico integral.

Así, en el 1er. Nivel se acentúa **"Lo proyectual,"** entendido como el modo más directo e inmediato de internalizar en el alumno la necesidad de atender a la materialidad desde la concepción inicial. En el 2do. Nivel se acentúa **"lo Constructivo"**, la identificación de los sub-sistemas constitutivos del artefacto arquitectónico, su sistematización interna, el estudio y resolución de la parte y de las técnicas de unión. Finalmente, en el 3er. Nivel se pone el énfasis en **"Lo Productivo",** es decir, en la incidencia determinante de las condiciones de producción material en las lógicas del proyecto.

El Trabajo Práctico a desarrollar durante el año – un ejercicio de arquitectura en base a un programa proporcionado por la Cátedra- se divide en dos partes:

Scanned by CamScanner

La primera, que ocupa aproximadamente la mitad del tiempo disponible, está dedicada a la estructuración general del partido arquitectónico, donde cobran principal importancia dos problemas centrales:

- Un planteo estructural coherente con la propuesta arquitectónica.
- La elección adecuada de los principales materiales y técnicas de ejecución.

La segunda parte, que ocupa el resto del año lectivo, está centrada en el problema del Cerramiento y el Sistema Constructivo, y por lo tanto, en el estudio de los Detalles constructivos críticos que hacen a la sistematización del proyecto con vistas a su materialización.

En ambas, el contenido teórico intenta acompañar al proceso práctico del alumno lo más sincrónicamente posible, aportando tanto información técnica básica como reflexiones teóricas que sugieran las vastas proyecciones y vínculos que lo técnico teje con lo específicamente arquitectónico.

Scanned by CamScanner

Primera Parte:

PARTIDO Y MATERIALIDAD

Scanned by CamScanner

1 - PARTIDO Y MATERIALIDAD
1.1. – Partido arquitectónico

Mediante el "Programa de Necesidades", la Sociedad plantea a la arquitectura una serie de "problemas", es decir, de contradicciones entre aspiraciones y condiciones de materialización que sólo un Partido Arquitectónico está en condiciones de satisfacer: **el "problema" siempre es de origen social, pero tiene "destino arquitectónico".**

A su vez, éste desencadena en el arquitecto algunas preguntas fundamentales: ¿"Qué debo hacer"?; ¿"qué puedo hacer"?; ¿"qué quiero hacer"?; interrogantes éticos, prácticos y estéticos que se traducirán en "Intenciones arquitectónicas": **las "Intenciones" siempre son de origen subjetivo (las pone el arquitecto) pero tienen "destino social".**

Estas "Intenciones" son inicialmente "expresiones de deseo" que no encuentran fácilmente, por el mero hecho de su enunciación, su correspondiente traducción a formas arquitectónicas tangibles. Junto a consideraciones sociales ó psicológicas sobre la función, los modos de vida ó el entorno, surgen imprevistas intuiciones acerca de como organizar el programa, el espacio ó la imagen; al lado de evaluaciones prácticas sobre posibilidades y límites de la realización, coexisten una voluntad poética personal ó prejuicios de algún "sentido común".

Todas esas impresiones y reflexiones, valiosas en sí mismas como primera reacción ante el problema planteado (y a las que conviene atesorar), conviven sin embargo en una especie de magma que necesita ser ordenado; se necesita algo que sirva de guía para las decisiones fundamentales: se necesita **una "Idea Rectora".** Pero para tener "ideas" hay que generar "intenciones", y para generar intenciones hay que sumergirse en el "Problema". (Y así, "el perro se muerde la cola"). Esto, que así dicho parece muy lineal, es en realidad un proceso de múltiples entradas, idas y vueltas.

a - La "Idea Rectora"

Un edificio es un hecho material que empieza por una Idea, pero: ¿de qué naturaleza es esta "idea"?

Esta idea no es meramente un concepto. Es, sobre todo, la **"visualización de un orden"** que prefigure lo que va a ser el proyecto, estructurán-

Scanned by CamScanner

dolo en un "todo coherente". Es, en suma, una especulación híbrida entre el pensamiento y el lápiz.

Pero: ¿cómo hacer para generar esta idea, para provocar su "alumbramiento", su visualización?

Responder a esta pregunta es quizás lo más difícil de explicar. Puede aparecer de muchas formas (a través de algún organigrama funcional y circulatorio, de una impronta estructural ó constructiva, de una imagen general, de un esquema de implantación, etc.), pero le pondremos dos condiciones:

- **Que se considere el "Problema completo"**, en todos sus aspectos (sociales, culturales, históricos, técnicos y formales, etc.)

- **Que se lo haga poniendo en relación** las "Condiciones Objetivas" del problema con las "Intenciones Subjetivas" del proyectista.

Para ilustrar este proceso con un ejemplo, vamos a apelar al proceso de creación que se intuye a través de una serie de bosquejos y dibujos realizados por Le Corbusier para el Palacio de Justicia de Chandigarth:

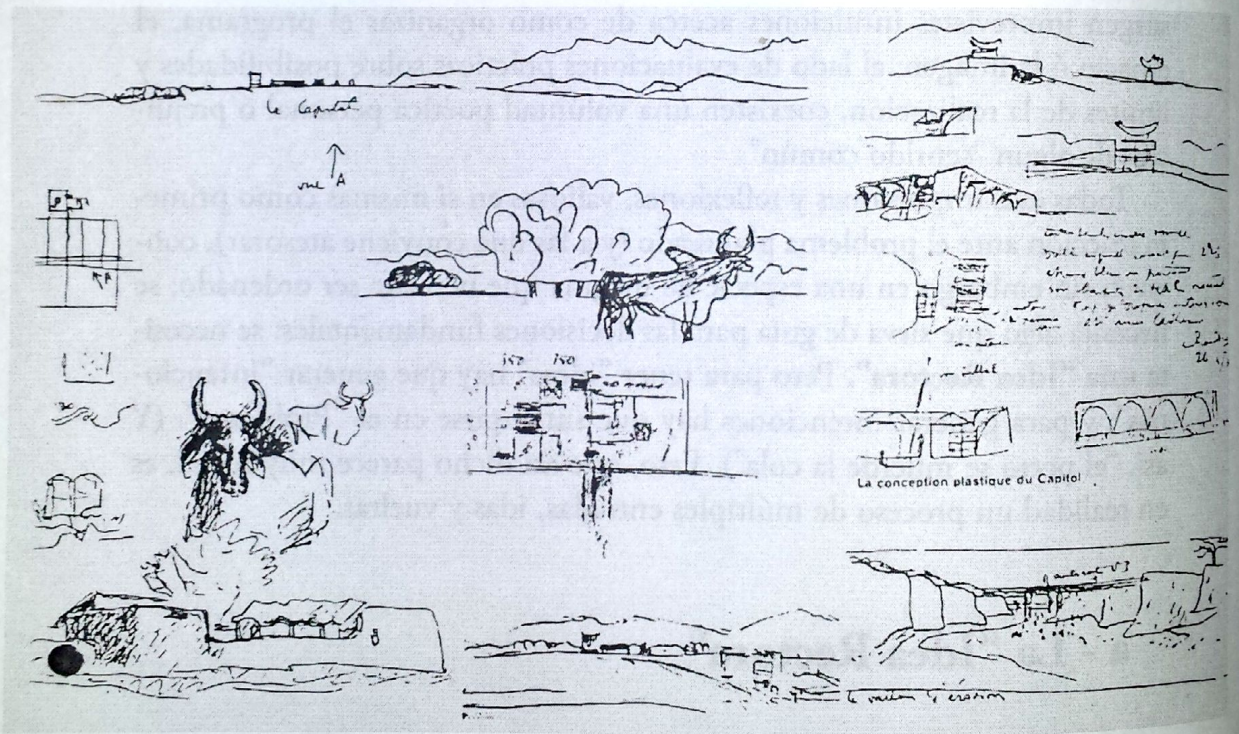


Fig. 1: Bocetos de Le Corbusier para Chandigarth

Scanned by CamScanner

El Sitio:

En estos croquis, Le Corbusier va tomando nota de una serie de características, tanto naturales (topografía, vegetación, clima, etc.) como culturales (costumbres, modos de vida, tradiciones, instituciones, etc.) del sitio, tratando de captar su contenido: Usuario, Ámbitos, Actividades, Movimientos, realizados en el espacio-tiempo histórico y cotidiano. Le Corbusier ha calificado al Sitio como **"el plato de la composición arquitectónica"**, agregando: "Desde el exterior, la obra se unirá al sitio, pero desde el interior, lo integrará. **La arquitectura expresa el sitio".**

Pero es evidente que para Le Corbusier el sitio es algo más que un espacio geométrico: **el sitio es un "Lugar",** un ámbito donde sucede algo significativo para el que lo habita. Lo propio de la noción de "lugar" es ser algo que tiene **un carácter, una Identidad** propia; es ser algo **"memorable".**

¿Y por qué se prenden a la memoria estos lugares? Porque de ellos se desprende una atmósfera, un clima, una esencia particular. (A medida que se progresa en la carrera, iremos viendo como la correcta caracterización del Sitio se vuelve cada vez más importante (y cada vez más sutil), constituyéndose en una de las fuentes principales de la creación arquitectónica).

Si esto es así, el proyecto debería nutrirse del sitio para poder expresarlo, para integrarlo, para formar con él una unidad. El objeto a proyectar no debe ir del tablero al sitio sino a la inversa, del sitio al tablero; **el Sitio es un objeto arquitectónico en sí mismo, de él salen los primeros "materiales" del proyecto.** Es por ello que su registro no puede agotarse en el mero relevamiento burocrático ó catastral sino hasta captar la esencia de sus rasgos generales, su cualificación arquitectónica esencial y el esbozo de una primera estrategia para articularse con él con una intención definida.

Volvamos al ejemplo de Chandigarth.

Criterios de Unidad:

Paralelamente, vemos surgir los primeros esbozos de la solución arquitectónica:

Scanned by CamScanner

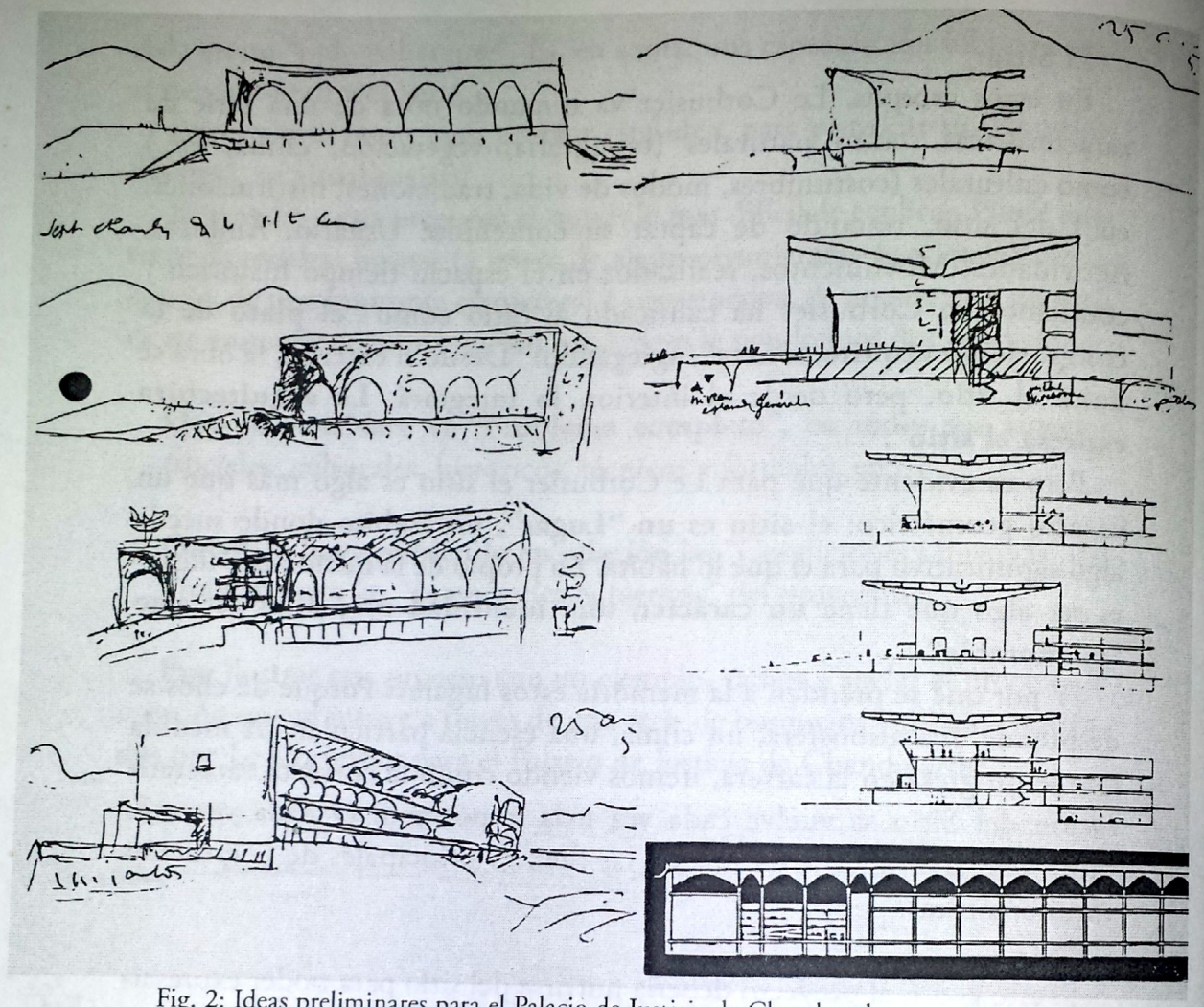


Fig. 2: Ideas preliminares para el Palacio de Justicia de Chandgarth

Acompañando las fluencias espaciales y visuales del lugar, el volumen neto del edificio se implanta frontalmente al eje longitudinal del valle, soportado por una poderosa estructura de hormigón armado (a escala del paisaje) que remata en un gran techo "pasante" del mismo material, haciendo evidente la voluntad de conjugar la escala humana con la escala cósmica del lugar. Los primeros esbozos del corte, de la posición y forma del acceso, de la impronta estructural y los cerramientos se van particularizando más y más, incorporando elementos nuevos: un gran techo que recoge aguas de lluvia (bien escaso) y las atesora en una cisterna, un sistema de parasoles que regula los rigores climáticos, etc., etc.

Así, podemos inferir de estos croquis un proceso continuo de "síntesis sobre síntesis" cada vez más inclusivas, desde las cuestiones más generales

Scanned by CamScanner

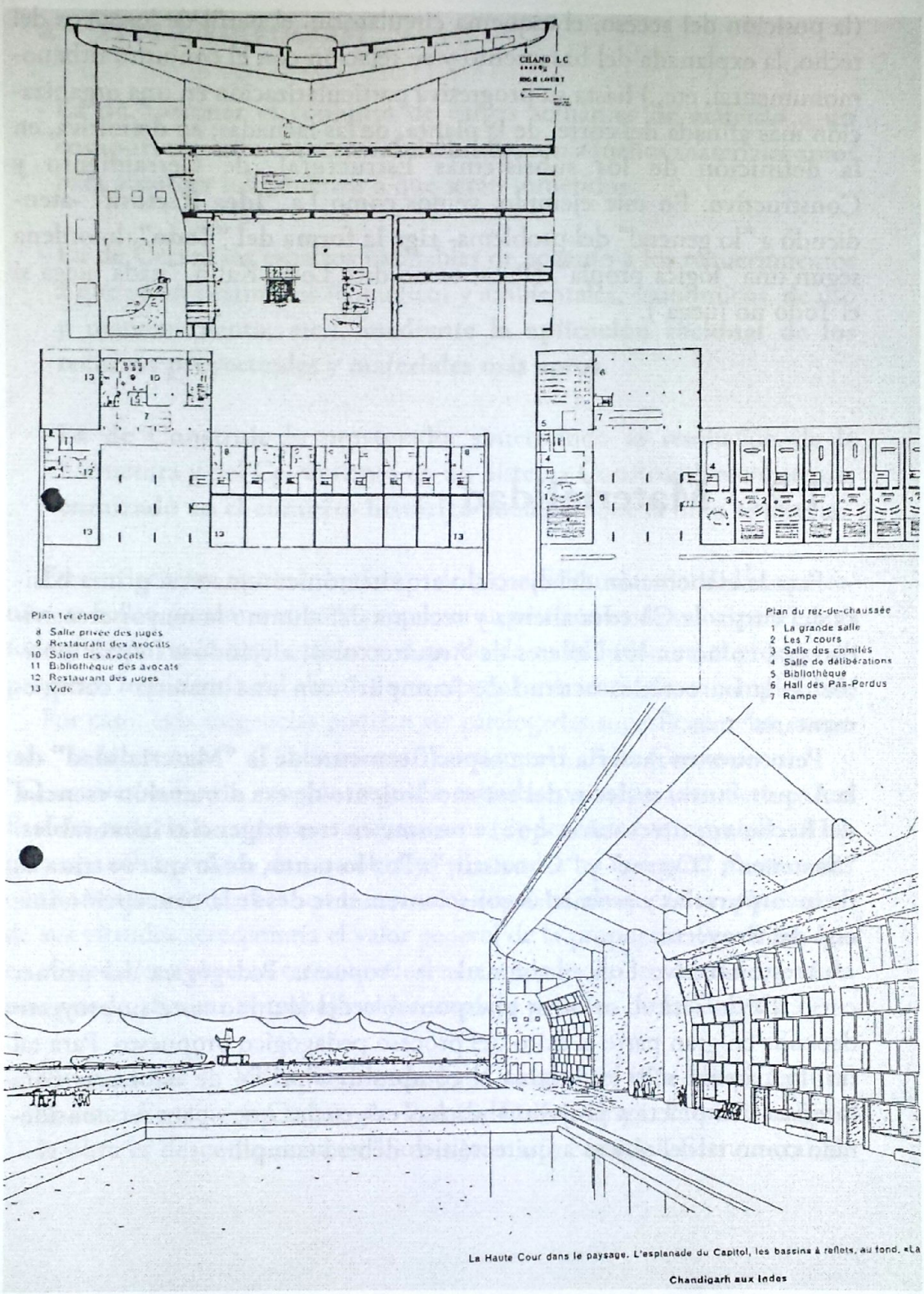


Fig. 3: Anteproyecto definitivo del Palacio de Justicia de Chandigarth

Scanned by CamScanner

(la posición del acceso, el esquema circulatorio, el perfil de los arcos del techo, la explanada del basamento y su relación con el conjunto urbano-monumental, etc.,) hasta su progresiva particularización en una organización más afinada del corte, de la planta, de las fachadas; en definitiva, en la definición de los subsistemas Estructural, de Cerramiento y Constructivo. En este ejemplo, vemos como La **"Idea Rectora"** -atendiendo a "lo general" del problema- **rige la forma del "Todo"**, lo ordena según una "lógica propia". (Pues, como dice Louis Kahn, "nada juega si el Todo no juega").

1.2. - Materialidad

Para la elaboración del ejercicio arquitectónico –materia prima básica del curso- la Cátedra alienta y reclama del alumno la mayor creatividad (tal como en los Talleres de Arquitectura), alejándose lo más posible de la burocrática actitud de "cumplir" con una materia "complementaria" más.

Pero nuestra materia trata específicamente de la "Materialidad" de la Arquitectura, es decir, del reconocimiento de esa dimensión esencial del hecho arquitectónico, que se resume en tres exigencias inexorables: "Sostener", "Cerrar" y "Construir". Por lo tanto, de lo que se trata es de incorporarlas y asumirlas conscientemente desde la concepción inicial del Proyecto.

A este objetivo está encaminada la Propuesta Pedagógica del primer curso. De la actitud creativa y responsable del alumno ante su proyecto depende en gran parte el éxito del proceso pedagógico propuesto. Para tal fin, la Cátedra sólo le reclama el compromiso previo de esforzarse para integrar a su práctica proyectual dichas exigencias que –para ser considerado como tal- el objeto arquitectónico deberá cumplir:

Scanned by CamScanner

a - Tres Exigencias:

- **La de Sostener** el conjunto de cargas actuantes **de acuerdo a un comportamiento estructural definido**, con aquellos materiales aptos para absorber los esfuerzos a que serán sometidos.

- **La de Cerrar** los espacios habitables de acuerdo a los requerimientos a que serán destinados (climáticos y ambientales, económicos, de uso y mantenimiento, etc.), **mediante la aplicación racional de los recursos proyectuales y materiales más aptos.**

- **La de Construir** lo proyectado, sintetizando la resolución de la Estructura y del Cerramiento en un Sistema Constructivo coherente, **enraizado en el contexto histórico-social** en que la obra se inserta.

Estas exigencias, signos inequívocos de la condición material de la arquitectura, se hallan presentes en toda propuesta arquitectónica de valor, pero como toda síntesis, no es fácil establecer el modo de su inclusión en el proceso de proyecto, requiriendo del alumno una especial conciencia de su complejidad.

Por caso, esas exigencias podrían ser catalogadas superficialmente como tres "sub-sistemas" ("Sub-sistema Estructural", "de Cerramientos", y "Constructivo"), y a renglón seguido tratarlas por separado. Pero en un Partido todavía en ciernes, su tratamiento independiente – quizás válido para el análisis crítico de una obra ya plasmada- no agregaría mucho más que su mera enunciación, en la creencia –ingenua- de que la simple "suma" de sus virtudes acrecentaría el valor general de la propuesta. Pensamos que en el verdadero proceso creativo ocurre en verdad todo lo contrario, **y nada nos puede ahorrar el trabajoso y complejo proceso de la Síntesis.**

- Despiece de la **Ville Savoie de Le Corbusier:** (De "Arquitectura: Forma, Espacio y Orden, de Francis D.K.Ching). Para su análisis, la obra es descompuesta en "Sub-sistemas"; Espacial, Estructural, de

Scanned by CamScanner

Cerramiento, Circulatorio, etc., que aporta alguna claridad a su comprensión. Pero nadie puede proyectar así, "por partes", obviando indagar en el carácter sintético de sus interrelaciones, de la cual deberá surgir la lógica común donde se apoyarán los mencionados "subsistemas".

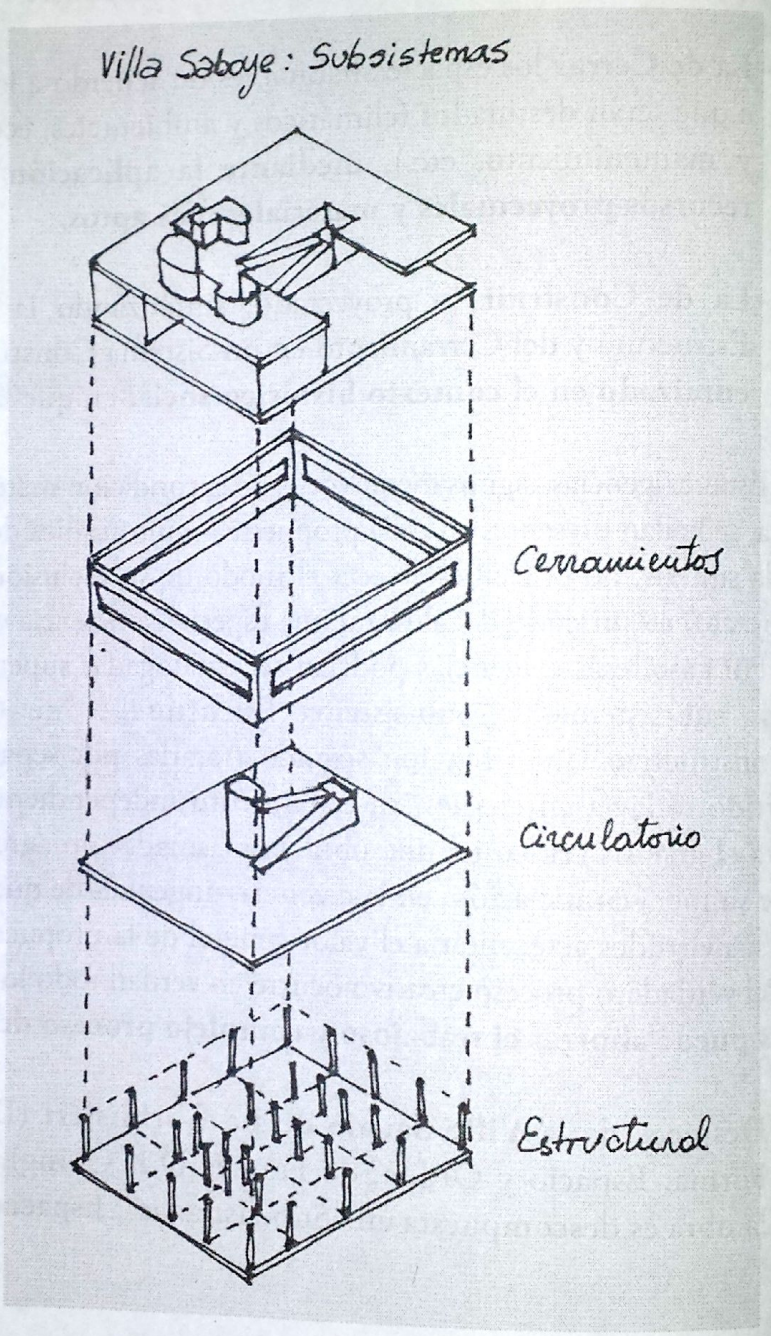


Fig. 4: Villa Saboye: subsistemas

Scanned by CamScanner

No se trata, por ejemplo, de adoptar una retícula estructural de acero ú Hormigón por su supuesta "modernidad", ó atarse al valor plástico de una "Caja Muraria", pasando por alto el análisis de condicionantes tales como la flexibilidad y crecimiento que reclama la Función, la disponibilidad local de Materiales y Mano de Obra, la velocidad de ejecución requerida, las condiciones climáticas, históricas, geográficas ó del paisaje, las expectativas culturales, etc., condicionantes que en cada caso pueden conferirle a la obra su carácter e identidad particular, es decir, el ingrediente que las singularice. (p/ej.: casa Mathes)

De la misma manera, la elección de determinados materiales y tecnologías no puede estar sujeta simplemente al gusto individual sin pasar previamente por el análisis de los factores económico-sociales, productivos ó técnicos que los condicionan. Las inevitables modas, tendencias, ó gustos personales se establecerán así sobre un plano más objetivo y racional, dándole un sentido a la formación Universitaria.

b- Evolución de la Materialidad

En una rápida revista podemos constatar una evolución progresiva que, a favor de complejos factores histórico-sociales, técnicos y culturales, ha impulsado a la Arquitectura hacia la conquista de mayores libertades ante las leyes físicas y naturales, y consecuentemente, a una mayor amplitud del espacio, de apertura y de luz, como tratan de ilustrar los siguientes ejemplos:

Scanned by CamScanner

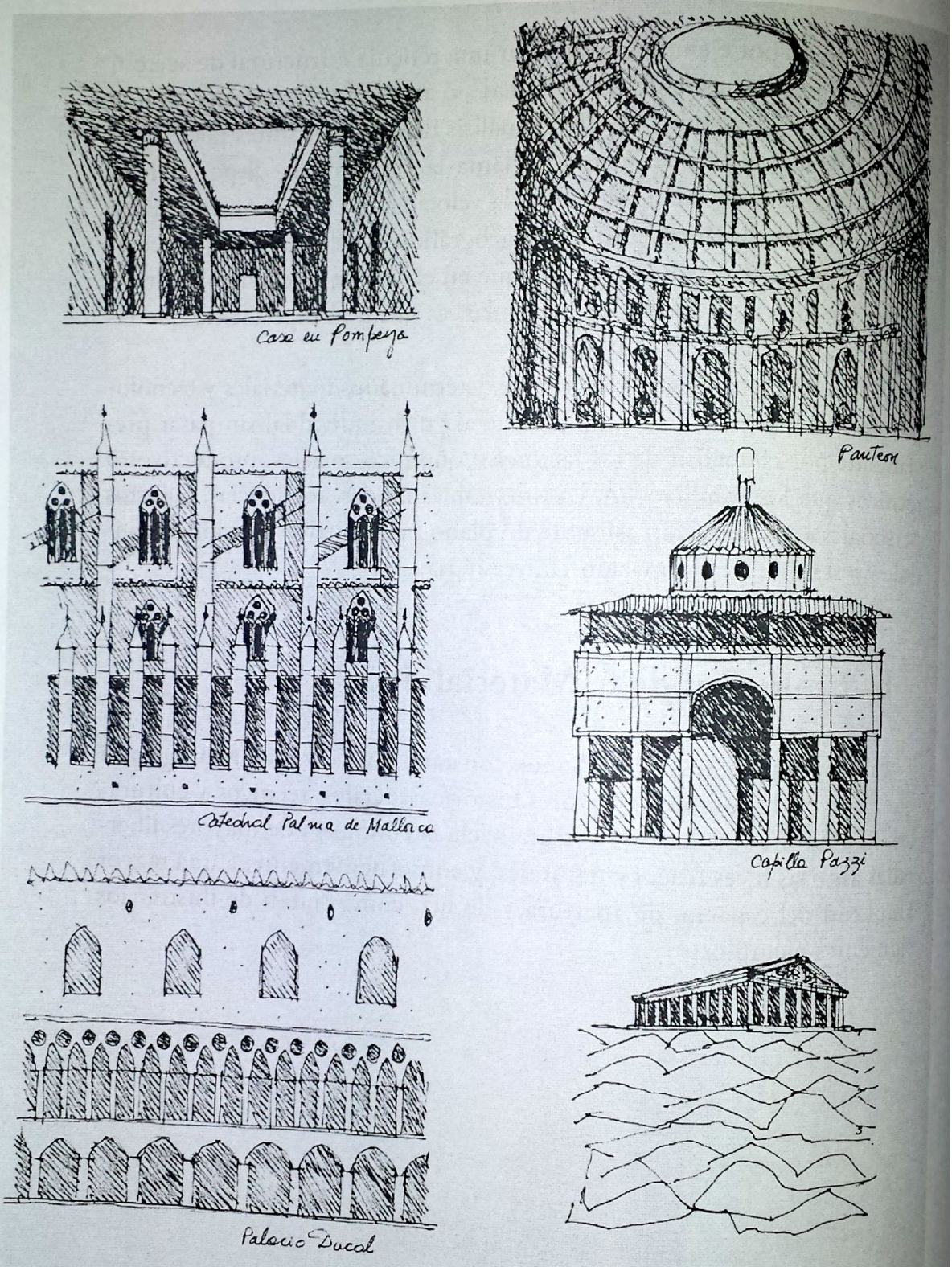


Fig. 5 – Casa en Pompeya – Panteón – Catedral de Mallorca – Capilla Pazzi – Palacio Ducal Venecia - Partenón

En la "Casa en Pompeya" y en el Panteón (mundo antiguo), dominan los muros estructurales ciegos, que cierran casi completamente las relaciones con el espacio público (a veces ame-

Scanned by CamScanner

nazante) cerrándose sobre sí mismas, abriéndose solamente a los "seguros" vanos cenitales. El Gótico Medieval es en esencia la resolución de una contradicción entre las "condiciones objetivas" impuestas por la mampostería de piedra (apta solamente para compresión) y las "intenciones subjetivas" de ascensión y de transporte hacia la luz. En ese sentido, la Catedral de Palma de Mallorca da un indicio importante de esa búsqueda de libertad, insinuando mediante la sucesión de pilares la futura posibilidad de independizar la función estructural del cerramiento.
Haciendo recordar al paradigmático espacio público griego, en la Capilla Pazzi y el Palacio Ducal de Venecia (Renacimiento) la intensidad de la vida urbana permea las plantas bajas de los edificios, imponiendo la "desmaterialización" del muro de carga con una sucesión de arcos y columnas, invirtiendo así la tectonicidad tradicional. (lo "pesado" abajo; lo "liviano" arriba.)

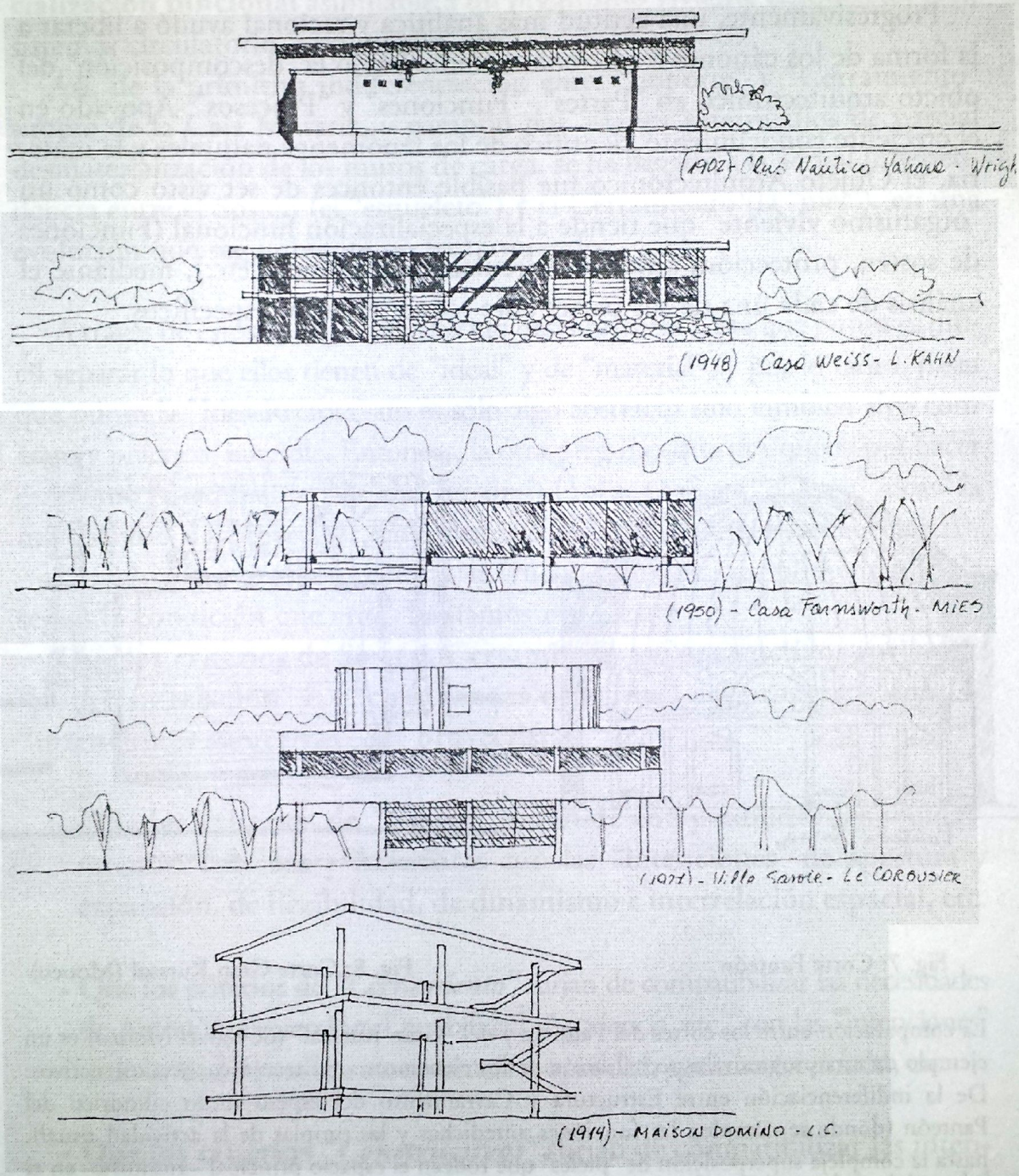


Fig. 6: Club Yahara (Wrigth) – Casa Weiss (Kahn) – Casa Farnsworth (Mies van de Rohe) – Villa Saboya – Maison Dominó (Le Corbusier)

Scanned by CamScanner

Asimismo, en ejemplos "Modernos" estas búsquedas de libertad y amplitud se perciben muy claramente:
En el "Club Naútico Yahara", de F. LL. Wright, y la "Casa Weiss" de L. Kahn, sobre una base maciza y ciega, los edificios se alivianan y abren al horizonte en el nivel superior. Las casas Farnsworth de Mies y Ville Savoie de Le Corbusier, además de explotar al máximo esas aperturas) liberan el suelo gracias a la independencia efectiva entre la estructura y el cerramiento. Estas estrategias de diseño adquieren valor de ícono moderno de referencia en la "Maison Dominó" de Le Corbusier.

Progresivamente, una actitud más analítica y racional ayudó a liberar a la forma de los cánones tradicionales, induciendo la "descomposición" del objeto arquitectónico en "Partes", "Funciones" y "Procesos". Apoyado en el creciente conocimiento científico de los fenómenos naturales y la materia, el Objeto Arquitectónico fue pasible entonces de ser visto como un "organismo viviente" que tiende a la especialización funcional (Funciones de sostén, protección, aislación, circulación, aireación, etc.), mediante el análisis de cada una de sus partes ante requerimientos específicos.

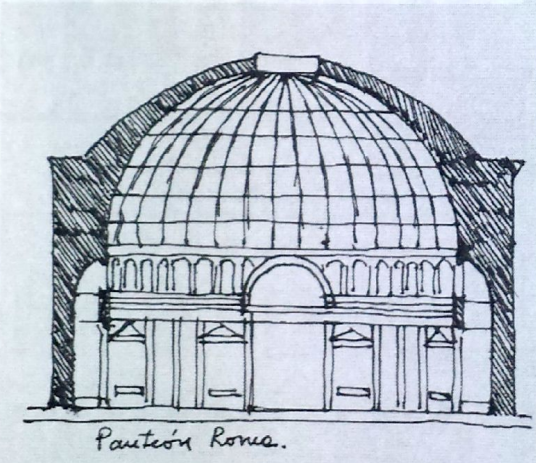


Fig. 7: Corte Panteón

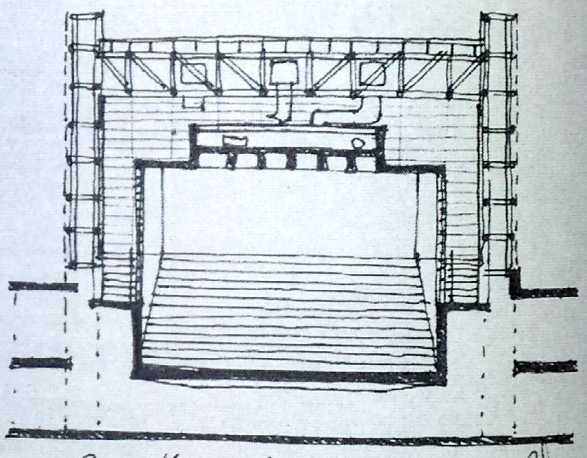


Fig. 8: Corte Gran Kursaal (Moneo)

La comparación entre los cortes del Panteón y del "Gran Kursaal" (de Rafael Moneo) es un ejemplo de esta progresiva especialización de los elementos arquitectónicos y constructivos: De la indiferenciación entre Estructura y Cerramiento del espeso muro cilíndrico del Panteón (donde se cumplen las funciones antedichas y las propias de la actividad ritual), hasta la compleja superposición de "pieles" que rodean el espacio principal –auditorio- en el edificio de Moneo, cada una cumpliendo separadamente las funciones estructurales, circulatorias, reguladoras de la luz, aislantes, acústicas, de aireación mecánica, etc.

Scanned by CamScanner

Así, **la Función de Cerramiento se "separa" de la Estructura**, y un conocimiento más exacto y probado de sus funciones específicas permite concebirlo como una **"asociación coordinada" de materiales** donde cada uno cumple eficazmente su rol, realizando la "recomposición" de la envolvente arquitectónica sobre nuevos fundamentos. Estas estrategias de diseño son, en principio, deudoras de aquellos instrumentos conceptuales desarrollados por el Movimiento Moderno: La **descomposición** y análisis del objeto arquitectónico en Partes, Funciones y Procesos y su posible **especialización funcional** asimilable a un organismo viviente (Esqueleto, piel, sistemas circulatorio, respiratorio, etc.)

Así, de la primitiva indiferenciación entre "Soporte" y "Cerramiento" propio de la Caja Muraria, y pasando por estados intermedios de parcial desmaterialización de los muros de carga, se ha llegado a la actual independencia entre el Sostén (el "esqueleto") y el Cerramiento (la "piel"), en una evolución que seguramente no ha terminado.

A través de estos ejemplos hemos ido descubriendo hasta que punto es difícil separar lo que ellos tienen de "ideal" y de "material", y por lo tanto, hasta que punto la "Idea Rectora" no es sólo algo abstracto sino también algo concreto y práctico, tangible. Entonces, la otra pregunta que nos queda por hacer es: **¿cómo "materializar" la idea rectora?:** (ó si se prefiere: "¿Cómo "idear" la materialidad del proyecto?", pues ambas son dos caras de la misma moneda).

La respuesta a esta pregunta la encontraremos cumplimentando la segunda condición que antes habíamos propuesto:

Que los criterios de Sostén, Cerramiento y Constructivos surjan de "poner en relación" las "condiciones objetivas" del programa con las "intenciones subjetivas" del proyectista:

- **Que los criterios de *"Sostén"*** surjan de compatibilizar los requerimientos estáticos y resistentes con las "intenciones" de apertura y expansión, de flexibilidad, de dinamismo e interrelación espacial, etc.

- **Que los criterios de *"Cerramiento"*** surjan de compatibilizar las necesidades de Aislación, Protección, Durabilidad, Apariencia, etc., con las "intenciones" de liviandad ó pesadez, transparencia ú opacidad, apertura ó cerrazón, etc.

- **Que los criterios *"Constructivos"*** surjan de compatibilizar las intenciones anteriores con las condicionantes geoclimáticas del sitio, del contexto histórico-social y las derivadas de la escala del problema.

Scanned by CamScanner

Y todo ello para empalmar nuestra obra a la evolución de la materialidad en el punto en que la dejamos, pues, de no ser así, sería puro formalismo. Ante la velocidad de los cambios tecnológicos, para el arquitecto es vital **desarrollar la capacidad de diseñar estrategias de construcción consistentes** que lo pongan a tono con la evolución material.

Dentro del esquema del curso, el desarrollo del proyecto de arquitectura se ha dividido en dos grandes grupos de problemas: los de **la Estructura**, por la importancia que implica su impronta en la organización general del proyecto, y los del **Cerramiento**, que se concentran en el Estudio del Detalle.

En la búsqueda de "puentes pedagógicos" que vinculen operativamente las ideas e intenciones con su materialización, se destacan a nuestro juicio cuatro "momentos" (difíciles de ubicar rígidamente en la secuencia del proceso proyectual), pero que sin duda son instancias-clave para la integración de la que hablamos: nos estamos refiriendo a la **Estructuración Portante** del proyecto, a la **Elección del Material** (la llamada "opción tecnológica"), a la indagación en la compleja **"Relación Estructura-Cerramiento"**, y al consecuente **"Estudio del Detalle"**, que trataremos de desarrollar acompañando el proceso de proyecto.

Scanned by CamScanner

2 - COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL *

** Gran parte del contenido técnico y de los ejemplos gráficos de este capítulo ha sido extraído del libro "Estructuras para Arquitectos", de Salvadori y Heller, citado en la bibliografía.*

Importancia de lo estructural

Las Estructuras pertenecen a una disciplina específica con sus propias reglas que debemos aprender a considerar en todo su rigor. Como tales, poseen la belleza propia de las matemáticas, una especie de armonía surgida de su apego a las leyes de la naturaleza. Pero si pudiésemos percibirlas aisladas del resto del edificio, también debería dejarnos algo de la idea arquitectónica subyacente, un indicio del "orden" que ha regido el proyecto.

Existe una **cierta equivalencia entre forma y estructura**, ó más exactamente, entre "estructura de la forma" y "forma de la estructura", hasta tal punto dichos conceptos se penetran y confunden. Esto se debe a que en la trilogía "Sostener – Cerrar – Construir", la estructura juega el rol fundamental de ser referencia fija de la forma arquitectónica, y en particular, responsable principal de su tectonicidad.

El impacto de la impronta estructural es tan grande – como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos – que su consideración no puede quedar relegada a una segunda instancia, "acomodada" según razones de menor rango ó transferida sin control a la competencia de los especialistas. Si bien éstos participarán activamente en la solución estructural definitiva**, los arquitectos deben desarrollar la capacidad de pensar, proponer y defender sus estructuras.**

Pero además, en arquitectura **todo material es estructural**, pues estará sometido a un tipo de exigencias (rigores del uso, durabilidad, buen mantenimiento y envejecimiento, etc.) que puede comprometer su permanencia y estabilidad. Por ello creemos necesario iniciar el presente capítulo insistiendo en que todo elemento arquitectónico (sea ó no portante) debe ser analizado y pensado también desde el punto de vista estructural.

Scanned by CamScanner

2.1. - Finalidad

Las estructuras siempre tienen un carácter utilitario específico: cubrir, cerrar, delimitar uno ó una serie de espacios para el desarrollo de actividades humanas, en una situación geográfica, climática, económica e histórico-social particular. De esta situación particular se deriva la acción de un conjunto de cargas, que es necesario analizar también en particular:

a - Cargas:

El conjunto de las cargas actuantes sobre una estructura (producto del cúmulo de circunstancias anteriores), denominado "estado de carga" del edificio, sumado al conjunto de reacciones que provoca, constituirá en definitiva el conjunto de fuerzas incidentes sobre la estructura, que determinará, a la postre, su comportamiento estructural:

- Algunas de dichas cargas no cambian, ó cambian lentamente, razón por la cual se las considera actuando "estáticamente" y se las llama **"cargas permanentes":** (peso propio; carga útil; cargas térmicas; cargas de asentamiento), evaluándolas mediante un promedio estadístico. (Aunque algunas actúen temporariamente, como la lluvia, el hielo, la nieve ó el viento).

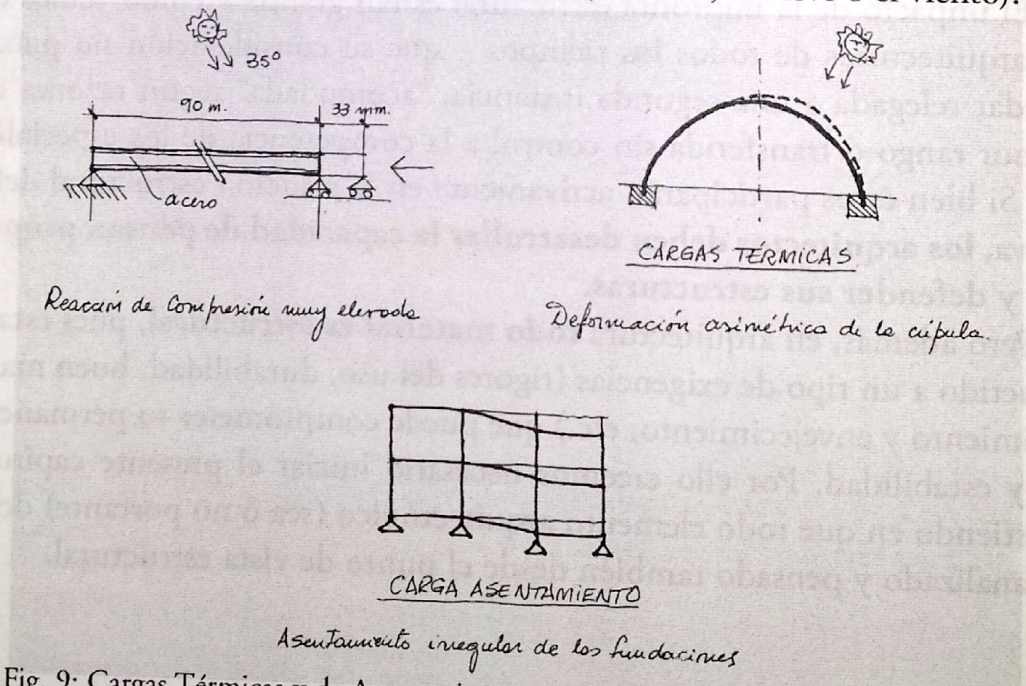


Fig. 9: Cargas Térmicas y de Asentamiento

Scanned by CamScanner

- Las cargas cuyo valor varía bruscamente se las denomina **"cargas dinámicas"** (cargas de impacto; cargas resonantes), y su estimación se realiza mediante "cargas equivalentes" ó de forma experimental (tunel de viento, etc.)

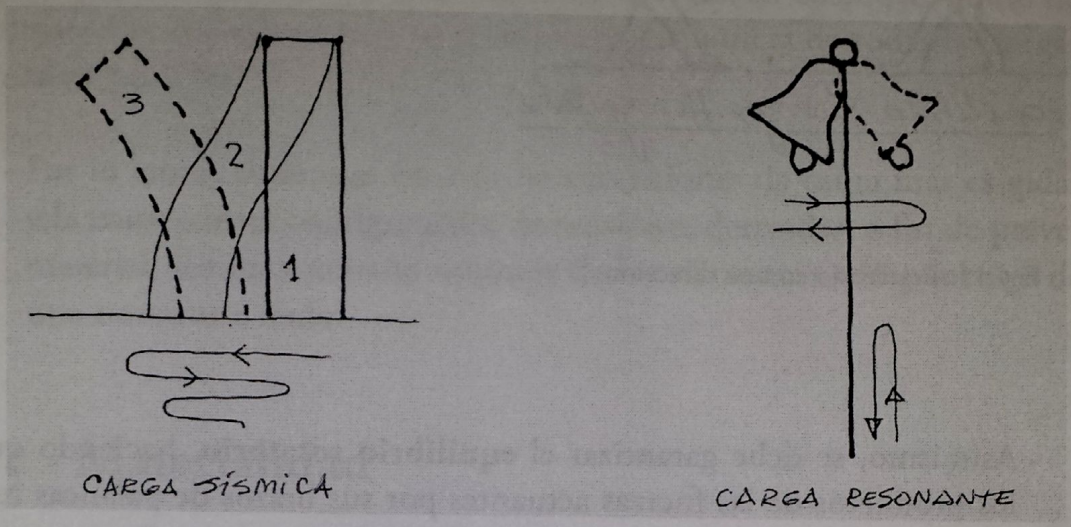


Fig. 10: Cargas Dinámicas

b - Exigencias estructurales

Pero el soporte de dichas cargas se debe realizar de manera tal de cumplimentar determinadas exigencias. Estas exigencias son básicamente tres:

Equilibrio: es la exigencia de que tanto el edificio en su conjunto como cualquiera de sus partes permanezcan inmóviles y sin deformación aparente alguna. Se aplican aquí las leyes de Newton que gobiernan el movimiento de los cuerpos, vigentes para todas las estructuras, independientemente de los materiales utilizados:

- Fuerzas de igual magnitud y sentido contrario garantizan el **equilibrio en una dirección dada**. Por lo tanto, la sumatoria de todas las fuerzas actuantes sobre la estructura en una dirección dada (horizontal, vertical, oblicua, etc.) debe ser igual a cero.

Scanned by CamScanner

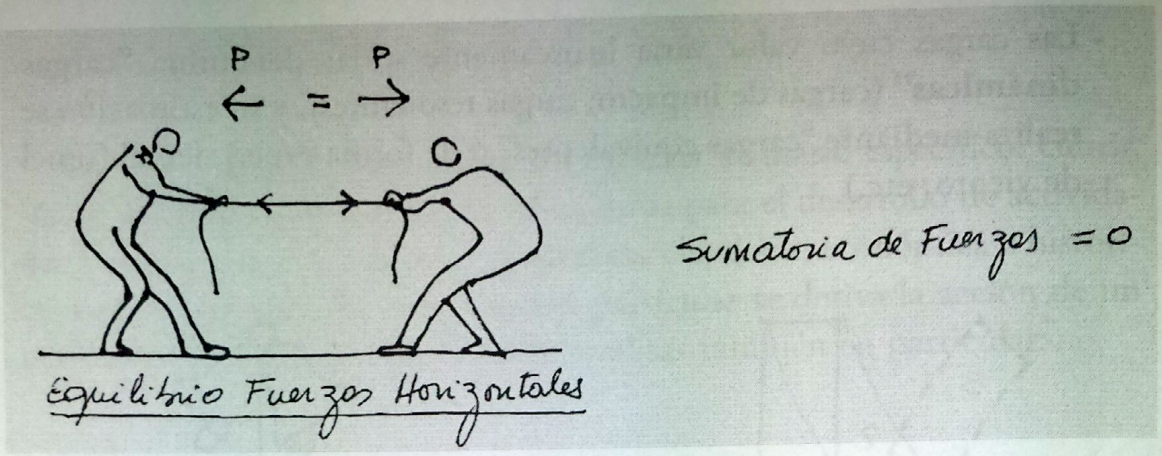


Fig. 11: Equilibrio en una dirección

- Asimismo, se debe garantizar el **equilibrio rotatorio**, haciendo que los productos de las fuerzas actuantes por sus brazos de palancas respectivos, sean de igual magnitud y sentido contrario. Respecto de cualquier punto de la estructura, la sumatoria algebraica de dichos productos debe ser igual a cero.

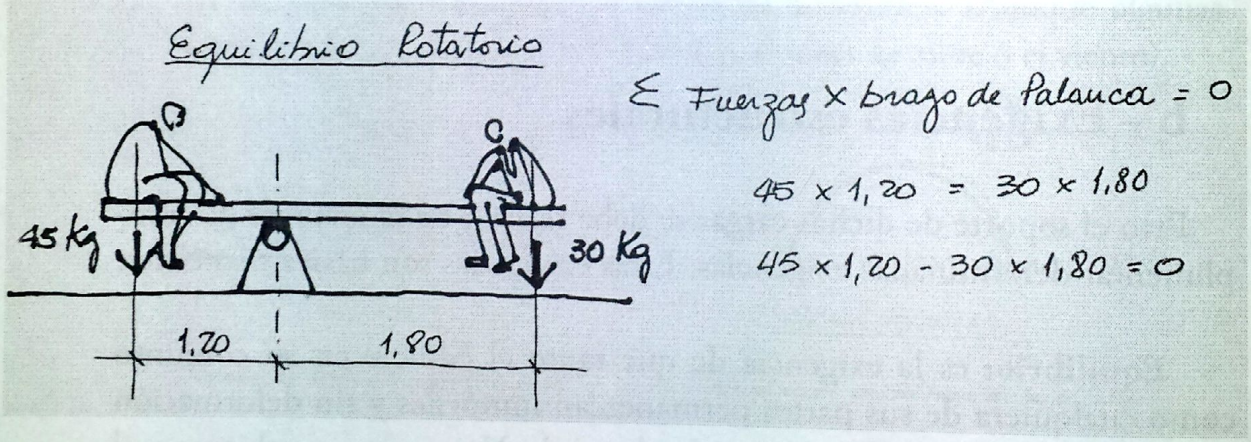


Fig. 12: Equilibrio Rotatorio

Estabilidad: es la exigencia de que el edificio, en su conjunto, no sufra movimientos inaceptables. Por lo tanto, las dos condiciones de equilibrio anteriores se aplican aquí al edificio como totalidad.

Scanned by CamScanner

- Tienen que ver fundamentalmente con las condiciones de arraigo al suelo de fundación ante la acción de fuerzas exteriores, tales como el viento, resistencias no uniformes del suelo, terrenos en fuerte pendiente, etc., y toda aquella condición que ponga en peligro la exigencia de equilibrio.

Resistencia: es la exigencia de que la estructura, en cualquier punto de su desarrollo, no se rompa ante la acción de cualquiera de todas las cargas actuantes posibles.

- Por lo tanto, tiene que ver con las condiciones de carga más exigidas y la consecuente configuración de tensiones derivadas, a fin de prever material, forma y tamaño óptimos de los elementos componentes de una estructura dada.

c - Materialidad

Las estructuras se deben encarnar en determinados materiales cuyas características y propiedades fundamentales sean compatibles con los esfuerzos a los que serán sometidos. En las estructuras se emplean gran diversidad de materiales; mampuestos, madera, hierro, hormigón, etc. cuyo comportamiento estructural fluctúa en función de algunos parámetros fundamentales:

- **Elasticidad:** Es la capacidad de un material de cesar su deformación una vez cesada la acción de la carga. Todos los materiales estructurales son elásticos en un cierto grado, aunque no totalmente. Por lo común, los materiales estructurales se utilizan dentro de su rango elástico.

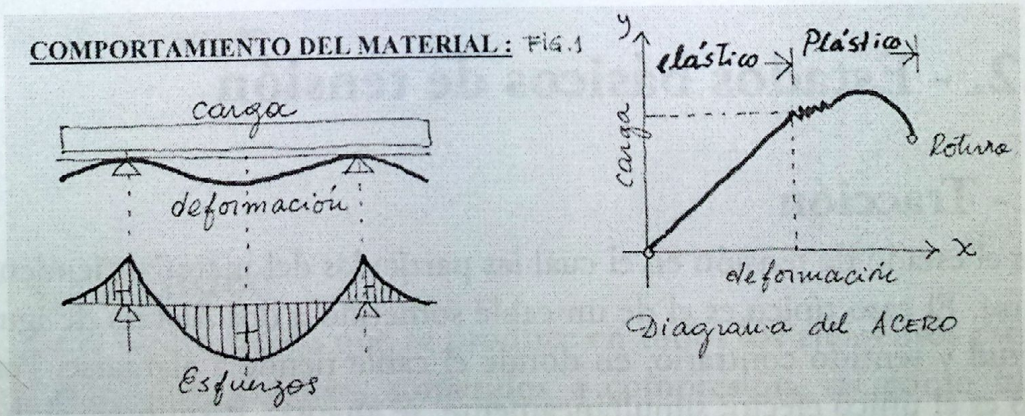


Fig. 13: Deformación y Momentos

Tensión y Deformación del Acero

Scanned by CamScanner

- **Plasticidad:** Es la propiedad de ciertos materiales de mantener una deformación permanente una vez desaparecida la acción de la carga. Más allá de su "límite de elasticidad", todos los materiales estructurales se comportan de manera "plástica", y esto permite prever la posibilidad de su colapso. Los que no tienen periodo "Plástico" (vidrio, Hierro fundido, algunos plásticos) no son aptos para fines estructurales.

- **Isotropía:** Es la propiedad de algunos materiales modernos cuya resistencia no depende de la dirección en la cual se aplican las cargas, como por ejemplo el acero y el aluminio.
- Otros, denominados **"anisótropos"**, tienen distinto comportamiento según el tipo de esfuerzo y la dirección en que sea aplicado, tales como las piedras ó la madera, que tiene distinto comportamiento en dirección paralela ó perpendicular a la veta.

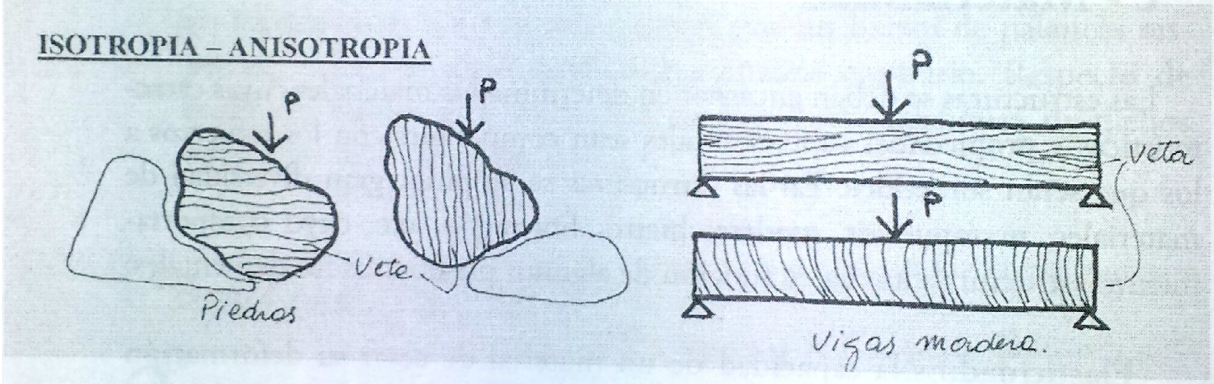


Fig.14: Isotropía-Anisotropía

2.2. - Estados básicos de tensión

a - Tracción

Es el estado de tensión en el cual las partículas del material tienden a separarse. El caso típico es el de un cable sometido a dos fuerzas de igual magnitud y sentido contrario, en donde el cable tiende a alargarse. Pero éste no es el único efecto; simultáneamente, se angosta, disminuye el diámetro de la sección.

Scanned by CamScanner

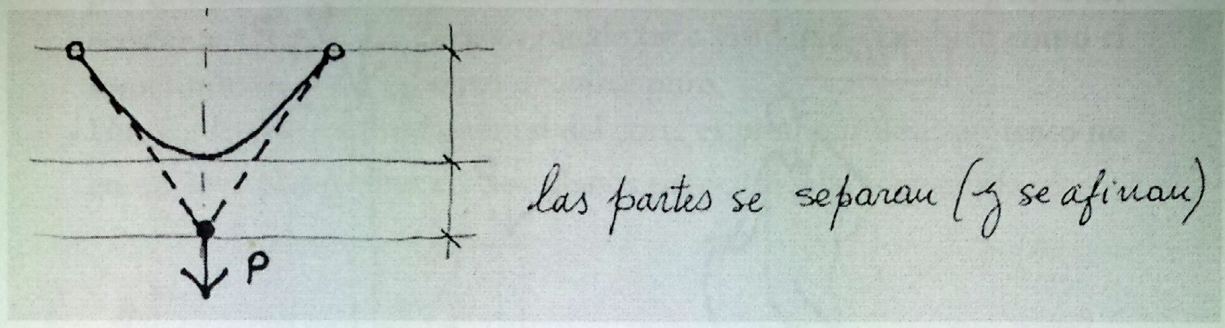


Fig. 15: Tracción

b - Compresión

Es el estado de tensión en el cual las partículas tienden a apretarse entre sí acortando la pieza, produciendo al mismo tiempo un ensanchamiento lateral. Al igual que en la tracción, dentro del periodo elástico del material, la deformación por acortamiento longitudinal y ensanchamiento transversal es proporcional a la carga

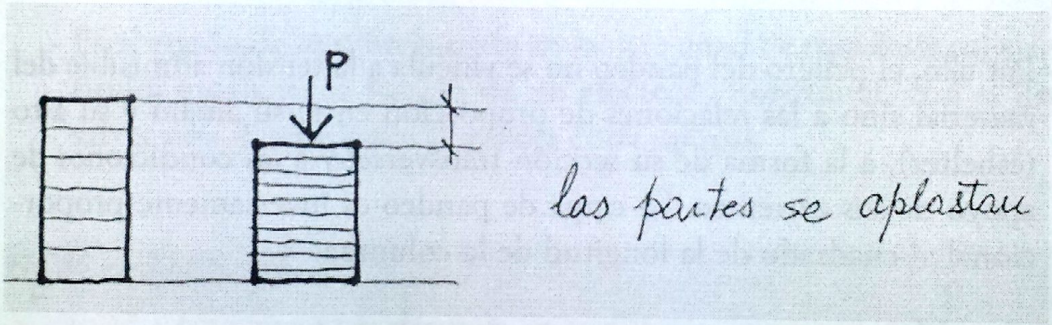


Fig. 16: Compresión.

c - Pandeo

Es el efecto típico que se produce en todos los elementos estructurales alargados, esbeltos, sometidos a compresión, tal como ha sido ejemplificado clásicamente por la deformación del bastón donde se apoya Carlitos Chaplin.

Scanned by CamScanner

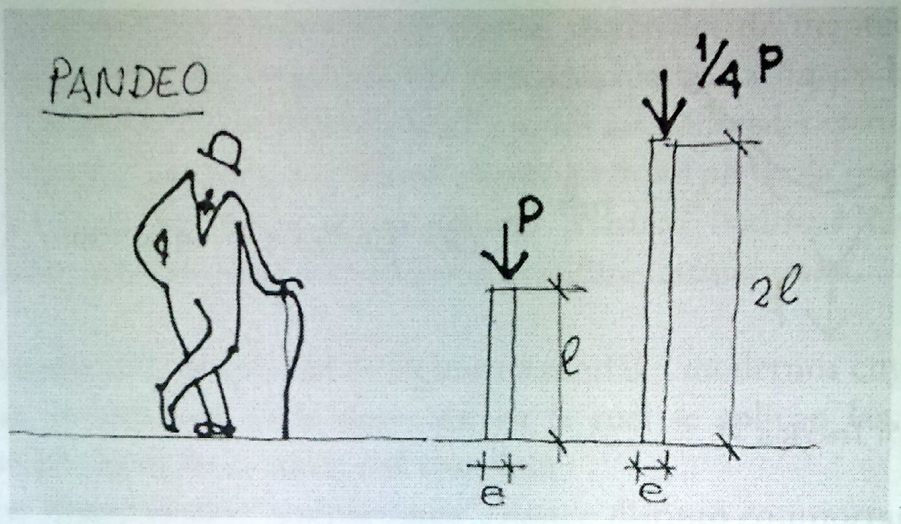


Fig. 17: Pandeo

- Éste, sometido a un esfuerzo de compresión (aunque sea menor que su capacidad teórica de carga), en algún momento flexa lateralmente, "pandea" y por lo común se rompe. Esto se debe a la ley básica de la naturaleza de "seguir el camino más fácil": cuando la carga alcanza el valor de "pandeo", a la columna le resulta más fácil curvarse lateralmente que acortarse.

- Por ello, el peligro del pandeo no se vincula a la tensión admisible del material sino a las relaciones de proporción entre su ancho y su alto (esbeltez), a la forma de su sección transversal y a las condiciones de apoyo de sus extremos. La carga de pandeo es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud de la columna.

d - Corte

- Es el estado de tensión en el cual dos secciones infinitamente próximas del material tienden a deslizarse entre sí (p/ej., El remache), deformando la pieza rectangular en un paralelogramo inclinado, con un alargamiento de una de sus diagonales y el acortamiento de la otra.

- Por esta razón, el corte podría considerarse como una combinación de tracción en la primera y compresión en la segunda de las diagonales, en ángulos de 45° respecto de la dirección del corte. Esta es la razón

Scanned by CamScanner

por la cual un material con baja resistencia a la tracción no puede ser resistente al corte. La ***Torsión*** puede ser considerada también como el sometimiento a un esfuerzo de corte puro.

- Una característica fundamental del corte es producir deslizamiento no en un solo plano, sino en dos planos perpendiculares entre sí.

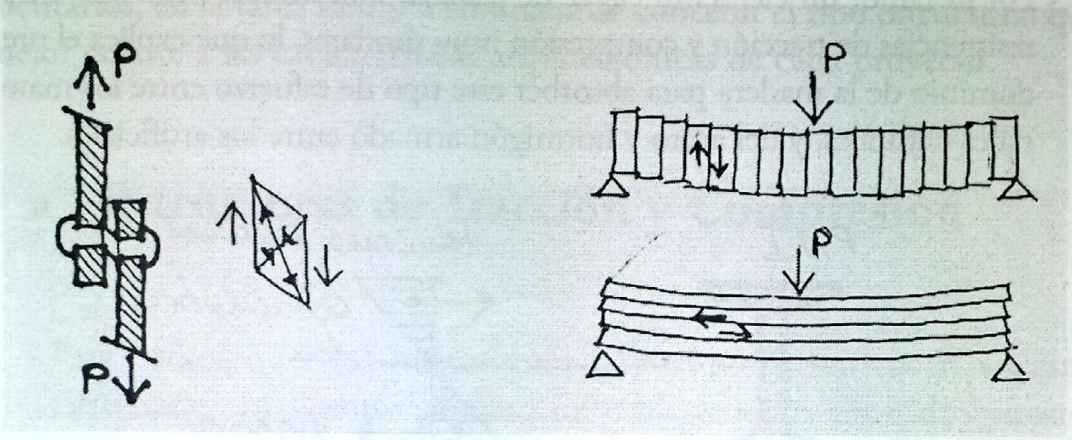


Fig. 18: Corte

e - Flexión

- Es el estado de tensión surgido de la necesidad de transferir cargas verticales mediante la flexión de un elemento horizontal, con el fin de salvar una determinada distancia entre apoyos.

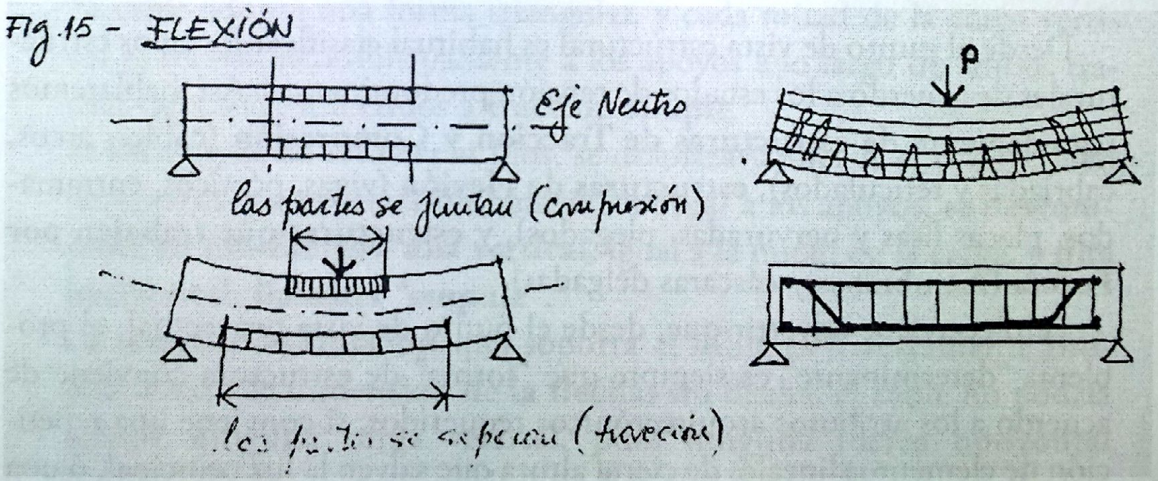


Fig. 19: Flexión

Scanned by CamScanner

- Esta acción produce su "deflexión" mediante la acción de un par de fuerzas (**"momento flector"**) que tienden a rotar el eje de la pieza. Ésta se resiste a ser deformada mediante la combinación de tensiones internas de compresión, tracción y corte, en **fibras distintas** del elemento flexado.
- Por lo tanto, un elemento capaz de trabajar a la flexión tiene que tener resistencias de tracción y compresión muy similares, lo que explica el predominio de la madera para absorber este tipo de esfuerzo entre los materiales naturales, y del acero y hormigón armado entre los artificiales.

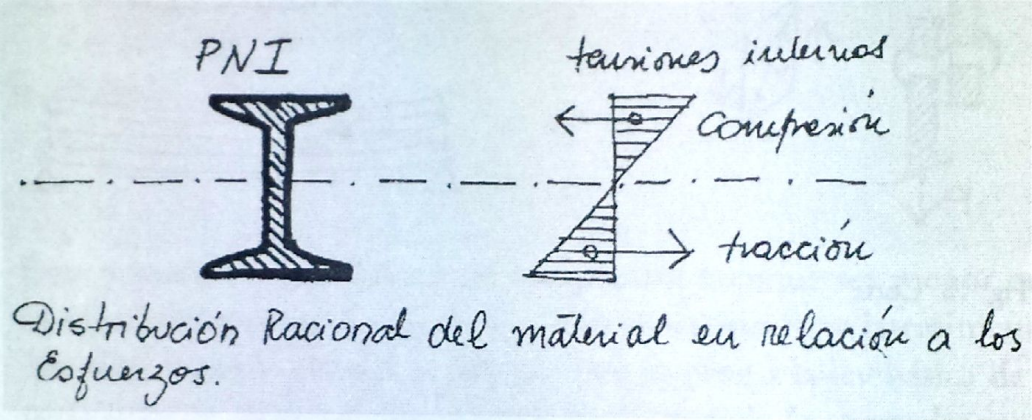


Fig. 20: Tensiones internas

2.3. - Tipos Estructurales

Desde el punto de vista estructural es habitual clasificar los tipos estructurales de acuerdo a los estados de tensión predominantes. Así, hablaremos seguidamente de **estructuras de Tracción y Compresión** (cables, arcos, cabriadas y reticulados), **estructuras de Flexión** (vigas, pórticos, entramados, placas lisas y nervuradas, plegados), y **estructuras que trabajan por Forma** (membranas y cáscaras delgadas).

Pero conviene advertir que, desde el punto de vista proyectual, el problema "determinante" es siempre qué "forma" de estructura conviene de acuerdo a los atributos arquitectónicos requeridos: si conviene una repetición de elementos lineales de cierta altura que salven la luz principal, ó una estructura que resuelva la transferencia de cargas dentro de su propio espesor, ó una estructura que cubra el espacio en cuestión mediante una forma

Scanned by CamScanner