



# LAS ESTRUCTURAS RESISTENTES EN LA CONFIGURACIÓN DE ESPACIOS HABITABLES

Eje 1: Innovación en sistemas constructivos/estructurales

**Pedro Beatriz H.<sup>1</sup>**

**Puy Mariana<sup>2</sup>**

**Zoya Eleonora<sup>3</sup>**

**Salomone Carlos<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Mat. Estructuras 123 – Cat- Pedro. FADU/UBA, Argentina, arqbeatrizp@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Mat. Estructuras 123 – Cat- Pedro. FADU/UBA, Argentina, marianapuy@gmail.com

<sup>3</sup> Mat. Estructuras 123 – Cat- Pedro. FADU/UBA, Argentina, zoyaeleonora@yahoo.com.ar

<sup>4</sup> Mat. Estructuras 123 – Cat- Pedro. FADU/UBA, Argentina, cmsalomone@yahoo.com.ar

## RESUMEN

Buscando aportar a superar la escisión entre conocimientos científico-técnicos y conocimientos proyectuales, muy generalizada en la formación de los arquitectos, desarrollamos sintéticamente los fundamentos conceptuales del enfoque integrador de arquitectura/estructura con el que llevamos adelante la formación en la materia Estructuras Resistentes 1, 2 y 3, a partir de entender el diseño estructural como problema de proyecto arquitectónico.

### 1. Introducción

/ Premisas generales que orientan el enfoque integrador del proyecto.

/ Esquema de la relación de las decisiones de diseño y las decisiones estructurales.

### 2. Estructuras resistentes y su estudio en la formación de los arquitectos

/ Desde la configuración espacial al planteo resistente.

/ Concepto de estructuras resistentes.

/ Esquema general de los ejes ordenadores.

/ Esquema de ejes ordenadores abordados según la problemática de cada nivel.

/ las estructuras en la configuración de espacios.

/ las formas didáctico - pedagógicas del dictado de los contenidos conceptuales.



### 3. Desarrollo secuencial general

1er paso. Del todo a las partes. Adquirir un método para ordenar la observación

2do paso. El papel organizador y definidor del conjunto estructural.

3er paso. Conceptos básicos equilibrio, estabilidad, rigidización y resistencia.

Las leyes y procedimientos particulares de verificación, cálculo y dimensionamiento según los materiales.

4to paso. Estudio del comportamiento estructural predominante de elementos estructurales y su organización en planteos estructurales. Su dimensionamiento.

5to paso. Taller de estudio de referentes a partir de su forma de abordaje de la relación arquitectura/ estructura.

6to paso. Taller de proyecto de planteos estructurales y verificación cuantitativa de las decisiones proyectuales

### 4. Conclusiones

**PALABRAS CLAVES: FORMACIÓN - INTEGRAL - ESTRUCTURAS - CONFIGURACIÓN ESPACIAL**

## 1. INTRODUCCIÓN

Nos proponemos exponer sintéticamente los fundamentos conceptuales y los ejes de trabajo que, a partir del enfoque integrador arquitectura-estructura, sustentan la propuesta académico-metodológica que desarrollamos en las materias relativas a Estructuras Resistentes, que constituye un cuerpo completo de formación en esta área específica dentro de la Carrera de Arquitectura.

Lo hacemos desde un proyecto de formación consolidado<sup>1</sup>, ya que integramos el equipo docente de conducción de la Cátedra cuyo Titular es la Arq. Beatriz H. Pedro a cargo de la materia vertical **Estructuras 1, 2 y 3** de la carrera de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires.

En este bloque disciplinar, **el esquema conceptual referencial y operativo que desarrollamos**, tiene un **carácter sistémico, organizado alrededor de ejes que en un proceso secuencial** van trabajando los fundamentos de la materia, los conceptos y las metodologías de abordaje.

De esta forma, buscamos desarrollar una formación en actitud, enfoque y métodos científicos de análisis y resolución, para potenciar la toma de decisiones estructurales integradas a los requerimientos del proyecto arquitectónico.

---

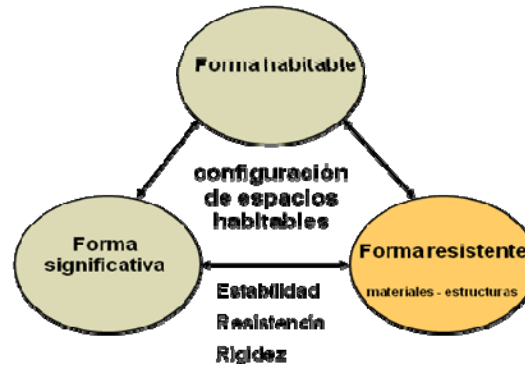
<sup>1</sup> El Proyecto formativo del equipo docente de esta cátedra organizado bajo la titularidad de la Arq. Beatriz Pedro, es un equipo de la Carrera de Arquitectura de la FADU/UBA, que ha participado, desarrollado y crecido bajo la titularidad del Arquitecto Pedro Perlés (1994-2002) y luego bajo la titularidad de la Arq. Alicia Cisternas (2003- 2015), incorporando el aporte de nuevos integrantes, por lo que este estilo de formación acredita una trayectoria de muchos años.



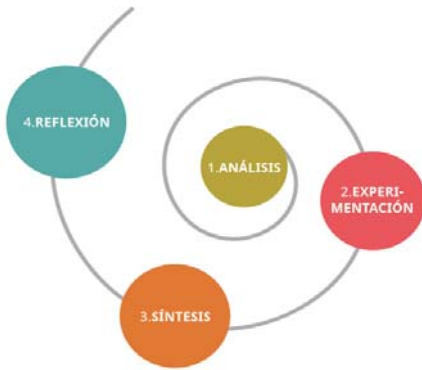
### / Premisas generales que orientan el enfoque integrador del proyecto.

Desde una perspectiva integral de la formación partimos de considerar el resultado del proyecto arquitectónico, como una **síntesis multicausal de factores** que intervienen en la configuración y concreción de los espacios del habitar humano en sus variadas escalas; factores que son **necesarios de identificar, conocer, ordenar e integrar**.

Gráfico N°1/ el proyecto arquitectónico como síntesis multicausal de factores.



Desde estas premisas, consideramos que la formación disciplinar de un arquitecto en lo relativo a estructuras resistentes, debe orientarse hacia **una concepción del proyecto estructural inseparable del proyecto arquitectónico**.



Concebimos el proceso de proyecto arquitectónico<sup>2</sup> como proceso abierto, indeterminado, capaz de experimentar y evolucionar para satisfacer los distintos requisitos que aparecen en su desarrollo en forma acompasada y convergente. Proceso que, en cada etapa de definiciones, abarca, integra y pondera (reafirma o repiensa) factores de diferente carácter y de cuya interpenetración recíproca surgirá un resultado. En este proceso, los aspectos atinentes a la estructura resistente son uno de los factores que intervienen.

Gráfico N°2/ proceso de proyecto abierto.

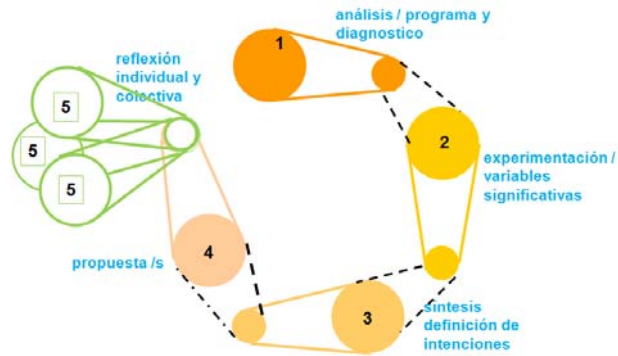
La definición del planteo estructural del proyecto arquitectónico surge, se piensa y se repiensa conjuntamente con **la de los espacios y los límites<sup>3</sup> que los configuran** y con las condicionantes de su materialidad, situados en un contexto histórico social económico concreto.

<sup>2</sup>La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones. Donald A. Schön. Ed. PAIDOS, 1992.

<sup>3</sup> El concepto de planos límites y sus características, como elementos definidores de la configuración espacial de las formas tridimensionales habitables, está desarrollado ampliamente por F. Ching en su libro Forma, espacio y orden. Ed. GG.

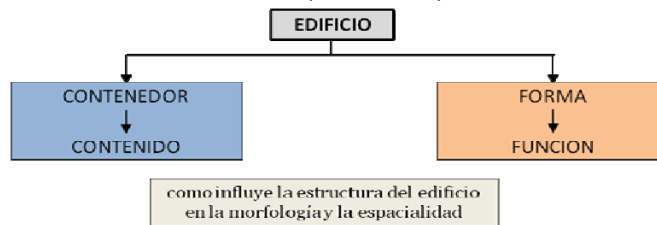


Gráfico N°3/ etapas de un proceso de proyecto abierto e indeterminado.



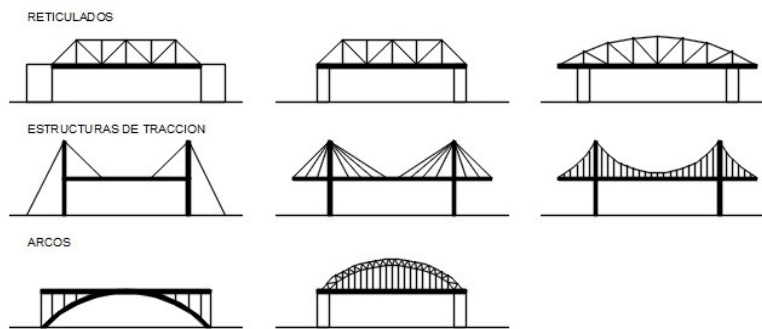
Compartimos las reflexiones de Happold, E. sobre que: *La elección final de una forma estructural, el sistema constructivo, los materiales y detalles, resulta de la interacción de numerosos parámetros. Algunos de estos parámetros entraran inevitablemente en conflicto con otros, y por lo tato su importancia debe ser ponderada en función de un específico proceso de diseño.*<sup>4</sup>

Gráfico N°4 Esquema conceptual



Diseñar estructuras implica la **elaboración de alternativas de planteos integrados a los requerimientos arquitectónicos** espaciales, funcionales y constructivos a fin de alcanzar la definición de un sistema apropiado, seguro y eficiente.

Gráfico N°5/ La indeterminación del proyecto arquitectónico guía las alternativas de proyecto estructural.



La formación de los futuros arquitectos debe capacitar para abordar proyectos de diferentes escalas, complejidad programática, morfológica y de materialidad, el estudio y la definición de planteos estructurales de conjunto, que aporten a la definición formal del proyecto y a la configuración de los espacios, proponiendo con claridad **la organización de los elementos estructurales** y la forma en que cada elemento de la estructura resistente se articulan entre sí, aplicando, para ello, conocimientos globales y completos sobre sus comportamientos según la forma, posición, estado de cargas y materialidad.

<sup>4</sup> Happold, E. "designs towards convergence". (1976; 431)



### Esquema de la relación de las decisiones de diseño y las decisiones estructurales

Damos cuenta sintéticamente del proceso histórico de resolución de los aspectos resistentes de los “contenedores tridimensionales” de espacios habitables que son resultado de dos procesos

/ desde el punto de vista del conocimiento, el proceso va desde el empirismo a la sistematización del conocimiento de los materiales, y el desarrollo de herramientas conceptuales que permitieran prefigurar las estructuras, a partir de predecir su comportamiento frente a las cargas actuantes.

/ desde el punto de vista de las competencias profesionales, el proceso va de la integralidad de abordaje del objeto arquitectónico, a la disociación entre dos profesiones (arquitectura e ingeniería) que abordan separadamente el diseño arquitectónico y el diseño estructural.

Desde el punto de vista proyectual, hoy conviven dos enfoques de abordaje de la definición de los aspectos resistentes de las configuraciones espaciales:

/ el enfoque en el que **todos los elementos** que integran los edificios aportan a su resistencia estructural.

/ el enfoque de la diferenciación en **un conjunto de elementos especializados** en atender lo resistente, organizados en una estructura portante independiente diferenciada de los cerramientos.

Gráfico N°6. Concepción de lo resistentes en la configuración espacial

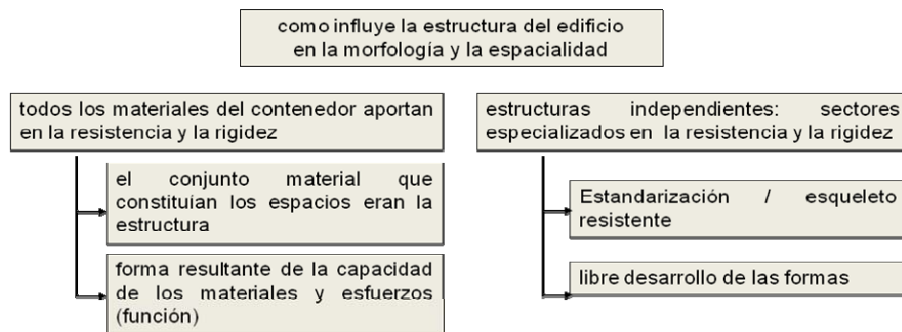
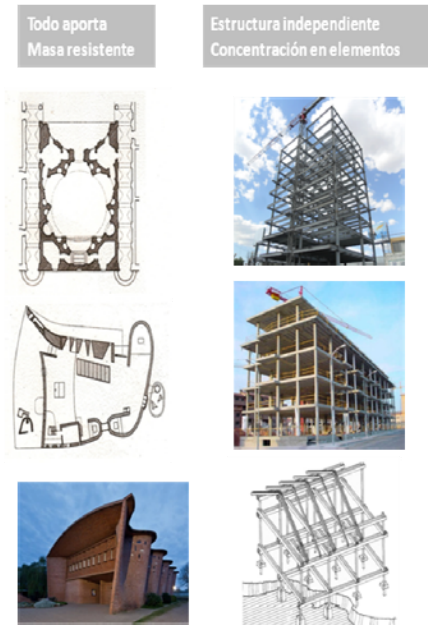




Gráfico N°7. Influencia de la estructura en la morfología y la espacialidad



En su desarrollo el enfoque basado, en la estructura portante independiente, se consolidaron en la relación arquitectura-estructura<sup>5</sup> las siguientes alternativas:

/ la **estructura es ignorada**: desempeña exclusivamente una función resistente y de estabilidad, sometida a una forma ajena de la que no participa en su definición.

/ la **estructura se integra**: adopta un papel relevante en el diseño del proyecto,

Dentro de esta alternativa se han desarrollado tres opciones:

/ la estructura se va definiendo por la convergencia de las necesidades arquitectónicas y estructurales.

/ la estructura determina el proyecto: los requisitos estructurales son de tal envergadura que pasan a ser los ordenadores de la forma arquitectónica.

/ la estructura es manipulada en su conjunto o algunos de sus elementos en pos de efectos visuales y de percepción significativa

<sup>5</sup> El Arq. A. Macdonald ha desarrollado ampliamente estas alternativas en "Estructura y arquitectura" Architectural Press, 2da edición, 2001. (2001: 73-114). Y el Ing. A. Bernabeu Larena los re-significa en su tesis de doctorado "estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea". Madrid 2007.



## 2. ESTRUCTURAS RESISTENTES Y SU ESTUDIO EN LA FORMACIÓN DE LOS ARQUITECTOS

### / Desde la configuración espacial al planteo resistente.

El abordaje unificado de los contenidos de EI, EII, EIII, se organiza a partir de la selección de ejes que lo ordenan, trabajando su coherencia en la secuencialidad y gradualidad de los contenidos, respetando el nivel de conocimiento de los estudiantes.

### / Concepto de estructuras resistentes.

Guardando coherencia con la concepción proyectual que desarrollamos en párrafos anteriores, en la que partimos de concebir como indeterminado, abierto, el problema estructural a resolver en cada caso, proponemos trabajar en la formación a partir de **una definición conceptual y operativa de estructura resistente**, que haciéndose cargo de los procesos expuesto, se aleje de toda identificación tipológica y geométrica, y que nos permita analizar proyectos arquitectónicos de diferentes escalas, materiales y configuraciones, resueltos con el enfoque que ambos enfoques mencionados: todos los componentes de la construcción aportan a los resistente o solo aporta el conjunto especializado.

Definición con la que trabajamos:

*“Conjunto tridimensional de elementos materiales organizados y vinculados que interaccionan entre sí con el fin de transmitir cargas entre si y el suelo, y soportarlas de manera estable manteniendo su forma a lo largo del tiempo, para lo cual debe reunir las siguientes condiciones: equilibrio estable, rigidez y resistencia de conjunto y de cada uno de sus miembros”.*

Esta definición conceptual y operativa permite integrar las conceptualizaciones básicas específicas del campo estructural en forma secuencial, abordando la complejidad de escala, de programática, de materialidad y técnica en cada nivel.

Gráfico N°8/ relación del concepto de estructura resistente con los conceptos básicos del campo estructural

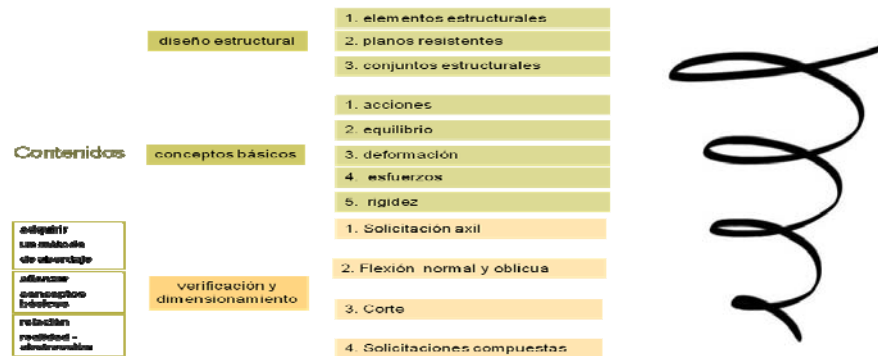
conjunto organizado de partes que interaccionan entre si	Elementos estructurales vinculación organización
con la finalidad de transmitir cargas entre si y al terreno	camino directo camino Indirecto
manteniendo un equilibrio estable	Isostaticidad hiperstaticidad
con deformaciones compatibles con la función	alargamientos acortamientos curvaturas
resistiendo los esfuerzos a los que estará sometida	tracción compresión flexión corte torsión
por las acciones que actúan sobre y en ella	gravedad viento sismo deformaciones por temperatura
según el material	Resistencia Rigidez



### /Esquema general de los ejes ordenadores.

Desde una perspectiva de formación sistémica, abarcando de manera accesible la complejidad de la problemática estructural, se adoptan tres ejes ordenadores que atraviesan todos los niveles según el esquema general y los esquemas particulares de cada uno que acompañamos.

Gráfico N°9/ esquema general de ejes ordenadores



### / Desarrollo secuencial general que ordena la formación.

1er paso. Del todo a las partes. Adquirir un método para ordenar la observación.

2do paso. El papel organizador y definidor del conjunto estructural

3er paso. Conceptos básicos equilibrio, estabilidad, rigidización y resistencia. Las leyes y procedimientos particulares de verificación, cálculo y dimensionamiento según los materiales

4to paso. Estudio del comportamiento estructural predominante de elementos estructurales y su organización en planteos estructurales. Estudio cualitativo y cuantitativo.

5to paso. Taller de estudio de referentes a partir de su forma de abordaje de la relación arquitectura/ estructura.

6to paso. Taller de proyecto de planteos estructurales y verificación cuantitativa de las decisiones proyectuales

### 3. CONCLUSIONES PARA UN PLANTEO GENERAL

Esta breve síntesis busca poner el acento en una problemática didáctico-pedagógica de la formación, no permitiéndonos el espacio un desarrollo en profundidad.

Busca aportar desde un enfoque integral del proyecto a los requerimientos de una formación en actitud, enfoque y métodos científicos de análisis y resolución, que potencie la toma de decisiones estructurales integradas e inseparables de los requerimientos del proyecto arquitectónico.

Es un proceso que vamos reformulando a partir de nuestra propia experiencia y recogiendo la experiencia de décadas de formadores que en esta área han aportado al mismo objetivo, en las facultades de arquitectura de nuestro país. E integrando los aportes de profesores, académicos y profesionales de otros países.





La concepción del proceso de proyecto arquitectónico como proceso abierto, indeterminado, integrador, capaz de experimentar y evolucionar para satisfacer los distintos requisitos que aparecen en su desarrollo en forma acompasada y convergente, es coherente con nuestra forma de pensar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Es decir, como un proceso inacabado, indeterminado que pueda evolucionar a partir de la evaluación de resultados parciales manteniendo un diálogo abierto con los alumnos y con docentes de estructuras y de otras asignaturas de las carreras de arquitectura de diferentes unidades académicas, que estimule a los estudiantes a apropiarse de las herramientas necesarias para este proceso dialéctico entre los factores que componen el proyecto, la estructura y los objetivos arquitectónicos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Abalos, I- Herreros, J. (1995). *Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea*. (Madrid). Ed. NEREA.

Baixas Figueras, J.I. (2003). *Forma resistente*. (Santiago de Chile). Ed. ARQ. Universidad Católica de Chile.

Cisternas, A; Pedro B. H. (1997/ 2014). *Conceptos básicos de estructuras resistentes*. (Buenos Aires – Argentina) Ed. Nobuko.

Ching, Francis D.K (1990). *Arquitectura. Forma, espacio y orden*. (México). Ed. GG

Dembo, Nancy. (2002). *La relación forma-función e el lenguaje estructural del siglo XX*. (Caracas). Ed. Universidad Central de Venezuela.

Heyman, J. (2004) *Análisis de Estructuras. Un estudio histórico*. (Madrid). Ed. Instituto Juan de Herrera.

Moore, Fuller. (1999). *Comprensión de las estructuras en arquitectura*. (México). Ed. Mc Graw Hill.

Moisset de Spanes, D. (1992). *Intuición y razonamiento en el diseño estructural*. (Bogotá, Colombia) Ed. ESCALA.

Perles, P. (2003) *Temas de Estructuras especiales*. (Buenos Aires). Ed. Nobuko.

(2015) *Temas de Resistencia de materiales*. (Buenos Aires). Ed. Nobuko.

(2013) *Hormigón Armado*. (Buenos Aires). Ed. Nobuko.

Silver, P. Mc Lean, Will, Evans, Peter. (2014) *Ingeniería de estructuras para arquitectos*. (Barcelona) Ed. Blume.

Shon. Donald A. (1992) *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. (Barcelona- Buenos Aires- México). Ed. PAIDOS.