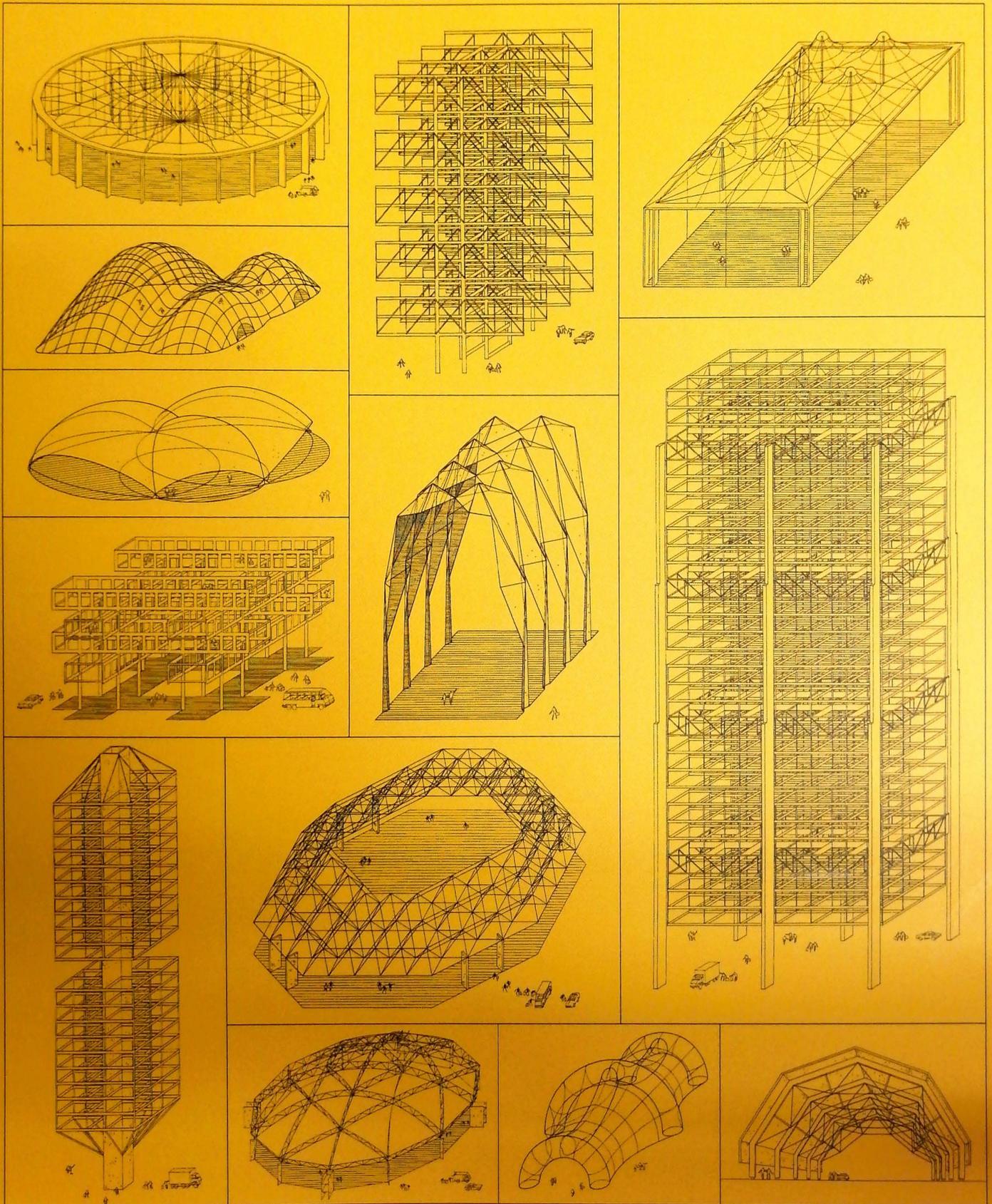


# Sistemas de estructuras

# Sistemas estruturais

Heino Engel



**Heino Engel** estudió arquitectura en Alemania y, tras un largo viaje por Oriente Próximo y Asia, de 1952 a 1964 estuvo viviendo entre Japón y Estados Unidos. Convertido en un gran conocedor de la tradición de la arquitectura nipona, ha dirigido también su propio estudio de arquitectura y urbanismo. Es autor de *The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture* (1964), *Measure and Construction of the Japanese House* (1985) y el clásico *Sistemas de estructuras*, publicado en español y portugués por esta editorial y aparecido originariamente en alemán en 1967.

**Heino Engel** estudou Arquitetura na Alemanha e, após um longo período de viagens pelo Oriente Médio e a Ásia, de 1952 a 1964 viveu entre o Japão e os Estados Unidos. Tendo se tornado um profundo conhecedor da arquitetura nipônica, também dirigiu seu próprio escritório de arquitetura e urbanismo. É o autor de *The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture* (1964), *Measure and Construction of the Japanese House* (1985) e do clássico *Sistemas estruturais*, publicado em espanhol e português por esta editora e originariamente em alemão em 1967.

**Heino Engel**

**Sistemas de estructuras**

**Sistemas estruturais**

# Heino Engel

**Editorial Gustavo Gili, SL**

Via Laietana 47, 2º, 08003 Barcelona, España. Tel. (+34) 93 322 81 61  
Valle de Bravo 21, 53050 Naucalpan, México. Tel. (+52) 55 55 60 60 11

**Editora G. Gili, Ltda**

Av. José Maria de Faria, 470, Sala 103, Lapa de Baixo,  
CEP: 05038-190, São Paulo-SP, Brasil. Tel. (+55) (11) 3611-2443

# **Sistemas de estructuras**

con un prólogo  
de Ralph Rapson

# **Sistemas estruturais**

com prefácio de  
de Ralph Rapson

Dedicado a Nymphe

Dedicado a Rose

**Título original**

*Tragsysteme*. Heino Engel

**Versión castellana** de Jordi Siguan y Rafael Ayuso, arqtos.

**Revisión:** Carme Muntané, arqta.

**Diseño de la cubierta:** Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

**Título original**

*Tragsysteme*. Heino Engel

**Versão portuguesa** de Esther Pereira da Silva, arqta.

**Revisão:** Carla Zollinger, arqta.

**Desenho da capa:** Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

2ª edición, 2ª tirada, 2018 (impresión digital)

2ª edição, 2ª impressão, 2018 (impressão digital)

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Qualquer forma de reprodução, distribuição, comunicação pública ou transformação desta obra só pode ser realizada com a autorização expressa de seus titulares, salvo exceção prevista pela lei. Caso seja necessário reproduzir algum trecho desta obra, seja por meio de fotocópia, digitalização ou transcrição, entrar em contato com a Editorial Gustavo Gili.

La Editorial no se pronuncia, ni expresa ni implícitamente, respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, razón por la cual no puede asumir ningún tipo de responsabilidad en caso de error u omisión.

A Editorial Gustavo Gili não se pronuncia, expressa ou implícitamente, a respeito da exatidão das informações contidas neste livro e não assume qualquer responsabilidade legal em caso de erros ou omissões.

© Heino Engel y Verlag Gerd Hatje, 1997  
para la edición castellana/portuguêsa:  
© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2001

*Printed in Spain*  
ISBN: 978-84-252-3111-7  
Depósito legal: B. 40.902-2010  
Impresión/Impressão: Service Point, Barcelona

## Agradecimientos

El origen de este libro se remonta a los años de docencia del autor en Estados Unidos en la Escuela de Arquitectura de la University of Minnesota, desde 1956 hasta 1964. Del entorno intelectual de esa escuela en aquellos momentos, nació la idea para este trabajo que constituye la base de la actual ampliación revisada del libro.

Muchas personas –compañeros de docencia, estudiantes y especialistas– participaron en los trabajos de su elaboración y publicación en 1967. Entre ellos hay tres que merecen una mención especial. Sin ellos este trabajo seguramente no se habría terminado o, al menos, no hubiera tenido ni el mismo objetivo ni la misma forma.

Profesor Ralph Rapson, en aquellas fechas decano de la Escuela de Arquitectura de la Universidad, fue el impulsor de una serie de conferencias a partir de las cuales surgió este trabajo. El entorno académico, de cualificación, franqueza, profesionalidad y también de discusiones, creado por la personalidad de Rapson, impregna la idea y el perfil de este trabajo.

Dr. Ing. Hannskarl Bandel (fallecido en 1993), ingeniero y científico de prestigio internacional, en aquella época socio de la oficina Severud, representaba el perfil del ingeniero creativo, cuyo potencial formal debía reflejarse en este trabajo. Su aceptación sin reservas de la tesis de que un tema científico también se puede abordar con medios gráficos, ha determinado en gran medida el contenido y las ideas gráficas de este libro.

Profesor Guntis Plesums, por entonces un joven recién licenciado en la Escuela de Arquitectura y más tarde reconocido docente de dicha universidad y experto en la enseñanza de sistemas de estructuras, fue en las primeras fases el compañero de discusiones sobre las posibilidades, criterios y límites de la enseñanza de sistemas de estructuras a los arquitectos. También más tarde, tras la primera publicación del libro en 1967, ha acompañado críticamente los estudios subsiguientes hasta la presente edición.

## Agradecimentos

A origem deste trabalho remonta à época de atividades de ensino do autor nos Estados Unidos da América na Escola de Arquitetura da Universidade de Minnesota, de 1956 a 1964. A atmosfera intelectual desta escola fez nascer a idéia deste trabalho e da pesquisa de campo para a edição atual, mais ampla e revisada.

Naquela época muitos indivíduos –colegas, estudantes, especialistas– contribuíram para que fora possível esta pesquisa e para que os resultados pudessem ser publicados em 1967. Entre eles, três necessitam ser destacados. Sem eles este trabalho haveria sido meramente executado ou talvez tivesse tomado um rumo muito diferente como objetivo e forma.

Professor Ralph Rapson, naquela época diretor da Escola de Arquitetura da Universidade, foi instigador das séries de conferências nas quais este trabalho se originou. A personalidade de Ralph propiciou uma atmosfera acadêmica de qualidade, mente aberta e profissionalismo, além de controvertidos debates, os quais induziram a idéia e perfilaram este trabalho.

Dr. Eng. Hannskarl Bandel (falecido em 1993), engenheiro estrutural e cientista de renome internacional, naquele tempo sócio do escritório de Severud, representou o papel do engenheiro criativo, propiciando o potencial de projeto que este trabalho tenta fazer acessível. Sua identificação total com a proposta de que um volume de conhecimento científico também pode ser adquirido através de ilustrações simplificadas foi uma determinação essencial para definir conteúdo e meio deste trabalho.

Professor Guntis Plesums, naquela época um jovem diplomado da Escola de Arquitetura e mais tarde um notável professor universitário, além de um especialista no campo de estruturas arquitetônicas, foi o parceiro imediato nas conversas iniciais sobre possibilidades, critérios e limitações da teoria das estruturas arquitetônicas. Também mais tarde, depois da primeira publicação do livro em 1967, acompanhou os estudos subsequentes como crítico durante os anos de ampliação e revisão desta edição.

1967

Como consecuencia de una creciente ampliación y complejidad de la práctica arquitectónica, en la actualidad el arquitecto se enfrenta, más que en ninguna otra época de la historia, al desconcertante problema de trasladar los múltiples avances científicos y técnicos al arte de la arquitectura. Una parte esencial de este problema es la integración de estructuras portantes creativas, originales y económicas en el proceso de diseño.

Heino Engel, en su provocador y muy pensado libro, trata este tema extremadamente crítico y propone un atrevido camino, único en su clase, para salvar la distancia entre teoría y realidad de las estructuras.

El libro trata sobre los sistemas de estructuras en arquitectura, sin embargo, está claramente orientado al fundamento de tales sistemas: la creación de formas y espacios arquitectónicos. Al explicar los mecanismos de las estructuras constructivas y sus posibilidades para el diseño de edificios, fundamentalmente mediante ilustraciones, se presenta de manera comprensiva para los arquitectos uno de los factores más complejos de entre los muchos que configuran el entorno; se clarifica un campo del conocimiento inagotable, de entre los muchos que pueden inspirar las ideas de proyecto, y se pone al alcance de los arquitectos.

En esto radica la importancia de este libro. También se ha de considerar como una confirmación de las directrices y el plan de estudios que he apoyado durante los últimos años para la sección de Arquitectura de la Universidad de Minnesota, y a las que Heino Engel, durante sus ocho años de docencia como profesor invitado, ha realizado una aportación importante y duradera.

Reflejar esta concepción arquitectónica en el prólogo no es más que situar el libro en la perspectiva adecuada y esbozar el entorno intelectual en el que ha nacido la idea de este libro y sus cimientos.

## Proyecto: síntesis creativa

Un proyecto arquitectónico es el arte y el acto de resolver con medios materiales el conflicto entre el hombre y su entorno. Proyectar es un proceso múltiple y complejo pero, sin embargo, en el núcleo de cada situación ambiental dada se encuentra una solución natural u orgánica. Muchos son los factores y componentes que determinan la configuración del entorno: continuidad histórica, características concretas y regionales de las condiciones del lugar, necesidades físicas y psíquicas de la sociedad, innovaciones constructivas y ventajas tecnológicas, forma expresiva y espacio creativo. Sólo a través de un análisis cuidadoso y sensible, comprobando con precisión todos los factores del entramado social de nuestra época, puede desarrollarse la síntesis creativa.

Los múltiples requerimientos y responsabilidades del diseño del entorno en la actualidad exigen una universalidad del arquitecto que hasta ahora se hacía inimaginable. Si aspira a encontrar soluciones significativas conformes con las grandes posibilidades de nuestra época, ha de aceptar que, aunque la arquitectura sea primordialmente un arte, a lo largo del tiempo se ha desarrollado como una ciencia de gran precisión que se basa en la aplicación coordinada de los diferentes campos del conocimiento.

En la actualidad, cualquier situación medioambiental puede involucrar al arquitecto en una amplia gama de actividades –desde publicidad y programación hasta investigación y valoración estadística, desde el planeamiento a gran escala de ciudades y regiones, hasta el diseño de detalles y la dirección de obras. Del arquitecto se debe esperar que sea tanto un generalista como un especialista, o que al menos posea suficientes conocimientos de economía y sociología, de estética e ingeniería, de urbanismo y de proyectación como para poderlos integrar en una síntesis creativa.

### Práctica: talentos diferentes

Sin embargo, en la realidad de la práctica arquitectónica, pocas veces un solo individuo alcanza tal amplitud de conocimientos. Generalmente, los numerosos temas que abarca un proyecto se abordan a través de un trabajo coordinado en equipo. Esto no quiere decir que sea un comité quien proyecte, pues, aunque sean muchos los que participen en el proceso de un proyecto, en mi opinión, siempre ha de haber una única autoridad central que se responsabilice del mismo.

Con ello se intenta decir que, en general, los arquitectos poseen unas capacidades e intereses muy variados, pero que, sin embargo, realizan un buen trabajo en la práctica si se les empuja según sus capacidades concretas. En la práctica proyectual puede ser incluso necesario y eficaz un elevado grado de especialización, pero introducir este grado de especialización en la formación y en la educación académica de cada individuo es algo muy diferente. Durante la formación escolar, el desarrollo de los jóvenes aún no está lo bastante avanzado como para poder decidir cuál es su verdadero talento. La educación no puede adaptar todos sus productos a formas fijadas con precisión. De esto se desprende que lo general precede a lo particular y que se ha de dar prioridad a los fundamentos generales y al método.

### Formación: prestar atención al individuo

La formación escolar del arquitecto es un proceso que ha de tener en cuenta dos aspectos. Por un lado, es necesario formular una amplia y bien reflexionada filosofía de la construcción –unas convicciones arquitectónicas– que sea digna de las elevadas metas y posibilidades de nuestra época; por otro lado, es necesario desarrollar las numerosas capacidades y herramientas –los conocimientos técnicos y de detalle– que son necesarios para alcanzar el producto global coordinado.

Para la educación es imprescindible la convicción de que no tenemos una certeza absoluta sobre los límites de los diferentes conocimientos o hechos reales y que no hay una respuesta absoluta para todas las preguntas. También la arquitectura, originada e impregnada por los problemas de la humanidad, pocas veces ofrecerá una solución de blanco o negro a una determinada situación medioambiental. En realidad, dispone de la gran riqueza de toda la gama de colores, que sólo está limitada por el talento innato o adquirido del arquitecto.

La educación se ocupa básicamente del individuo y ha de desarrollar su iniciativa y sus capacidades intelectuales particulares. En este proceso

hay tres grandes fases: primero se ha de aprender a analizar de manera clara y lógica, o a pensar de manera creativa; en segundo lugar, se ha de desarrollar la capacidad para aplicar los conocimientos a conciencia o utilizarlos con creatividad; y en tercer lugar, el intelecto ha de permanecer siempre despierto y abierto, para no perder la capacidad de preguntar y aprender.

Es imprescindible comprender a fondo este proceso de aprendizaje. Pensar no es un fenómeno místico ni aislado; sólo puede ser el resultado de la adquisición sistemática de conocimientos sobre las realidades fundamentales para alcanzar el amplio objetivo.

Esta disciplina es la esencia de la educación, aunque la decisión sobre la amplitud de los conocimientos profesionales a impartir y su naturaleza sea bastante delicada. A menudo, los hábitos y actividades consolidadas y las respuestas conocidas apenas dejan cabida a las dudas, y sin dudas se pierde uno de los mayores estímulos del aprendizaje. Detrás de la creciente acumulación de conocimientos y experiencias, atesorada a partir de anteriores experiencias con éxito, a menudo acecha el peligro de paralizar la imaginación.

La profundidad y la exactitud son rasgos sin los que un arquitecto no puede seguir adelante. La educación ha de enseñar al estudiante los hábitos de la búsqueda y del método, unos hábitos que, en su posterior actividad profesional, le capacitarán para valorar, desarrollar y aplicar reflexivamente todos los conocimientos que afectan a cada tarea.

### Inspiración: trabajo duro y estimado

La síntesis creativa es, por encima de todo, la esencia de la formación arquitectónica y de la práctica profesional. La capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos con fantasía e inteligencia es la base de cualquier arquitecto creativo. Respecto al acto creativo reina un considerable desconcierto y poca comprensión real. De manera general, se podría decir que el trabajo arquitectónico creativo descansa en la capacidad de mantener la amplia y completa relación intelectual entre el conjunto de conocimientos adquiridos.

La intuición o la inspiración son factores esenciales en la formalización creativa. De todas maneras, la inspiración no es un soñar ocioso tal como se imaginan muchos; es más bien un trabajo duro, con cariño. A veces, el obrar intuitivo no parece tener un motivo evidente, aunque es seguro que nunca se desarrolla sin dirección. El arquitecto adquiere su capacidad para seguir esa dirección a partir del marco formado por su educación y los conocimientos adquiridos, su entorno cultural y familiar, sus gustos y juicios, su visión del mundo y su ética.

Si bien la adquisición de conocimientos es importante, la formación no consiste fundamentalmente en aprender hechos y datos; la educación ha de estimular e incitar al intelecto, ampliar el horizonte y enseñar al individuo a pensar. La educación ha de enriquecer al intelecto y fomentar la capacidad de pensar, pues gran parte de la calidad dinámica que queremos infundir al intelecto sólo se consigue si el proceso de aprendizaje se convierte en una aventura –en una búsqueda duradera hacia lo