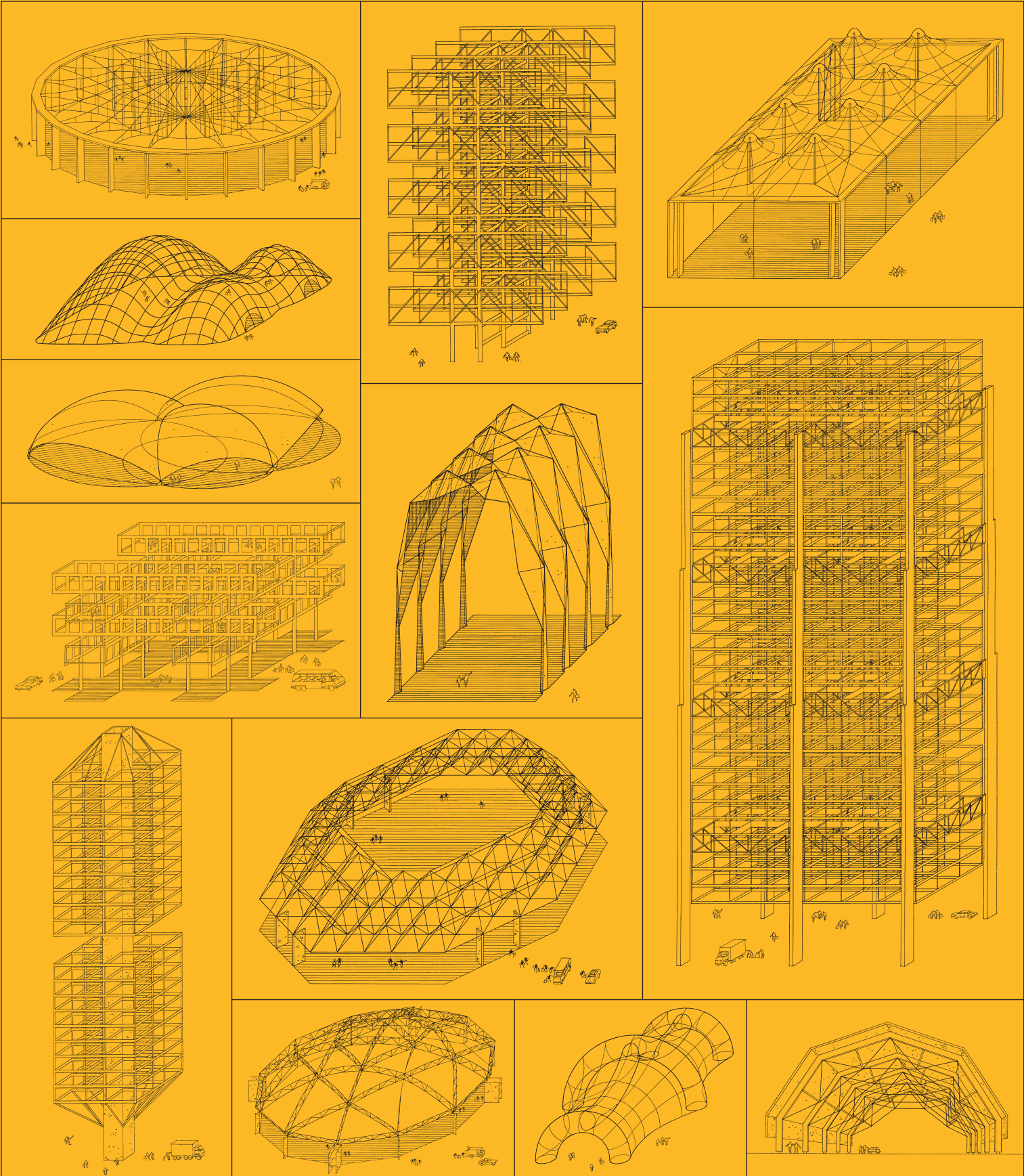


Sistemas de estructuras

Sistemas estruturais

Heino Engel



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

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, arqts.

Revisión: Carme Muntané, arqto.

Diseño de la cubierta: Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin la previa autorización escrita por parte de la Editorial. 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.

© Heino Engel y Verlag Gerd Hatje, 1997
y para la traducción castellana/portuguesa
Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, 2001

Printed in Spain

ISBN: 84-252-1800-4

Depósito legal: B.47.762-2000

Fotocomposición: ORMOGRAF, Barcelona

Impresión: Gráficas 92, SA. Rubí (Barcelona)

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

Nenhuma parte desta publicação, incluído o desenho da capa, pode ser reproduzido, guardado ou transmitido de nenhuma forma, nem por nenhum meio, seja este eléctrico, químico, mecânico, óptico, de gravação ou de fotocópia, sem a prévia autorização escrita por parte da Editora. A Editora não se pronuncia, nem expressa nem implícitamente, respeito à exatidão da informação contida neste livro, razão pela qual não pode assumir nenhum tipo de responsabilidade em caso de erro ou omissão.

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 subseqüentes como crítico durante os anos de ampliação e revisão desta edição.

Prólogo de Ralph Rapson

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 emplaza 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

nuevo y lo desconocido que, en el arquitecto, culmina en una síntesis creativa—.

Arquitecto: profesor de estructuras

Como arquitecto en ejercicio y como profesor de arquitectura estoy relacionado tanto con la teoría como con la práctica. Hace tiempo que me he dado cuenta de que los métodos habituales para introducir a los jóvenes arquitectos en el campo de las estructuras arquitectónicas no pueden considerarse satisfactorios; son demasiado complicados, desconcertantes y mal orientados. Son inapropiados para construir relaciones claras con el acto global del proyecto arquitectónico y no están en condiciones de estimular ni de fomentar en los jóvenes proyectistas una aplicación creativa de los principios estructurales.

Convencido de que la participación activa en la verdadera construcción contiene precisamente fuertes estímulos para la docencia en cualquiera de las materias específicas de los estudios de arquitectura, creo que un arquitecto en ejercicio, siempre que tenga un carácter progresista y demuestre tener talento e interés por su especialidad, es la persona más indicada para impartir campos de conocimientos especializados a los jóvenes arquitectos.

Por este motivo, en el año 1959 le pedí a Heino Engel, que entonces ya llevaba tres años impartiendo clases en la Escuela de Arquitectura, que preparara e impartiera conferencias y ejercicios sobre el tema de las estructuras en arquitectura, con el objetivo de clarificar los fundamentos de la invención y desarrollo de las estructuras y mostrar las posibilidades formales de los diferentes sistemas de estructuras.

Es muy satisfactorio que las brillantes conferencias y ejercicios que elaboró Heino Engel hayan sido la base de esta nueva y original aproximación a la comprensión y aplicación de las estructuras en arquitectura.

Por consiguiente, este libro interesará a todas aquellas personas que se ocupan de proyectar edificios: al estudiante le ofrecerá un método positivo, a través del cual podrá asimilar rápidamente un conocimiento global y profesional sobre todos los tipos estructurales; al arquitecto le proporcionará una gran cantidad de estímulos y le mostrará nuevas posibilidades para sus proyectos; al profesor le facilitará una compilación de material sobre una especialidad que en la bibliografía arquitectónica está muy disminuida, y le ayudará a programar sus investigaciones.

Este libro contribuirá a eliminar el prejuicio de que un tema muy técnico no puede tratarse en profundidad a través del lenguaje gráfico. Este trabajo abarca las tipologías, y por ello excluye los detalles que, demasiado a menudo, ocultan los verdaderos problemas, es un prototipo y puede incitar a que en otras muchas especialidades, que determinan la creación arquitectónica en nuestra época, se emprendan parecidas investigaciones tipológicas.

Desde que se publicó por primera vez el libro SISTEMAS DE ESTRUCTURAS, hace treinta años, el campo del diseño del entorno medioambiental ha experimentado grandes cambios. Los diferentes avances científicos, tecnológicos y en las comunicaciones, junto con las transformaciones sociales, económicas y políticas a nivel global han provocado que el proceso de dar forma cada vez sea más complejo. La amplitud de campos de trabajo que incluye se ha vuelto, aparentemente, infinita. Si bien es cierto que el progreso en el diseño asistido por ordenador (CAD) ha abierto un potencial completamente nuevo de posibilidades formales, también se ha de hacer notar que esta evolución ha conllevado —y demasiado a menudo— graves errores en la aplicación de las disciplinas tecnológicas.

En este estadio evolutivo, el libro SISTEMAS DE ESTRUCTURAS de Heino Engel adquiere un significado especial. Pone de manifiesto que para proyectar existen directrices básicas independientes de los cambios y transformaciones a lo largo del tiempo. Nos encontramos ante un libro que presenta una clasificación de conocimientos básicos, prácticamente intemporales y absolutamente imprescindibles para arquitectos e ingenieros. De hecho, creo que la forma y el contenido del libro son ahora más esenciales y actuales que nunca.

La línea argumental del trabajo de Engel también se encuentra en mis propias convicciones sobre la enseñanza de la arquitectura, tal como las puse en práctica durante mis años como director de la Escuela de Arquitectura y Paisajismo de la Minnesota University desde 1954 hasta 1984. Estas ideas ya las esboqué en el prólogo que escribí en 1967. Puedo decir con satisfacción que aún siguen siendo válidas no sólo mis convicciones de entonces, sino que han permanecido vivas en los extraordinarios trabajos de Heino Engel a lo largo de casi cuatro décadas.

Sin embargo, al margen del valor universal de esta obra como prototipo, esta edición ampliada y revisada puede considerarse como nueva: no sólo proporciona toda una serie de nueva información y propuestas creativas sobre el propio tema, sino que, por primera vez, justifica una clasificación global de las estructuras. Esta edición también es nueva por cuanto ha pasado del estricto “esqueleto” de la primera edición a la “construcción” completa y articulada de un lenguaje formal de las estructuras en arquitectura. Los medios desarrollados por Heino Engel para representar las ideas y tipos estructurales, no sólo se revelan como un instrumento extraordinariamente claro e instructivo, sino que también se caracterizan por su efecto estético.

En resumen, mi recomendación de hace treinta años aún es más válida para esta edición ampliada y revisada: ¡el libro SISTEMAS DE ESTRUCTURAS ha de estar en las manos de todos los arquitectos, ingenieros y proyectistas!



Prefácio por Ralph Rapson

1967

Com a rápida expansão do alcance e complexidade da prática arquitetônica, atualmente o arquiteto defronta-se mais que em qualquer outra época da história com o problema da assimilação da grande quantidade de avanços científicos e tecnológicos na arte da arquitetura. Um aspecto importante deste intrincado problema é a integração durante o processo de criação, imaginação e economia em uma estrutura pura.

Neste reflexivo e provocativo livro, o arquiteto Heino Engel lança-se a este crítico problema e propõe um processo único e desafiante para fazer uma conexão entre teoria e realidade estrutural.

À medida que este livro se preocupa com os sistemas estruturais arquitetônicos, enfoca claramente qual é a primeira razão para tais sistemas: a criação da forma e espaço arquitetônicos. Explicando os mecanismos das estruturas arquitetônicas, principalmente através de ilustrações e sugerindo seu vasto potencial para o projeto arquitetônico, um complexo fator dos muitos que dão forma ao meio ambiente é eficazmente levado ao conhecimento do arquiteto; um inexaurível campo de conhecimento dos muitos que inspiram à criação é claramente focalizado e posto ao alcance do arquiteto.

Este é o significado deste livro. É também um reconhecimento da filosofia arquitetônica e do programa para o departamento de arquitetura da University of Minnesota que eu desenvolvi nestes últimos anos ao qual Heino Engel em seus oito anos como professor realizou uma contribuição duradoura e significativa.

Explicar esta filosofia neste prefácio não é mais do que colocar este livro em perspectiva adequada e descrever o meio ambiente intelectual no qual sua idéia inicial foi concebida e seu esboço repousa.

Projeto: síntese criadora

Projeto arquitetônico é a arte material e o ato de resolver o conflito do homem com seu meio ambiente. Projetar é um complexo e intrincado processo, ainda que no fundo de qualquer situação ambiental exista uma solução natural ou orgânica. Existem muitos fatores e componentes –tais como continuidade histórica, condição local e regional específicas, necessidades físicas e psicológicas da sociedade, inovações estruturais e avanço tecnológico, formas expressivas e espaço criativo– que dão forma ao nosso meio ambiente. Somente através de uma detalhada e sensível análise e uma cuidadosa pesquisa de todos os fatores dentro da estrutura de nosso tempo, a síntese criadora pode evoluir.

As obrigações e responsabilidades das múltiplas facetas do projeto ambiental exigem um conhecimento geral do arquiteto, como nunca se havia imaginado antes. Se o arquiteto espera produzir soluções significantes, de acordo com o grande potencial de nossos tempos, deve reconhecer que a arquitetura, primariamente uma arte, tornou-se uma ciência extremamente precisa, baseada em aplicações coordenadas dos mais variados campos do conhecimento.

Qualquer situação ambiental hoje em dia pode envolver ao arquiteto em

um amplo campo de atividades –desde a promoção e programação até a pesquisa e avaliação estatística, de um planejamento regional urbano de grande escala a um projeto detalhado em supervisão de obras. Espera-se do arquiteto aptidões tanto em conhecimentos gerais como em especialização, que possua conhecimentos de economia e sociologia, estética e engenharia, planejamento e projeto, para que possa integrar todos esses conhecimentos em uma síntese criadora.

Prática: talentos variados

Na realidade da prática arquitetônica, contudo, tal especialização dificilmente é encontrada em um indivíduo. Mais freqüentemente esta esmagadora função é realizada gradualmente por um esforço coordenado de trabalho em grupo. Apesar disso, não se deve necessariamente apoiar-se nisso realizando um projeto em partes sem uma orientação específica; é certo que muitos contribuem e reforçam o processo do projeto, porém é necessário haver, no meu entender, uma única autoridade central de projeto.

Isso quer dizer que existem arquitetos com diversos talentos e interesses, que realizam um bom trabalho se envolvidos em sua capacidade própria. De fato, pode até haver um alto grau de especialização operativo e necessário na prática da arquitetura. De qualquer maneira, para suprir esta extensa especificação na educação e no treinamento do indivíduo, é necessário algo muito diferente. O período escolar é muito prematuro para que a educação recebida no desenvolvimento de uma mente jovem possa determinar onde está seu principal talento. A educação não pode modular todos seus produtos para uma especialização limitada. Ela então dita que o geral deve anteceder o específico, preocupando-se com os princípios e procedimentos básicos.

Formação: com respeito ao indivíduo

A educação formal do arquiteto é um processo duplo. Por um lado é necessário ter uma filosofia ampla e madura –uma concepção arquitetônica e convicção–, digna de aspirações e capacidades do nosso tempo; por outro, é necessário desenvolver as muitas habilidades e ferramentas –o conhecimento detalhado e técnico– necessárias para se alcançar todo o produto coordenado.

A base para a educação é a compreensão de que não podemos ter total segurança da irreversibilidade de nenhum conhecimento ou fato e de que não existe resposta absoluta para nenhuma pergunta. A arquitetura, sendo motivada e preocupada para com os problemas da humanidade, muito raramente fornece uma solução clara para uma situação ambiental. No entanto existe a grande riqueza de toda a paleta do arquiteto e suas qualidades inerentes ou desenvolvidas.

Fundamentalmente a educação diz respeito ao indivíduo; ela deve desenvolver a capacidade de iniciativa e intelectual do indivíduo. Para este processo existem três grandes fases: na primeira, a mente deve aprender a analisar clara e logicamente, ou a pensar com criatividade; na segunda, a

mente deve desenvolver a habilidade de utilizar o conhecimento com discernimento, ou aplicar o mesmo com criatividade; e por fim, a mente deve permanecer sempre alerta para a capacidade de perguntar e aprender.

A compreensão total deste processo é fundamental. Pensar com criatividade não é um fenômeno místico nem isolado e unicamente pode ser o resultado de uma aquisição ordenada de conhecimento, essencial para um amplo objetivo.

Esta disciplina é fundamental para a educação, ainda que definir a quantidade de conhecimento que deve ser selecionada e sua qualidade é uma decisão crítica. Hábitos e práticas convencionais, assim como respostas conhecidas, freqüentemente não deixam espaço para dúvidas, e sem as dúvidas não estará presente o fator que mais induz a aprendizagem. Quanto mais se adquire conhecimento e informação de soluções anteriores bem sucedidas, mais haverá o perigo de debilitar a imaginação.

Minúcia é a característica básica necessária ao arquiteto. A educação deve introduzir hábitos ordenados de pesquisa e metodologia ao aluno, os quais mais tarde lhe possibilitem conseguir, digerir e utilizar sabiamente toda a informação relativa à tarefa que tenha em mãos.

Inspiração: difícil trabalho de amor

A síntese criadora é acima de tudo a vida da educação e prática arquitetônicas. A habilidade de aplicar com imaginação e discernimento o conhecimento adquirido é primordial a todo arquiteto criativo. Existe uma considerável confusão e pouco entendimento real em relação ao ato criativo. Parece-me que a ação arquitetônica criativa está baseada na habilidade de manter uma associação mental completa e ampla dentro da estrutura do conhecimento adquirido.

A intuição, ou a inspiração, é o principal fator dentro da arquitetura criativa. No entanto a inspiração não é um sonho ocioso como muitos imaginam. É primariamente um trabalho difícil e que exige dedicação. Uma ação intuitiva, às vezes sem razão aparente, nunca se realiza sem uma orientação. O arquiteto é guiado dentro da estrutura do seu treinamento e conhecimento adquiridos, seu background cultural e educação, seu gosto e discernimento, seus valores e ética.

A aquisição de conhecimento é importante, considerando que a educação não deve ser apenas obtenção de verdades e informação, pois antes de tudo a educação deve motivar e inflamar o intelecto, ampliar horizontes, e ensinar o indivíduo a pensar. Para este fim é imperativo que a educação impulse e nutra o pensamento, pois a qualidade dinâmica que desejamos incentivar na mente é o resultado de fazer o processo de aprendizagem uma estimulante aventura –uma busca contínua do novo e do desconhecido, que resulte para o arquiteto em síntese criadora.

Arquiteto: mestre em estruturas

Como arquiteto atuante e educador, tenho-me preocupado tanto com a teoria como com a realidade. Há muito tempo descobri que métodos convencionais de introduzir e ensinar estruturas arquitetônicas para o jovem

arquiteto estão muito longe de serem satisfatórios, sendo sobretudo complicados e geralmente confusos e equivocados. Eles não conseguem estabelecer uma relação clara para a ação integral do projeto de arquitetura, tampouco são do tipo que estimula uma aplicação criativa das bases estruturais por parte do jovem projetista.

Com a convicção de que uma participação ativa no campo da construção atualmente traga grandes vantagens para o ensino de qualquer matéria específica no treinamento arquitetônico, considero o arquiteto atuante, progressivo em concepção e com interesse e talento em sua especialidade, a pessoa mais qualificada para introduzir um tema especializado ao jovem arquiteto.

Por isso, em 1959 animei Heino Engel, que na época já ensinava há três anos na Escola de Arquitetura, a desenvolver cursos de estruturas arquitetônicas que esclarecessem princípios básicos relacionados com a invenção das estruturas e que mostrassem as possibilidades de projeto dos sistemas estruturais.

É muito gratificante saber que o brilhante curso que Heino Engel desenvolveu supriu a base para esta aproximação altamente criativa e original ao entendimento e uso das estruturas arquitetônicas.

Este livro será de interesse para qualquer pessoa envolvida em projeto de edificações: para o estudante de arquitetura, o arquiteto atuante, o professor de arquitetura e para o erudito. Ao estudante proporcionará um método positivo, através do qual ele poderá adquirir conhecimentos gerais e profissionais das estruturas; ao arquiteto, um rico estímulo, além de mostrar novas possibilidades para o projeto de suas construções; ao professor e ao erudito, oferecerá materiais coletados sobre o tema, tão amplamente dispersos na literatura arquitetônica, e ajudará na programação de pesquisa.

Este livro dissolverá o anterior conceito de que uma matéria altamente técnica não pode ser tratada com minúcia e em profundidade por meios gráficos de ilustração. Estando preocupada somente com os sistemas e portanto excluindo os muitos detalhes que muitas vezes obscurecem o problema básico, esta obra é um protótipo em seu gênero e talvez por isso incentive semelhantes pesquisas sistemáticas de muitos outros campos especializados que determinam o desenho arquitetônico em nossa época.

Desde que SISTEMAS DE ESTRUTURAS foi publicado pela primeira vez trinta anos atrás, o planejamento ambiental humano sofreu inúmeras mudanças. O desenvolvimento na ciência, tecnologia e comunicação, junto com as transformações sociais, econômicas e políticas em uma escala global, tornaram o processo do projeto cada vez mais complexo. O alcance das preocupações expandiu-se a uma amplitude aparentemente infinita. Certamente o avanço do desenho por computação gráfica (CAD) abriu novos potenciais e vastas opções de desenho, mas esse desenvolvimento levou também, com muita frequência, a amplas falhas nas disciplinas tecnológicas.

No estágio de desenvolvimento atual, SISTEMAS DE ESTRUTURAS de Heino Engel tem um significado especial. Isso confirma que existem princípios de orientação em planejamento ambiental que estão além das mudanças e tendências temporais. Este é um livro que mostra um campo fundamental de conhecimento essencialmente atemporal, absolutamente necessário para o arquiteto e o engenheiro. Na verdade, eu considero o conteúdo e a idéia do livro ainda mais básicos e relevantes hoje do que nunca.

A linha fundamental de argumento no trabalho de Engel também prova minha própria filosofia para ensinar arquitetura, a qual pus em prática como diretor da Escola de Arquitetura e Paisagismo na Universidade de Minnesota, de 1954 a 1984. Eu já havia destacado estas convicções no precedente Prefácio do livro. Estou satisfeito de saber que as idéias de antes não somente ainda são válidas, mas que nas excelentes elaborações de Heino Engel se mantiveram vivas por quase quatro décadas.

Mas além do caráter universal desta realização, esta edição revisada deve ser classificada de insólita. Ela não só contém novas informações e propósitos criativos para o próprio tema, mas também possibilita, pela primeira vez, uma extensa classificação das estruturas. Esta edição revisada também é insólita pois o rigoroso "esqueleto" da versão original foi implementado para agora exibir um articulado e completo "edifício" de linguagem formal para estruturas arquitetônicas. Com esta finalidade, a ilustração desenvolvida por Heino Engel para apresentar idéias e sistemas prova não só que é um meio eminentemente claro e amplo, mas que também se sobressai em seu estilo brilhante.

Concluindo, o que eu afirmei trinta anos atrás pode ser reconfirmado ainda mais, por esta edição ampliada: SISTEMAS DE ESTRUTURAS deve sempre estar a mão de todos os engenheiros, arquitetos e projetistas.



Prólogo del autor para la edición ampliada

La aparición del libro SISTEMAS DE ESTRUCTURAS en 1967 provocó reacciones contradictorias entre los lectores profesionales:

- Se reconoció el intento no convencional de devolver el dominio del diseño de estructuras de nuevo a manos de los arquitectos, pero
- se criticó el objetivo no convencional de intentar transmitir los conocimientos sobre las estructuras a través de un lenguaje gráfico sencillo, en vez de mediante análisis matemáticos.

¡Desde el campo del puro “cálculo de estructuras” incluso se manifestó el temor a que el libro pudiera convertirse en seductor del arquitecto proyectista!

A la vista de tales juicios contradictorios, es interesante explicar el resultado del libro después de treinta años de presencia en el mercado:

- El libro se ha reimpresso 6 veces en total, por última vez en 1990 (y otra vez en Japón en 1994).
- El libro se ha traducido a diferentes lenguas y se ha editado en diferentes países:

EEUU	España	Taiwan	Brasil
Inglaterra	Japón	Portugal	Arabia Saudita (en preparación)

- (Y para completar la lista:)

En la Feria Internacional del Libro de Francfort de 1967, el libro fue elegido como uno de los diez con mejor diseño.

Sin embargo, la calidad y la utilidad de un libro especializado no se pueden medir a partir de estos datos externos, sino en función del grado de expansión de las tesis defendidas. Sobre esto se ha de decir que la clasificación de las estructuras en arquitectura elaborada en este libro, se utilizó como directriz en muchos estudios e investigaciones posteriores; las tesis, los análisis y los desarrollos formales que se presentan, sin bien no han tenido una aceptación ilimitada en el mundo académico y profesional, siempre han estado presentes en las discusiones.

También la metodología singular de las representaciones gráficas del comportamiento de las estructuras ha tenido sus continuadores en toda una serie de libros especializados. Y no sólo esto: desde su publicación en 1967 se han impreso partes del libro al pie de la letra o con pequeñas modificaciones –sin autorización, dicho sea de paso–. En una universidad alemana incluso se publicó el libro página por página en dos volúmenes para venderlo a los estudiantes: ¡un verdadero robo!

Bajo estas condiciones, no había, en principio, ningún motivo para emprender una edición ampliada. Que ésta finalmente se llevara a cabo se debe a la importancia que debe atribuirse al nuevo material sobre los SISTEMAS DE ESTRUCTURAS. A lo largo de los años, el autor ha elaborado este material tanto en calidad de profesor como de director de su propio despacho de arquitectura y urbanismo, en forma de hojas de trabajo para sus alumnos y sus colaboradores del despacho. Al publicarlo, el autor lo hace accesible para una discusión más amplia.

El nuevo material atañe, en primer lugar, al intento de abarcar las bases teóricas de las estructuras en la construcción, su significado, su relación

con el entorno y la arquitectura (como proceso y realidad) así como el alcance y clasificación de su enseñanza como totalidad, representándolas gráficamente en un capítulo introductorio:

- Fundamentos/Metodología

En segundo lugar, se han efectuado –aparte de los usuales avances y correcciones de la edición original– reelaboraciones y nuevas concepciones de los siguientes tipos de estructuras:

- Estructuras neumáticas
- Sistemas de mallas apoyadas
- Edificios altos
- Sistemas híbridos

Finalmente, en la introducción de cada capítulo se indican orientaciones de diseño para cada tipo de estructura, destinadas a facilitar el manejo práctico del libro:

- Definiciones / Características
- Elementos de los sistemas estructurales
- Catálogo de formas y tipos
- Material de construcción / Luces

De todas maneras, debido a estos añadidos, el alcance del libro se amplió de tal manera que, dado su objetivo como libro de manual de consulta, parecía adecuado establecer límites en otros lugares:

- Suprimir la documentación fotográfica de las maquetas más ilustrativas que en la primera edición de 1967 aún representaban una parte esencial del libro.
- Eliminar todos los estudios relacionados con fundamentos geométricos de su relación limitada con sólo un tipo estructural y recopilarlos a modo de apéndice como “geometría y forma estructural”.

Estos nuevos contenidos y ampliaciones revelan la idea directriz en la que se basó el libro en su origen. Cuando el proyectista ha aprehendido la esencia y las causas de las estructuras en la arquitectura, cuando ha valorado la globalidad de los tipos estructurales y ha reconocido sus formas y su comportamiento, es cuando está capacitado –ya sea ingeniero o arquitecto– para aplicar las estructuras en función de sus necesidades en el proyecto y en la evolución de la arquitectura

El autor

1997

Prefácio do autor para a edição revisada

Quando o livro SISTEMAS DE ESTRUTURAS foi publicado pela primeira vez em 1967, houve uma repercussão dividida na profissão:

- Elogios pela aproximação não convencional da volta do domínio do projeto estrutural para as mãos do arquiteto
- crítica pelo modo não convencional de ser capaz de transmitir a teoria das estruturas, não através da matemática, mas sim através da linguagem gráfica

Pela facção purista da engenharia estrutural teria até sido mencionado que o livro talvez levasse à total desvalorização do projeto arquitetônico!

Sob a luz desta reação tão contraditória, será de interesse saber que resultados teve o livro depois de trinta anos de seqüência ininterrupta:

- O livro foi impresso em sua totalidade seis vezes sem nenhuma modificação, sendo a última vez em 1990 (e outra vez no Japão em 1994).
- O livro foi traduzido em vários idiomas e impresso em outros países:

Estados Unidos	Espanha	Taiwan	Brasil
Inglaterra	Japão	Portugal	Arábia Saudita

(em fase de preparação)
- (E para completar:)
O livro foi eleito em 1967 como um dos 10 melhores livros de projeto na Feira Internacional do Livro de Frankfurt.

Entretanto, a qualidade e a utilidade de um livro técnico não são transmitidas por estas informações externas, mas pelo grau em que as idéias principais por ele trazidas ganham terreno. Aqui está para ser comprovado: Os sistemas de construção de estruturas, da maneira como estão elaborados neste livro, têm servido como diretriz para muitos estudos relacionados e subseqüentes; as exposições, análises e desenvolvimentos de forma aqui apresentados foram reconhecidos no mundo acadêmico e na prática, e quando não francamente aceitos, estiveram presentes diálogos contínuos.

Também o método original de apresentar o comportamento estrutural através da ilustração encontrou seus seguidores em inúmeros livros técnicos. E não somente isso: desde sua primeira publicação em 1967, partes do livro –aliás, sem autorização– foram literalmente publicadas em outros escritos, ou publicadas com pequenas mudanças na aparência. Muito recentemente em uma universidade alemã, o conteúdo inteiro do livro foi copiado em dois volumes e vendido aos estudantes: uma edição totalmente pirata!

Nestas circunstâncias, não havia motivo real para empreender uma edição revisada. Apesar de tudo ela está materializada, e o mérito deve ser atribuído aos novos materiais no tema de SISTEMAS DE ESTRUTURAS. O autor, como professor universitário e diretor de um escritório particular de arquitetura e planejamento urbano, conseguiu compilar este material através dos anos, fazendo apostilas de instruções para seus alunos e profissionais do seu escritório. Agora ele o faz acessível para um amplo debate.

O novo material diz respeito, em primeiro lugar, à tentativa de identificar as bases teóricas das estruturas de construção, seu significado, sua relação

com o meio e arquitetura (como processo e objeto), o volume e ordem da sua sistematização como um todo e as representa através de figuras e diagramas em um capítulo de introdução:

- Base / Sistemática

Em segundo lugar –além das habituais atualizações e correções do material apresentado na edição original– os seguintes sistemas de estrutura foram revisados e complementados ou introduzidos por primeira vez:

- Sistemas pneumáticos
- Sistemas estruturais de empuxo
- Sistemas de arranha-céus
- Sistemas híbridos

Finalmente, como introdução a cada capítulo, apresentam-se orientações de desenho para o tipo específico de estrutura, a fim de facilitar a função prática do livro.

- Definições / Características
- Membros de sistemas
- Tipos e formas categorizados
- Material / Vãos cobertos

Por causa destas complementações, o volume total do livro foi ampliado de tal maneira que, para manter a sua qualidade foi necessário limitar outros conteúdos:

- Eliminação do material fotográfico das maquetes, que no original da versão de 1967 ocupava uma parte essencial do livro;
- Eliminação de estudos relacionados com bases geométricas do contexto de somente uma família de estrutura e sua compilação no apêndice “geometria e forma estrutural”.

Estes novos conteúdos e revisões provarão claramente a diretriz do livro pois foram fundamentais para seu início. Só quando a essência e a causalidade das estruturas são entendidas, somente quando o alcance total de estruturas é medido, somente quando as características do seu comportamento e de sua forma estrutural são entendidas, assim então o projetista poderá –arquiteto ou engenheiro– introduzir criativamente o potencial das estruturas para dar suporte as idéias no desenvolvimento da arquitetura de hoje.

O autor

1997

0 Fundamentos Metodología	Significado y función	23
	Proyecto arquitectónico y estructural	28
	Temas / Conceptos / Relaciones / Fuerzas	33
	Criterios para la construcción del sistema	38
	Visión general / Esquema de ordenación / Clasificación	40

1 Forma activa	Definición / Resumen / Luces	57
	Estructuras de cables	63
	Estructuras en forma de tienda	86
	Estructuras neumáticas	97
	Estructuras de arcos	112
	Arco funicular Reticulas abovedadas	

2 Vector activo	Definición / Resumen / Luces	133
	Cerchas planas	139
	Cerchas planas combinadas	145
	Cerchas curvas	148
	Mallas espaciales	156

3 Sección activa	Definición / Resumen / Luces	171
	Estructuras de vigas	177
	Estructuras de pórticos	186
	Estructuras de retícula de vigas	200
	Estructuras de losas	206

4 Superficie activa	Definición / Resumen / Luces	211
	Estructuras de láminas	217
	Estructuras de láminas plegadas	219
	Estructuras de membranas	234
	Membranas de curvatura simple	
	Membranas en cúpula Membranas en silla de montar	

5 Altura activa	Definición / Resumen / Funcionamiento	267
	Deformación y rigidización	276
	Sistemas de transmisión vertical de cargas	286
	Ejemplos de formas estructurales típicas	298
	Geometrías en altura	308

6 Híbridos	Definición / Potencial	319
	Sistemas superpuestos	323
	Sistemas acoplados	326
	Sistemas combinados	327

7 Geometría Forma de la estructura	Significado / Funciones	329
	Geometría y diagrama de fuerzas	334
	Superficies planas / Pliegues	336
	Superficies de curvatura simple	342
	Superficies en cúpula	344
	Superficies en forma de silla de montar	347

0 Bases Sistemáticas	Significado e função	23
	Projeto arquitetônico e estrutural	28
	Temas / Conceitos / Relações / Forças	33
	Critérios para sistemas construtivos	38
	Pesquisa / Esquema de organização / Classificação	40

1 Forma-ativa	Definição / Sinopse / Vãos	57
	Sistemas de cabo	63
	Sistemas de tenda	86
	Sistemas pneumáticos	97
	Sistemas de arco	112
	Arco funicular Reticulas abobadadas	

2 Vetor-ativo	Definição / Sinopse / Vãos	133
	Sistemas de treliças planas	139
	Sistemas de treliças planas combinadas	145
	Sistemas de treliças curvas	148
	Sistemas de treliças espaciais	156

3 Seção-ativa	Definição / Sinopse / Vãos	171
	Sistemas de vigas	177
	Sistemas de pórticos	186
	Sistemas de malha de vigas	200
	Sistemas de lajes	206

4 Superfície-ativa	Definição / Sinopse / Vãos	211
	Sistemas de placas	217
	Sistemas de placas dobradas	219
	Sistemas de casca	234
	Cascas de curvas simples	
	Cascas em cúpula Cascas em sela	

5 Altura-ativa	Definição / Sinopse / Operações	267
	Deformação e estabilização	276
	Sistema de transmissão vertical de cargas	286
	Exemplos de formas de estruturas típicas	298
	Geometrias de elevação	308

6 Híbridos	Definição / Potencial	319
	Sistemas combinados	323
	Sistemas de acoplamento	326
	Sistemas combinados	327

7 Geometria Forma estrutural	Significado / Funções	329
	Geometria e imagem de forças	334
	Superfícies planas / dobradas	336
	Superfícies curvadas simples	342
	Superfícies em cúpula	344
	Superfícies em sela	347

Introducción

(1) Tesis y objetivos

Las tesis en las que se basan estos trabajos y sus objetivos son categóricas:

1. La estructura ocupa en arquitectura un lugar que le da existencia y soporta la forma.
2. La persona responsable de la arquitectura, de su diseño y de su realización es el arquitecto.
3. El arquitecto desarrolla la idea de la estructura para su obra a partir de sus conocimientos profesionales.

De las condiciones necesarias para la existencia de las formas materiales, como casas, máquinas, árboles o vida animal, la estructura es la más importante. Sin estructura portante, las formas materiales no se pueden garantizar, y si no se garantiza la forma no se puede realizar ninguna forma. Por lo tanto, es válido afirmar que, sin una estructura portante, no hay forma, tanto animada como inanimada.

La estructura tiene una gran importancia sobre todo en la arquitectura:

- La estructura es un instrumento primario y aislado para la construcción de formas y espacios. Debido a esta función, la estructura es el medio fundamental para configurar el entorno material.
- La estructura tiene su fundamento en la aplicación de reglas científicas. De esta manera, la estructura sustenta el rango de norma absoluta entre las fuerzas que intervienen en la creación arquitectónica.
- Asimismo, la estructura tiene un campo de interpretación ilimitado en su relación con la forma construida. La estructura puede esconderse por entero tras la forma perceptible; de la misma manera que puede llegar a ser ella misma la forma construida visible, o sea, llegar a ser la arquitectura misma.
- La estructura aúna la voluntad formalizadora del diseñador de unir la forma, la materia y los esfuerzos resultantes. La estructura proporciona un medio estético y creativo para el diseño y la experiencia de las edificaciones.

Se puede concluir que: las estructuras definen las construcciones de forma fundamental: su generación, su ser, su efecto. Por ello, el desarrollo de un concepto estructural es una parte imprescindible del proyecto arquitectónico. De ahí que la

diferenciación habitual entre diseño de estructuras y diseño arquitectónico –referente a los contenidos, procedimientos y valoración e, incluso, a su ejecución– no tiene justificación y está en contradicción con el ser y la idea de la arquitectura.

La diferenciación entre diseño arquitectónico y estructural debe desaparecer.

(2) El problema

A la realización de lo aquí formulado se interponen obstáculos considerables. Unos se deben al área de conocimiento misma; los otros habría que encontrarlos en la inercia de las costumbres, pero ambos se condicionan mutuamente.

En primer lugar: el “área de las estructuras” se ha alejado de un entendimiento global por la cantidad y amplitud de áreas parciales. Se ha convertido en un problema la misma clasificación obligatoria de contenidos temáticos de este campo científico, para poder ser transmitida de alguna forma en la enseñanza y, aún más, su explicación como aplicación creativa. Incluso para el especialista en estructuras, el ingeniero o el arquitecto calculista es imposible dar una respuesta competente en todas las ramas del área, y menos aún para aquel que, además, tiene otras ciencias o áreas como fundamento de su trabajo, como es el caso del arquitecto.

El problema se ve incrementado por la tradicional, y al mismo tiempo irracional, desconfianza del arquitecto proyectista frente a todos los parámetros que puedan ser definidos mediante medios científicos o que provengan de conclusiones basadas en la lógica. La aplicación de fundamentos normativizados –sean referidos a los contenidos, a aspectos instrumentales o procesuales– comúnmente se considera un obstáculo para el desarrollo creativo. Inconscientemente, se legitiman deficiencias de conocimiento en las disciplinas básicas, como sería el caso de las estructuras en las que se transforma tácitamente una incapacidad en una virtud.

Aquí hay que añadir que existe una valoración errónea, ampliamente extendida, sobre la importancia del diseño de la estructura dentro de la totalidad del proceso proyectual, y no sólo entre el público común, sino, incomprensiblemente, también en el ámbito de la disciplina misma, con sus vías institu-

cionalizadas como son los planes de estudio académicos, colegios profesionales, baremos de honorarios, etc. La definición de una idea estructural no se aprecia como una parte indisoluble de la generación de la idea original para el edificio, sino como proceso que se subordina a la creación del diseño arquitectónico en cuanto a los contenidos, importancia y procedimiento cronológico.

Así, el problema tiene dos vertientes: debido a desconocimiento o rechazo, los arquitectos proyectan construcciones y edificios fuera de la poesía de las formas estructurales. En la arquitectura moderna, la desconsideración, e incluso falta total de belleza y rigor en la estructura, es demasiado evidente. La función limitada que se le encomienda a ingenieros y arquitectos calculistas para que hagan realizables, estables y duraderas formas arquitectónicas dadas de antemano, impide que puedan aportar su potencial creativo en el proceso proyectual, tanto en el diseño de edificios como en la invención de nuevos sistemas estructurales prototípicos.

(3) Enfoque para una solución: la sistemática

¿Cómo se pueden encarar y solucionar estos problemas, o al menos mitigar sus consecuencias?

Las áreas del saber complejas se hacen accesibles mediante una sistematización de sus contenidos. La sistematización significa identificación, vertebración y exposición de sus contenidos según un criterio de orden definido. El criterio de orden es coherente, si proviene de la esencia misma del área a ordenar y se extrae de sus posibles aplicaciones prácticas.

El criterio de orden para el presente estudio se justifica con cuatro argumentos en el apartado introductorio “Fundamentos / Metodología”:

1. La finalidad de la arquitectura –antes y ahora– es crear e interpretar espacios para la existencia humana; esto se consigue mediante el diseño de la forma material.
2. La forma material está expuesta a acciones que amenazan la consistencia de la forma, poniendo así en peligro también su sentido y finalidad.

3. La amenaza se contrarresta mediante el desvío de las acciones incidentes hacia aquellas direcciones que no afectan a la forma y al espacio.
4. El mecanismo que causa este efecto es la estructura: el desvío de las acciones o fuerzas incidentes es la razón y la esencia de las estructuras.

Esta es, pues, la clave para hacer accesible la totalidad de los sistemas estructurales existentes y posibles a los proyectistas, arquitectos, así como a los ingenieros:

- Una teoría de sistemas para las estructuras, ordenada según su función básica de desviar acciones y explicada visualmente mediante las características de los sistemas
- funcionamiento mecánico
 - leyes formales y espaciales
 - potencial de diseño.

(4) Amplitud del tema / estructuración

En la naturaleza y la técnica existen cuatro mecanismos típicos para contrarrestar –es decir, desviar– las fuerzas incidentes o acciones. Son fundamentales y poseen características propias; son conocidas por el hombre en el trato cotidiano con todo lo que tenga que ver con los esfuerzos, sus causas y su calibrado.

1 **ADAPTACIÓN** a los esfuerzos producidos por las acciones
Estructuras que trabajan básicamente adaptando su forma física:
● **SISTEMAS DE ESTRUCTURAS DE FORMA ACTIVA**
Sistemas en estado tensional de un solo signo: tracción o compresión

2 **DIVISIÓN** de los esfuerzos producidos por las acciones
Estructuras que trabajan principalmente por la combinación de barras en estado de compresión y tracción
● **SISTEMAS DE ESTRUCTURAS DE VECTOR ACTIVO**
Sistemas en estado tensional cooperativo: tracción y compresión

3 **ENCAJONAMIENTO** de los esfuerzos producidos por las acciones
Estructuras que trabajan mayoritariamente mediante su sección y la continuidad de su materia
● **SISTEMAS DE ESTRUCTURAS DE SECCIÓN ACTIVA**
Sistemas en estado de flexión: tracción, compresión y flexión

4 **DISPERSIÓN** de los esfuerzos producidos por las acciones
Estructuras que funcionan mediante la extensión de su superficie o la forma de la superficie
● **SISTEMAS DE ESTRUCTURAS DE SUPERFICIE ACTIVA**
Sistemas en un estado tensional de superficie: fuerzas de membranas (tracción, compresión, torsión)

Aquí habría que añadir un quinto mecanismo, condicionado por el desarrollo en altura de las construcciones. Éste tiene un papel en todos los sistemas de desviación de las acciones mencionadas anteriormente pero, por sus características especiales, debe ser considerado como un sistema propio.

5 **RECOGIDA y GUIADO** de los esfuerzos producidos por las acciones a tierra
● **SISTEMAS DE ESTRUCTURAS DE ALTURA ACTIVA** (Sistemas sin estado tensional típico)

El criterio de diferenciación de los sistemas es su característica principal para acometer el desvío de las acciones que, en cada sistema, da lugar, asimismo, a otras formas de trabajo que son típicas de otros sistemas. Si se observa la capacidad portante principal, lo que en este caso quiere decir el mecanismo de desvío de los esfuerzos producto de las acciones incidentes, cada estructura se puede clasificar sin más en una de las cinco familias estructurales.

Esta simplificación tiene aún otra justificación. La forma y el espacio de una construcción están influidos en menor grado por las estructuras

secundarias para los desvíos de acciones que por aquel sistema que realiza la función estructural principal, el que le da carácter y calidad. Es por ello legítimo dejar de lado las funciones secundarias, no sólo en una explicación teórica de las estructuras, sino también en el desarrollo práctico de una idea estructural.

Por otro lado, es consecuente clasificar las estructuras verticales en una categoría propia de “sistemas de estructuras de altura activa”. La misión primaria de esta construcción consiste en la transmisión de las cargas desde arriba a tierra –llamada “puesta en tierra”, análogamente a la eléctrica– y se caracteriza por los sistemas de recolección de esfuerzos, de transporte de los mismos y de su estabilización. Al no influir en la forma, no es importante que estos sistemas tengan que servir como mecanismo de desvío, pudiendo pertenecer a una o varias de las categorías antes mencionadas.

(5) Explicación del tema / limitaciones

La elección del método para abarcar de la mejor manera el área de las estructuras en el proyecto arquitectónico y estructural se ha orientado en los condicionantes típicos en este tipo de problemas:

- La imaginación y las capacidades de comprensión, predominantemente visuales, del arquitecto y proyectista
- La esencia corpórea e instrumental de los sistemas estructurales y sus características de funcionamiento
- Las ventajas de la axonométrica y la perspectiva para explicar los procesos mecánicos y las configuraciones espaciales.

Estas condiciones son la razón para representar las causas y los efectos de los sistemas estructurales, sus órdenes e interrelaciones y, naturalmente, sus formas estructurales derivadas de ello, de forma gráfica y visual, prescindiendo, en gran parte, de las explicaciones redactadas en forma de texto.

Esto concierne incluso al análisis de problemas abstractos o procesos de razonamiento que se intentan representar aquí mediante gráficos explicativos, diagramáticos o en forma de tablas.

Pero la representación unívoca y clara de lo principal exige algo más: la eliminación de lo secundario

– Matemáticas

Los cálculos matemáticos no tienen importancia para el desarrollo de conceptos estructurales. Tampoco son imprescindibles para la comprensión del complejo comportamiento de los sistemas estructurales o para fomentar el espíritu creativo de la invención estructural.

Las matemáticas, en el sentido del álgebra sencilla, ayudan a entender los conceptos básicos de la estática y de los estados mecánicos como equilibrio, resistencia, palanca, momento de inercia, etc., pero no sirven para la elaboración de los conceptos estructurales. Sólo cuando este concepto se ha definido en sus partes fundamentales, el análisis matemático tiene su papel en la comprobación del sistema y su optimización, el predimensionado de elementos estructurales o la comprobación de seguridad y su ajuste económico.

– Material

El funcionamiento básico de un sistema estructural no depende del material, a excepción de aquellos materiales no aptos para la construcción. También es cierto que, según la característica de carga del material empleado, hay obligatoriamente preferencias para sistemas y luces a cubrir, pero los procesos mecánicos en sí, la comprensión de estos procesos, así como su aplicación a la hora de proyectar son básicamente independientes del material.

– Escala

Para la comprensión de la mecánica estructural de un sistema concreto no se hace necesaria la visión de un tamaño real. Los procesos típicos para que un sistema alcance un estado de equilibrio no dependen fundamentalmente de la escala ni del tamaño.

A su vez, es incuestionable que los problemas de escala tienen una gran relevancia en el desarrollo de conceptos estructurales, por lo menos mayor que otros factores de influencia que se han obviado. Esto es así ya que el desarrollo de una idea estructural presupone, en cada caso concre-

to, una visión formal/estructural concreta y, de este modo, también una conciencia acerca de una escala definida de las luces a cubrir.

Por esta razón, en la primera revisión de la estructura se respetarán los deseos de los proyectistas de estructuras en el sentido de que, en relación con la definición de cada tipo particular de sistema estructural, se dará una visión general de los criterios económicos para las luces a cubrir, dependiendo de los materiales comúnmente empleados.

A parte de esto, no se entrará más allá en el análisis exhaustivo de la temática “luces” y “escala”, respectivamente. Las figuras representadas en los diferentes dibujos tampoco sirven para la definición de una escala concreta, sino más bien para ilustrar la visión del espacio y de la construcción.

–Estabilización

La estabilización en el sentido de arriostamiento contra acciones o esfuerzos laterales o asimétricos (viento, nieve, seísmos, temperatura, etc.), o para controlar estados de equilibrio precarios, sólo se tratan por separado en el apartado “Sistemas de altura activa” como un tema propio dentro del desvío de acciones, ya que el desarrollo en altura de una construcción es lo que preferentemente exige la estabilización del mismo. Esto llega a tal extremo que, a partir de una cierta altura, la forma y el tipo de un edificio son condicionados por el desvío de las acciones horizontales y la derivación de las cargas dependientes de la altura.

En los demás sistemas estructurales se prescindirá de la representación de estas medidas estabilizadoras, sobre todo si ya son parte integrante de la estructura misma. Por lo general, en las alturas habituales, su influencia es relativamente pequeña sobre la forma básica de la estructura y sobre el desarrollo de un concepto estructural. En la mayoría de los casos, no es sino antes de la concreción de la idea cuando es posible la resolución de los problemas de estabilización.

(6) Fundamentos de diseño

Las investigaciones aquí presentadas nos enseñan las estructuras en su totalidad bajo un solo

sentido de orden. Mediante el desdoblamiento “unidimensional” del área (con la consecuencia de obviar asuntos secundarios) se definen los principios de orden del área de las estructuras en una serie de criterios que resultan decisivos para el proyectista a la hora de desarrollar ideas y conceptos:

Son decisivos:

- el funcionamiento mecánico
- las leyes de la forma y el espacio
- el potencial del diseño formal

El proyectista se puede dejar guiar por su intuición e imaginación, sin estar atado a muchas de las cuestiones prácticas, físicas o analíticas, pero conociendo la lógica mecánica y las formas y posibilidades que de ello se derivan, o sea dominando la manipulación de formas estructurales genuinas. Este saber le permitirá mirar más allá de los límites de las múltiples construcciones ya probadas y derivar nuevas formas no convencionales.

Estas formas no representan ESTRUCTURAS que puedan ser adaptadas, sin más prueba, a la planta o la sección del proyecto, sino que son SISTEMAS de estructuras. Las ESTRUCTURAS son ejemplos y por ello GUÍAS de proyecto; los SISTEMAS de estructuras son órdenes de una clasificación y, por ello, representan FUNDAMENTOS de proyecto.

Como sistemas, los mecanismos del desvío de acciones y cargas se erigen sobre la forma individual de la estructura que sólo se ha concebido para una única tarea, y se convierten en un principio formal. Como sistemas, no están vinculados ni al estado actual del conocimiento de materiales y construcción, ni a las condiciones localmente específicas, manteniéndose válidas con independencia del espacio y el tiempo.

Finalmente, como sistemas, forman parte de un sistema de seguridad mayor que el hombre ha creado para la conservación de su especie que, a su vez, está integrado en el sistema que gobierna el movimiento de las estrellas, así como el del movimiento de los átomos.

Introdução

(1) Argumento e postulação

Os argumentos, que originam este trabalho e fundamentam sua postulação, são categóricos:

1. A estrutura ocupa na arquitetura uma posição que executa duas funções: outorgar existência e sustentar a forma
2. O agente responsável pela arquitetura, seu projeto e sua realização, é o arquiteto
3. O arquiteto desenvolve o conceito de estrutura para seus projetos em sua linguagem profissional

Entre as condições básicas que contribuem para a existência de formas materiais como uma casa, uma máquina, uma árvore ou os seres vivos, a estrutura é fundamentalmente importante. Sem ela, as formas materiais não podem ser preservadas, e sem a preservação das formas, o próprio destino do objetivo da forma não pode ser concretizado. Portanto, é uma verdade que, sem estrutura material, não se pode executar nenhum complexo animado ou inanimado.

Especialmente na arquitetura, a estrutura assume uma parte fundamental:

- A estrutura é o primeiro e único instrumento para gerar forma e espaço na arquitetura. Por esta função, a estrutura torna-se um meio essencial para modelar o meio material do homem
- A estrutura apoia-se na disciplina exercida pelas leis das ciências naturais. Conseqüentemente, entre as forças de formação do projeto arquitetônico, as linhas de estrutura são como uma norma absoluta
- A estrutura em sua relação com a forma arquitetônica, apesar de tudo, proporciona um espaço infinito de atuação. A estrutura pode estar completamente escondida pela própria forma da construção; também poderá ser a própria arquitetura
- A estrutura personifica a tentativa criativa do projetista de unificar forma, material e forças. A estrutura, então, apresenta um meio inventivo, estético, para ambos, forma e experiência de construção

Em conseqüência, pode-se concluir que as estruturas determinam as construções de maneira fundamental—suas origens, sua existência, suas conseqüências—desenvolvendo, portanto, conceitos de estrutura, como por exemplo o projeto estrutu-

ral básico, que é um componente integral do autêntico projeto arquitetônico. Por isso a diferença prevaiente entre o projeto estrutural e as formas arquitetônicas—como seus objetivos, seus procedimentos, suas linhas e, por esta razão, também para seus intérpretes—é sem fundamento e contraditória para a causa e a idéia de arquitetura.

A diferenciação entre projeto arquitetônico e projeto estrutural precisa ser dissolvida.

(2) O problema

Para materializar as reivindicações antes declaradas consideráveis obstáculos se interpõem no caminho. Alguns deles encontram-se no próprio tema da matéria, outros são mais um produto do princípio de inércia pousados em velhos hábitos. Ambos afetam-se mutuamente.

Para começar: a matéria 'Teoria das Estruturas', pela diversidade e volume, há muito tempo foge de uma total compreensão. A sistemática e conclusiva identificação do conteúdo de uma mera matéria e portanto seu ensino já é um problema; e ainda mais a aplicação da transmissão de sua criatividade. Nem para o especialista em estruturas, o engenheiro estrutural, a utilização competente de todos os ramos deste campo é possível, quanto mais para aquele que, além de tudo, ainda tem que dominar um grande número de outros campos de conhecimento básico para o seu trabalho, o arquiteto.

O problema torna-se ainda mais grave pela tradicional, mas irracional, desconfiança do criativo arquiteto em relação a todas as diretrizes projetuais que, tendo uma base científica, podem ser calculadas ou logicamente derivadas. A aplicação das essências normativas—o analítico, a instrumentação, o processo metódico—geralmente é considerado um impedimento para o desenvolvimento criativo. Subconscientemente, a falta de conhecimento nas disciplinas básicas, como teoria das estruturas, é indiscutível, e assim será legitimada e a insuficiência implicitamente transformada em virtude.

Além disso, há uma desvalorização do projeto estrutural amplamente aceita dentro do processo total de planificação arquitetônica, e isso não somente na opinião pública, mas também—e

ainda menos compreensível—na própria profissão, com suas trilhas institucionalizadas, tais como treinamento *curricular*, sociedades profissionais, ordenação de taxas, etc. Aqui a formulação de idéia de estrutura entende-se não como uma parte integral da geração primária de idéias para a construção, mas como um ato que segue o projeto arquitetônico criativo: em substância, em importância e em tempo.

O problema então torna-se duas vezes maior: Os arquitetos, por ignorância ou por antipatia, projetam construções distanciando-se da poesia das formas estruturais. O desprezo ou ainda diretamente a exclusão da beleza e da disciplina das estruturas na arquitetura moderna é evidente. O engenheiro, que tem confiada a tarefa de fazer tais formas arquitetônicas ficarem em pé e assim permanecerem, não pode aplicar o seu potencial criador em nenhuma postura, nem no projeto de arquitetura moderna, nem na invenção de novos protótipos de sistemas estruturais.

(3) Aproximação: sistemática

Como estes problemas podem ser manipulados, resolvidos ou pelo menos seus efeitos amenizados?

Campos de matérias complexas podem ser aceitos através da classificação de seus conteúdos. Sistemática significa identificação, articulação e revelação de conteúdos sob um princípio regulado de ordem. Tal princípio é conclusivo se derivado da pura essência da matéria e de sua aplicação.

Para os estudos aqui apresentados, os princípios de ordem, como foram explicados na parte introdutória 'Bases / Sistemáticas', estão baseados em quatro linhas de argumentação:

1. A causa da arquitetura—passado e presente—é suprir e interpretar o espaço para a existência e ação do homem; isso é conseguido através da moldagem da forma material.
2. A forma material está submetida a forças que desafiam a tolerância da forma e assim, ameçam o seu próprio propósito e significado.
3. A ameaça será defendida através da redistribuição das forças atuantes em cursos que não invadam nem a forma nem o espaço.

4. O mecanismo que efetua isso chama-se estrutura: A redistribuição de forças é causa e essência da estrutura.

Isso, então, é a chave para revelar a total variedade das existentes e potenciais estruturas, para uma aplicação criativa por parte do planejador, tanto o arquiteto como o engenheiro.

Uma teoria de sistemas para estruturas, construída baixo sua função essencial de redistribuição de forças, analisada com ilustrações pelos sistemas característicos de:

- comportamento mecânico
- geometria de forma e espacial
- potencial de projeto

(4) Revelação do tema / articulação

Na natureza e na técnica existem 4 mecanismos típicos para lidar com forças atuantes, isto é, para redistribuí-las. Eles são básicos, possuem características intrínsecas e são familiares ao homem com tudo relacionado aos esforços, como suportá-los e como reagir.

1 AJUSTAMENTO para as forças
Estruturas agindo principalmente através de forma material:
● SISTEMAS ESTRUTURAIS DE FORMA-ATIVA
Sistema em condição de tensão simples:
Forças de compressão *ou* tração

2 SEPARAÇÃO de forças
Estruturas agindo basicamente através de barras de compressão e de tração:
● SISTEMAS ESTRUTURAIS DE VETOR-ATIVO
Sistema baixo condição de tensão co-ativa:
Forças de compressão e tração

3 CONFINAMENTO de forças
Estruturas agindo basicamente através de corte transversal e continuidade de material:
● SISTEMAS ESTRUTURAIS DE SEÇÃO-ATIVA
Sistema baixo condições de flexão:
Forças seccionais

4 DISPERSÃO de forças
Estruturas agindo principalmente através da extensão e forma da superfície
● SISTEMAS ESTRUTURAIS DE SUPERFÍCIE-ATIVA
Sistema baixo condição de tensão da superfície:
Forças de membrana

A estes quatro mecanismos, deve ser acrescentado um quinto. Este tipo, que é caracterizado pela extensão vertical das construções e portanto diz respeito aos quatro sistemas de redistribuição de forças antes mencionados, por causa de sua função especial classifica-se como um sistema de estrutura próprio.

5 ABSORÇÃO e FUNDAMENTAÇÃO de forças em estruturas agindo principalmente como transmissoras de carga vertical:
● SISTEMAS ESTRUTURAIS DE ALTURA-ATIVA
(Sistemas sem condição típica de tensão)

O critério de distinção de sistemas é, portanto, em cada caso, a característica dominante de distribuição de forças. Além da característica dominante, dentro de cada estrutura, distintas forças operacionais estarão em atividade sendo descritivas de outros sistemas. No entanto, se a principal ação de extensão, que é o mecanismo dominante para redistribuição de forças, for considerada, cada estrutura pode ser facilmente classificada dentro de uma das cinco 'famílias' de sistemas estruturais.

Tal simplificação dos sistemas tem ademais outra justificação. Forma e espaço na construção estão menos influenciados pelas estruturas por causa das cargas de transmissão secundárias, mas recebem caráter e qualidade, predominantemente, do sistema que executa a principal ação de extensão. Por isso é legítimo ignorar essas funções secundárias, não somente no tratamento teórico da matéria, mas também ao desenvolver na prática um conceito de estrutura. Por outro lado, somente é compatível classificar as estruturas de arranha-céus na categoria separada de 'estruturas de altura-ativa'. A tarefa inicial destas construções é a transmissão de carga desde os

pontos culminantes ao solo –em curta 'fundamentação' em analogia à engenharia eletrônica– consistindo em sistemas particulares de coleção de cargas, transmissão de cargas e estabilização lateral. Então é irrelevante, em formas não determinantes, que estes sistemas tenham que utilizar para redistribuição de forças um mecanismo pertencente a um ou a vários dos quatro procedimentos anteriores.

(5) Tema de mediação / limitações

A escolha de métodos e maneiras de como tornar o conhecimento do sistema de estruturas mais acessível ao uso no projeto arquitetônico ou estrutural seguem condições que são típicas para este objetivo:

- O meio predominante da ilustração através do qual arquitetos e projetistas formulam idéias e comunicam-se
- O físico, como um aparelho que represente a natureza dos sistemas estruturais e suas características de comportamento
- Os méritos do desenho isométrico e da perspectiva para explicar processos mecânicos e configurações espaciais.

Estas circunstâncias são incentivos para apresentar causas e conseqüências dos sistemas estruturais, suas sistemáticas e relacionamentos e, claro, suas formas estruturais, através da ilustração gráfica, e ao mesmo tempo afastando –se bastante de explicações verbais. Isso até inclui matérias abstratas ou processos que –embora como tentativa– são aqui mostrados através de tabelas, gráficos e diagramas.

Por outro lado a representação definitiva e a acentuação do essencial requer ainda algo mais: a exclusão do que não for essencial

– Matemática

Os cálculos matemáticos têm um pequeno significado para o desenvolvimento dos conceitos de estruturas. Na verdade, não são necessários para a compreensão do complexo comportamento dos sistemas estruturais, ou para inspirar o espírito criador para a invenção estrutural.

A Matemática, na forma de simples álgebra, é útil para o entendimento de conceitos básicos das

estruturas e das condições mecânicas, como equilíbrio, resistência, braço de alavanca, momento de inércia, etc., mas não tem utilidade ao gerar conceitos. Somente depois da determinação dos elementos essenciais do conceito é que a análise matemática realiza sua real função de checar e otimizar o sistema, dimensionando seus componentes e garantindo segurança e economia.

– Material

O comportamento básico de um sistema estrutural não depende do material, ressalvas feitas aos materiais não adequados à construção. É verdade que a propriedade de tensão da estrutura material é também necessariamente um critério de classificação para o sistema e duração da estrutura, mas o comportamento mecânico, sua compreensão, assim como a sua aplicação no projeto, não dependem do material.

– Escala

Para entender o mecanismo estrutural de certos sistemas, a consideração de escala absoluta não é necessária. As ações típicas para o sistema único para atingir estados de equilíbrio não dependem basicamente da categoria tamanho, a escala.

No entanto é inquestionável que para desenvolver conceitos de estrutura, a escala é uma parte importante ou, pelo menos, mais importante que outros fatores de influência que por razão do perfil tópico foram excluídos. Como para desenvolver uma imagem de estrutura se requer em cada caso uma visão concreta da forma e do espaço, assim, a consciência de uma dimensão definida varia pela duração.

Por esta razão, na edição revisada, o amplo interesse do projetista de estruturas foi considerado até agora como em contexto com a definição de famílias individuais dos sistemas estruturais, e um estudo da variação dos vãos razoáveis (econômicos) para cada tipo de estrutura, enumerado para o bom uso dos materiais estruturais.

Mas, além disso, a discussão básica sobre o tema 'vão' ou 'escala' não é aqui abordada. Também, as figuras humanas, delineadas em

alguns desenhos, não servem para sugerir uma variação definida de escala, mas são maneiras de facilitar a imaginação do espaço e construção.

– Estabilização

Estabilização, no sentido de suportar carga lateral e assimétrica (vento, neve, terremoto, temperatura, etc.) ou para controlar estados instáveis de equilíbrio, são tratados somente no capítulo 'Sistemas estruturais de altura-ativa'. Predominantemente é a extensão da altura de uma construção que necessita estabilização. Isso torna-se tão influente que, de uma certa altura na redistribuição de forças horizontais e na fundamentação de cargas de altura, será o primeiro gerador da forma e do tipo.

Para todos os outros sistemas estruturais, um tratamento sobre o tema e uma apresentação de medidas de estabilização foram omitidos, na proporção que eles ainda não são parte integral do próprio mecanismo de estrutura. Para alturas normais de construção, suas influências sobre as formas básicas de estruturas e sobre o desenvolvimento de um conceito estrutural continuam sem importância. Na verdade, é somente depois que o conceito é desenvolvido que, na maioria dos casos, torna-se possível a resolução dos problemas de estabilização.

(6) Projeto básico

Os estudos aqui apresentados mostram o campo das estruturas arquitetônicas em sua total extensão baixo um único princípio direcional. Dada a deliberada 'unidimensão' da revelação do campo (acompanhada pelo descuido de preocupações secundárias) o conteúdo deste campo de conhecimentos torna-se mais acessível em critério decisivo para o projetista de estruturas quando desenvolve idéias e conceitos sobre:

- comportamento mecânico
- geometria da forma e espacial
- potencial de projeto

Não sendo limitado pelas muitas considerações práticas, físicas ou analíticas, mas familiarizado com a lógica mecânica e as possibilidades e formas surgidas a partir delas, dado importante no manuseio das verdadeiras formas de estruturas, pode o projetista submeter-se à sua intuição e ao

poder da imaginação. Tal conhecimento também se qualificará para atentar além dos limites das estruturas bem testadas, em suas diversidades e deduções insólitas, em formas não convencionais.

Estas formas não representam ESTRUTURAS que sem futuros testes podem ser incorporadas no plano ou seção de um projeto, mas sim SISTEMAS estruturais. ESTRUTURAS são exemplos e portanto projetam IMPLEMENTOS; SISTEMAS estruturais são ordens e portanto projetam PRINCÍPIOS.

Como sistemas, os mecanismos para redistribuição de forças erguem-se acima da individualidade de uma estrutura desenhada somente para uma tarefa especial e tornam-se um princípio. Como sistemas, eles não são limites para o presente estado de conhecimento do material e da construção, nem para uma condição local particular, mas mantêm-se válidos independentemente do tempo e do espaço.

Como sistemas, finalmente eles são parte de um grande sistema de segurança que o homem projetou para a sobrevivência de sua espécie. Sendo assim outra vez envolvido no próprio sistema que governa o movimento das estrelas, tanto quanto o movimento dos átomos.

Fundamentos / Metodología
Bases / Sistemáticas

0

El significado de la estructura: sustentación de las funciones del edificio

El entorno material del hombre está formado por objetos, aislados y en conjuntos, animados o inanimados, orgánicos o contruidos. Según su origen, podemos distinguir dos categorías: los objetos naturales y los técnicos.

También los diferentes elementos con los que está formado un objeto son objetos, al igual que, a la inversa, se puede considerar que cualquier sistema superior es un objeto en el que actúan conjuntamente varios objetos para formar una unidad. Esto quiere decir que los objetos materiales no tienen una escala determinada. Son componentes tanto del macrocosmos como del microcosmos. Como concepto abarcan todos los cuerpos definibles del entorno material.

Todos los objetos materiales de la naturaleza y de la técnica se presentan con su correspondiente forma. La forma, en el campo de los objetos materiales, es la disposición característica en tres dimensiones: es geométrica.

Las formas materiales en la naturaleza y en la técnica ejercen una influencia determinada; satisfacen funciones. Entre estas funciones no sólo se encuentran las causas y efectos mecánicos e instrumentales, sino también los biológicos, semánticos, psicológicos y los puramente preservados de sustancia.

La función específica está relacionada con la forma específica. Por consiguiente, si se modifica o se destruye la forma, también se afecta en igual medida a la función. La conservación de la forma es un requisito imprescindible para el mantenimiento de las funciones del entorno material.

Toda forma material, es decir, todo objeto representado por una forma, está sometido fundamentalmente a la acción del peso propio (peso). Las demás fuerzas actuantes se deben, en primer lugar, a la función del objeto; en segundo lugar, a las propiedades y la estructura de la materia, y, finalmente, a las condiciones del entorno.

Por lo tanto, la existencia de un objeto y de su forma parte de la hipótesis de que el objeto

puede resistir estas fuerzas; su condición des cansa en su capacidad de soportar diferentes fuerzas. La consistencia que concede esta capacidad es la estructura.

Por ello, es válido lo siguiente: las formas materiales del entorno sólo pueden existir gracias a su estructura y, con ello, satisfacer sus funciones. Las estructuras son los verdaderos guardianes de las funciones del entorno material, tanto natural como técnico.

Acción de la estructura: flujo de fuerzas y transmisión de cargas

Las estructuras naturales y técnicas tienen como misión, no sólo soportar el peso propio del objeto, sino también las cargas adicionales (sobrecargas). Este proceso se describe como transmisión de fuerzas.

Sin embargo, lo esencial del proceso de transmisión de cargas no es la acción, fácilmente imaginable, de la recepción de esfuerzos, sino el proceso interno de transmisión de esfuerzos. Sin la capacidad para transmitir las cargas, un elemento no es estable, ni frente a su peso propio, ni mucho menos frente a las sobrecargas.

Por lo tanto, una estructura trabaja a tres niveles consecutivos:

1. Recepción de cargas
2. Flujo de cargas
3. Transmisión de cargas

Este proceso se describe como FLUJO DE FUERZAS. Es la idea básica para el diseño de estructuras. A partir del recorrido de las cargas también se puede valorar la rentabilidad de una estructura.

El flujo de fuerzas no plantea problemas en tanto que la forma del objeto se adapte a la dirección de las solicitaciones. En el caso de las cargas gravitatorias se daría este caso si la materia estuviera relacionada de la manera más directa y a la menor distancia posible con tierra, el punto de descarga de las solicitaciones. Sin embargo, aparece un problema cuando la transmisión de cargas no se lleva a cabo tan directamente y ha de recorrer caminos secundarios.

Pero este es el caso más frecuente en la técnica; que la forma se construya para satisfacer una

función determinada, de entrada, con independencia del flujo natural de fuerzas e, incluso, a menudo en oposición a ella. Por consiguiente, las formas funcionales así surgidas no están en condiciones de controlar las solicitaciones, a no ser que la función del objeto sea precisamente garantizar esta transmisión de las cargas.

Por lo tanto, el diseño de estructuras en el campo de la técnica tiene como misión desarrollar un sistema de flujo de fuerzas que responda a una imagen funcional prefijada o, como mínimo, se aproxime mucho a ella. Se trata de transformar la imagen de las fuerzas actuantes en una nueva imagen de fuerzas con una acción global similar mediante la materia –ya sea transformando la propia forma funcional, reforzando la materia de la forma o mediante construcciones auxiliares–.

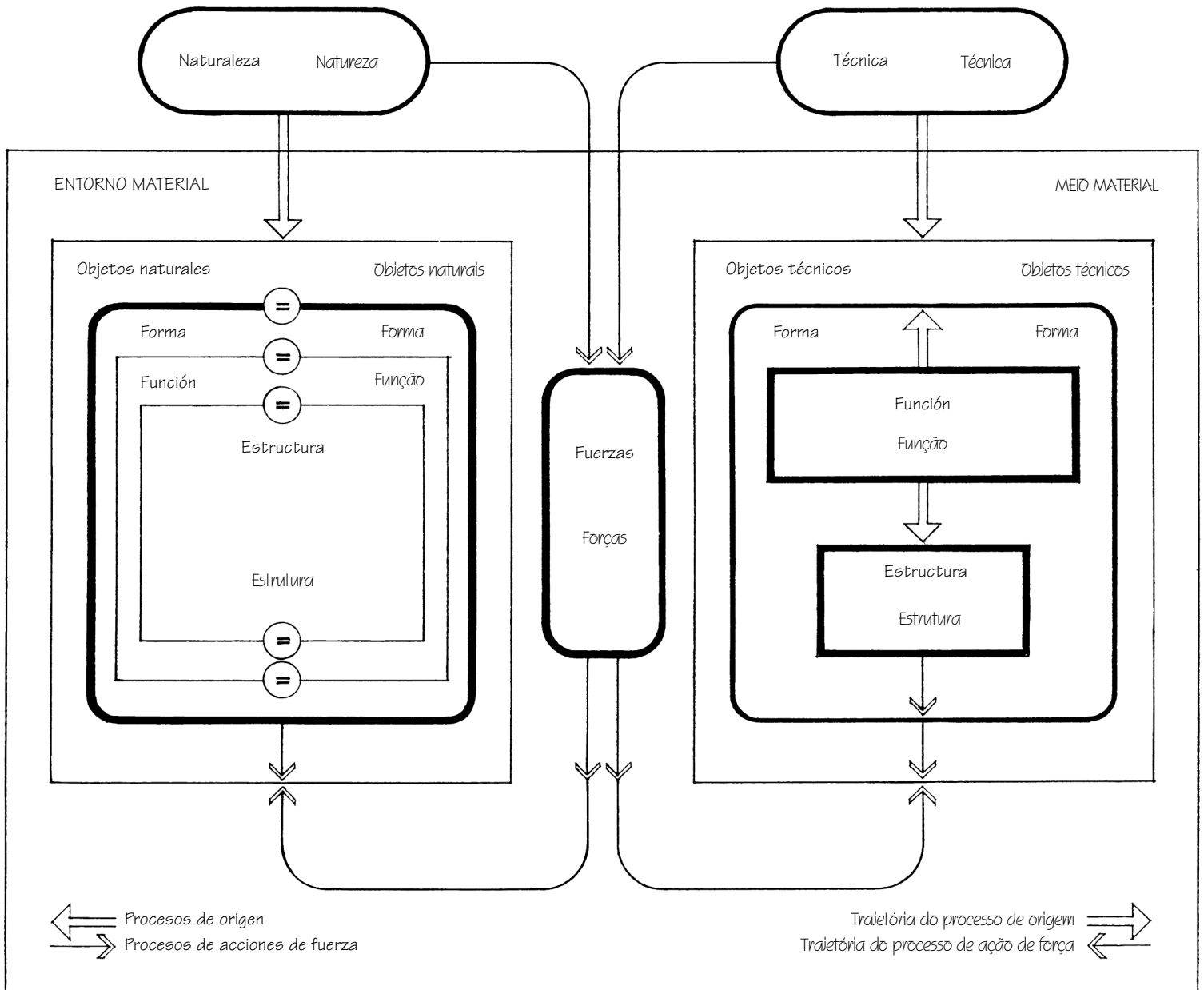
Una nueva configuración de fuerzas se crea menos por el cambio de la *dimensión* de la fuerza que por la nueva orientación de la *dirección* de la fuerza en el espacio. Así, esta última es determinante para la dimensión de los esfuerzos que inciden en el objeto.

El cambio de dirección de los esfuerzos (o fuerzas que fluyen en el interior de la estructura) es la premisa mediante la cual se crean nuevas configuraciones de esfuerzos. Con otras palabras: la transmisión de los esfuerzos se debe realizar por nuevas vías, o sea, debe ser desviado. El DESVÍO DE LOS ESFUERZOS es, por ello, el principio de guiado del flujo de fuerzas en el objeto.

Como conclusión: el conocimiento de los mecanismos existentes para desviar las fuerzas en otra dirección es la premisa fundamental para el desarrollo de nuevas configuraciones de fuerzas. La ciencia de las posibilidades del desvío de fuerzas es el núcleo del estudio de las estructuras y el fundamento para un orden de los sistemas estructurales.

El significado de las estructuras en el entorno material

O significado das estruturas no meio material



El entorno material está formado por OBJETOS, aislados y en conjunto, macrocósmicos y microcósmicos, animados e inanimados, de origen natural y contruidos; en función de su origen distinguimos dos categorías: los objetos NATURALES y los objetos TÉCNICOS.

Los objetos actúan a través de su FORMA. Por ello, la forma siempre satisface una FUNCIÓN, es decir, la conservación de la forma es imprescindible para la perpetuación de la función.

Todos los objetos están expuestos a fuerzas. La consistencia que garantiza la conservación de la forma del objeto frente a las sollicitaciones se denomina ESTRUCTURA. De esto se desprende que las estructuras son pautas materiales para mantener las funciones del objeto en el entorno natural y técnico de los hombres.

Las estructuras de la naturaleza y de la técnica

No se distinguen por la mecánica de sus acciones, sino por su relación con la forma y la función del objeto. En la naturaleza, la estructura se integra en ambos aspectos del objeto y, por tanto, no pueden –al contrario que en la técnica– entenderse como estructuras independientes.

O meio material está constituído por OBJETOS, separados e em conjunção, macrocósmicos e microcósmicos, animados e inanimados, crescidos e contruidos. Segundo a fonte de sua origem estão divididos em duas categorías: Os objetos NATURAIS e os objetos TÉCNICOS.

Os objetos operam através de sua FORMA. Portanto as formas sempre têm uma FUNÇÃO, ou seja, a preservação da forma é um pré-requisito para a perpetuação da função.

Todos os objetos estão expostos às forças. A consistência que mantém a perpetuação da forma do objeto contra as forças chama-se ESTRUCTURA. Desde aqui, infere-se que as estruturas são modelos materiais para a preservação da função do objeto no meio natural e técnico do homem.

Estruturas da natureza e da técnica

Não se diferenciam no mecanismo de suas ações, mas em sua relação com a forma do objeto, por um lado, e com a função do objeto, por outro. Na natureza, a estrutura está integrada no conteúdo destes dois objetos e portanto –contrariamente às estruturas técnicas– não pode ser distinguida como uma entidade própria.

O significado da estrutura: preservação da função do objeto

O meio material do homem está composto por objetos isolados ou em conjunção, animados ou inanimados, crescidos e construídos. De acordo com sua origem, estão divididos em duas categorias: objetos naturais e objetos técnicos.

Também os elementos, dos quais o objeto separado está composto, são objetos que, no inverso daquele grande sistema, outra vez figuram como peças, onde vários objetos separados interagem um único. Portanto, os objetos materiais não pertencem a uma grandeza particular. Eles são componentes de ambos: macrocosmo e microcosmo. Como noção eles compreendem todos os sólidos definíveis no meio material.

Todos os objetos materiais na natureza e na técnica manifestam-se através de uma forma específica. A forma no domínio físico é a distinta distribuição da substância do objeto em três dimensões. É geométrica.

As formas materiais na natureza e na técnica atuam de maneira diferente; elas cumprem funções. Neste contexto, as funções não são somente mecânicas e instrumentais, mas também biológicas, semânticas e psicológicas ou, simplesmente, a substância que preserva causas e efeitos.

A função específica está amarrada à forma específica. Portanto se a forma está invadida ou aniquilada, as funções estarão também debilitadas igualmente. Portanto a preservação da forma é um pré-requisito para a perpetuação de funções no meio material.

Cada forma material, isto é, o objeto como representado pela forma, está inevitavelmente exposta à ação de forças gravitacionais (peso). Outras forças de ação originam-se primeiro da função do objeto, segundo das características e articulação da substância e finalmente das condições do ambiente.

Isso quer dizer que para a existência de um objeto e sua forma, é necessário que o objeto possa suportar aquelas forças. Ele descansa sobre sua capacidade de enfrentar forças de vários tipos, 'suportá-las'. A consistência que confere esta capacidade é a estrutura.

Portanto é válida a declaração: somente através de suas estruturas, as formas materiais do meio permanecerão intactas e portanto poderão completar suas devidas funções. As estruturas são os verdadeiros preservadores das funções do meio material em natureza e técnica.

Ação de estrutura: fluxo de forças / distribuição de forças

As estruturas na natureza e na técnica servem o propósito de não somente controlar o seu peso próprio, mas também de receber carga adicional (forças). Esta ação mecânica é o que se chama de 'suporte'.

A essência do processo de suporte, de qualquer maneira, geralmente não é uma ação aberta de recebimento de carga, mas o processo interno de operação de transmiti-las. Sem a capacidade de transferir e descarregar cargas, um sólido não pode suportar seu peso próprio e menos ainda uma sobrecarga.

A estrutura, portanto, faz funcionar totalmente juntas as três operações subseqüentes:

1. Recepção de carga
2. Transmissão de carga
3. Descarga

Este processo é chamado FLUXO DE FORÇAS. É a imagem conceitual básica para o projeto de uma estrutura, sua idéia básica. Como trilha de força, é também o modelo para a economia da estrutura.

O fluxo de forças não apresenta problemas, sempre que a forma do objeto siga a direção das forças atuantes. No caso da força gravitacional, tal situação existirá se a substância for conectada na rota mais curta e direta com o ponto de descarga, a Terra. Nascerá portanto o problema quando o fluxo de força não tome uma rota direta, mas tiver que sofrer desvios.

Mas essa é exatamente a situação técnica normal isto é, aquela forma é desenhada para servir a uma função particular, inicialmente independente, e freqüentemente contrária, ao fluxo natural das forças. Portanto, as formas funcionais, ainda que geradas, não possuem a faculdade de controlar forças em desenvolvimento, exceto quando tal controle é tencionado a ser a função do objeto.

Assim, o projeto das estruturas no domínio das técnicas está comprometido a desenvolver –como um ato subseqüente– um sistema para o fluxo de forças com o qual combine, ou pelo menos aproxime-se, à imagem funcional já previamente desenhada. A tarefa é converter o 'quadro' de forças atuantes através de substâncias materiais em um novo quadro de forças com total igualdade de potência, seja através da alteração da própria forma funcional, seja através do reforço das substâncias da forma, ou através da estrutura adicional.

Assim então, um novo 'quadro' de forças será gerado menos pela mudança da *grandeza* das forças que pelo traçado de uma nova *direção* das forças. Na verdade, esta é a última medida que determinará a grandeza das forças que agem dentro do objeto.

Mudar a direção das forças é então o verdadeiro pré-requisito sob o qual novos 'quadros' de força emergirão. Em outras palavras, o transporte de forças tem que ser guiado por rotas insólitas, tem que ser reorientado. REDISTRIBUIÇÃO DE FORÇAS é, assim, o princípio para conduzir o fluxo de forças no objeto.

A conclusão é a seguinte: o conhecimento do mecanismo desconhecido para guiar forças a outras direções é o requisito básico para desenvolver novos 'quadros' de força. A teoria sublinhando as possibilidades de como redistribuir forças é o núcleo de conhecimento em estruturas e a base para uma sistemática em estruturas arquitetônicas.

Coincidencias y diferencias entre las construcciones estructurales naturales y las técnicas

Construcciones estructurales	1	Misión	2	Creación	3	Funcionamiento	4	Referencia al objeto
NATURALEZA		<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad de la forma del objeto contra las acciones - Como consecuencia, mantenimiento de la función del objeto 		<ul style="list-style-type: none"> - Componente de la generación total del objeto - Ejecución del proceso de forma autógena - Líneas de proceso diferenciadas, sin articulación, sin graduación 		<ul style="list-style-type: none"> - Desvío de las acciones según las reglas de la física mecánica - Generación de equilibrio - Conducción del flujo de los esfuerzos en el objeto hasta su entrega 		<ul style="list-style-type: none"> - Parte de la materia del objeto - Parte integrante de la función del objeto - Existencia sólo como concepto, no como materia con límites definidos
TÉCNICA		<ul style="list-style-type: none"> - Ídem 		<ul style="list-style-type: none"> - Proceso separado según diseño de la forma funcional (y objetual) - Ejecución del proceso de forma heterogénea e instrumental - Proceso uniaxial dividido en etapas unívocas 		<ul style="list-style-type: none"> - Ídem 		<ul style="list-style-type: none"> - Adición a la materia del objeto - Consecuencia obligada de la función del objeto y, por ello, atributo secundario de la forma del objeto - Cuerpo autónomo y limitado

Estructuras naturales y técnicas: concordancias

Las estructuras técnicas presentan analogías, paralelismos o parecidos con las estructuras naturales. Esto parece consecuente: el hombre ha tomado siempre a la naturaleza como modelo en sus intentos de dar forma a su entorno según sus ideas. La ciencia y la tecnología surgen a partir de la exploración de la naturaleza.

La relación entre las estructuras de la naturaleza y de la técnica no se debe tanto a la proximidad de hombre y naturaleza, sino a dos concordancias fundamentales:

- las dos familias de estructuras tienen como misión garantizar las formas materiales frente a las fuerzas actuantes
- las dos familias de estructuras satisfacen esta tarea según las mismas leyes físicas de la mecánica.

En términos de procesos mecánicos, tanto las estructuras de la naturaleza como las de la técnica desvían las sollicitaciones para conservar una forma determinada que posee una relación determinada con la función. Ambas lo realizan según dos principios básicos: flujo de fuerzas y estado de equilibrio.

Debido a esta concordancia causal e instrumental, las estructuras de los objetos naturales son modelos legítimos de comparación para el desarrollo de estructuras técnicas. Sobre todo, son fuentes importantes de conocimiento de las relaciones entre función, forma y estructura.

Estructuras naturales y técnicas: divergencias

La principal causa de diferencia entre ambas familias de estructuras –en tanto que realidad material concepto– se debe a la disparidad de su origen:

Naturaleza: crecimiento - mutación - división - fusión - evolución - decadencia
 = procesos individuales autogenerados e independientes que se desarrollan periódica o continuamente.

Técnica: proyecto - cálculo - concreción - producción - demolición
 = procesos individuales indispensables, dependientes entre ellos y temporalmente finitos (es decir, momentáneos).

Las diferencias básicas entre las dos familias estructurales –reforzadas además por las grandes diferencias entre los materiales empleados–

permiten extraer las siguientes conclusiones: si bien las estructuras de la naturaleza ofrecen un material inagotable para los múltiples comportamientos posibles de las estructuras, y muestran caminos para su optimización, no son apropiadas para ser imitadas “al pie de la letra” como estructuras de la técnica.

Sin embargo, las formas estructurales de la naturaleza –en tanto formas integradas para la edificación y el control de las fuerzas– proporcionan ideas clásicas y ejemplos modélicos para superar la disociación existente entre los sistemas técnicos de construcción, cerramientos, instalaciones y comunicación en la evolución de la construcción. Sobre todo, muestran el gran potencial de proyecto que contiene la evolución de las formas estructurales sinérgicas.

Igualdades e diversidades das estruturas naturais e técnicas

Estruturas	1	Função	2	Origem	3	Ação	4	Relação com o objeto
NATUREZA		- Proteção da forma do objeto contra forças atuantes - (como consequência) Preservação da função do objeto		- Componentes da origem integral do objeto - Desempenho autógeno - Diferentes rotas de processo de anulação dos estágios de operação		- Redistribuição de forças atuantes sujeitas aos princípios da física mecânica - Estabelecimento de equilíbrio - Controle de fluxo de forças no objeto até sua descarga		- Componente do tecido do objeto - Parte constituinte da função do objeto, portanto, ingrediente da forma do objeto - Existência somente como noção, não como entidade material definível
TÉCNICA		- <i>idem</i>		- Processo separado sujeito ao projeto da forma funcional - Desempenho instrumental heterogêneo - Um processo de rota subdividido em estágios operacionais específicos		- <i>idem</i>		- Adição à matéria do objeto - Consequência da função do objeto, portanto, elemento subordinado na forma do objeto - Sólido definível e independente

Estruturas naturais e técnicas: igualdades

As estruturas técnicas suprem analogias paralelas e similares com as estruturas do domínio da natureza. Isso parece racional: na tentativa de modelar o meio para adequá-lo a seus propósitos, o homem sempre usou a natureza como modelo. Ciência e tecnologia são resultados da exploração da natureza.

No entanto, a correlação das estruturas naturais e técnicas está menos baseada na proximidade do homem à natureza, que em duas identidades básicas:

- ambas as famílias de estruturas servem ao propósito de salvaguardar as formas materiais em seu seguimento contra as forças atuantes.
- ambas as famílias de estruturas cumprem esse propósito, baseado em idênticas leis físicas da mecânica.

Em termos do processo mecânico: as estruturas na natureza e na técnica afetam a redistribuição das forças, que se aproximam a fim de preservar uma forma definida que mantenha uma relação definida com a função. Ambas executam isso identicamente baseadas em dois princípios: o fluxo de força e o estado de equilíbrio.

Por causa desta causa e identidade instrumental, as estruturas dos objetos naturais são modelos legitimados e comparativos no desenvolvimento das estruturas técnicas. Elas são, antes de tudo, fontes importantes para a aprendizagem sobre a união da função, forma e estrutura.

Estruturas naturais e técnicas: diversidades

A causa essencial para discernir entre as duas famílias de estrutura, tanto em matéria como em conceito, é dada pela disparidade das suas origens:

Natureza: crescimento - mutação - separação - fusão - evolução - deterioração
= processo individual separado, ocorre externamente a si mesmo, temporariamente contínuo ou periódico

Técnica: projeto - análise - implementação - produção - demolição
= indispensável processo de formação, ocorre instrumentalmente, interdependente, temporariamente finito (momentâneo)

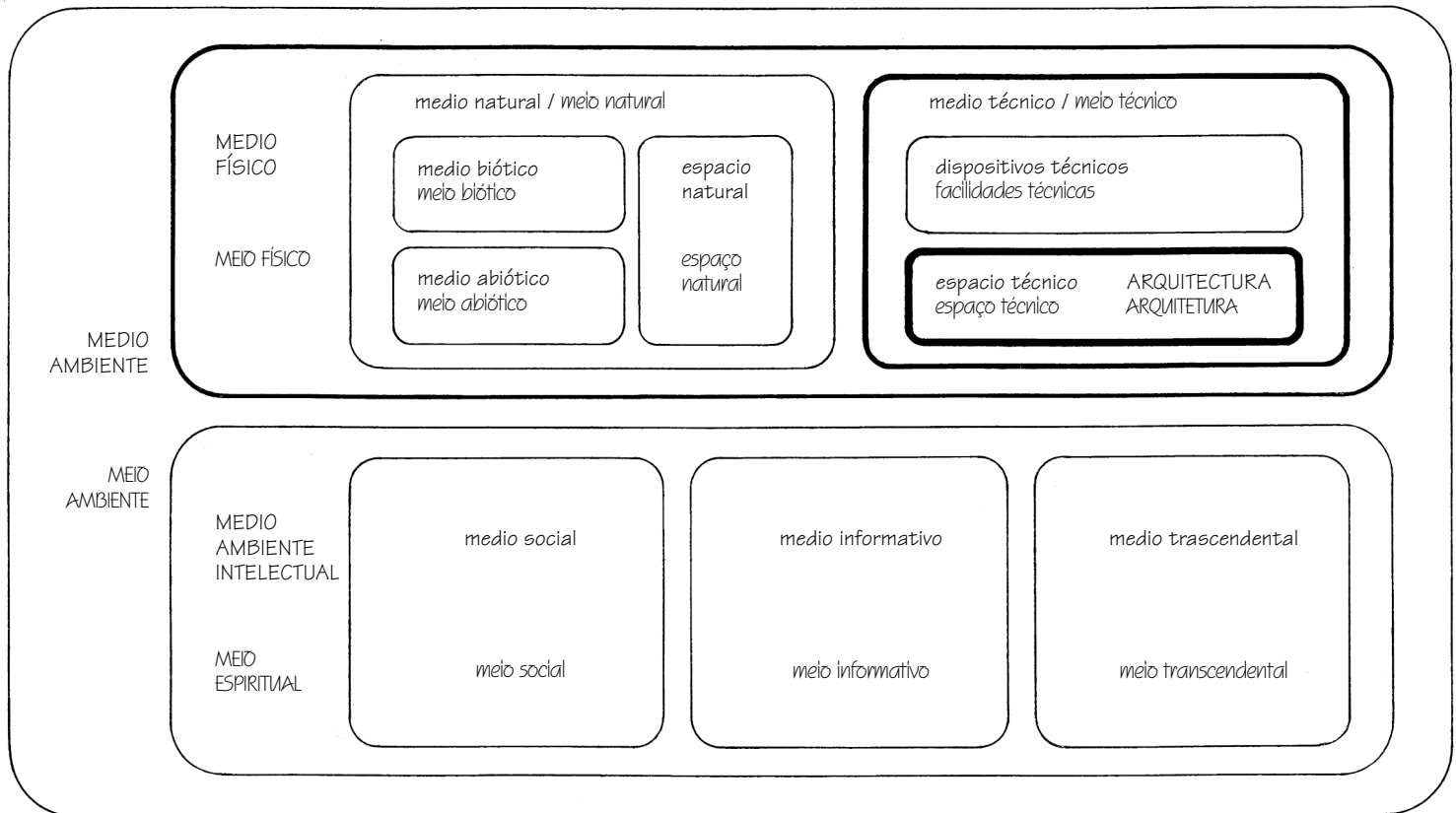
As discrepâncias elementares das duas famílias de estruturas –não obstante intensificadas pela diferença do material constituinte– leva às

seguintes conclusões: as formas estruturais na natureza, ainda que apresentando um exaustivo material de ilustração para a forma de comportamento múltiplo das estruturas, e mostrando meios para a sua adequação e melhora, não estão aptas para serem 'literalmente' adotadas como estruturas técnicas.

No entanto, como formas integradas entre ambas, a função do objeto e a administração das forças, as estruturas da natureza apresentam diretrizes clássicas e exemplos ideais para esforços no desenvolvimento da construção para resolver a existente separação dos sistemas técnicos: estruturas de construção, espaço fechado, serviços, comunicação. Primeiro eles mostram o grande potencial do desenho contido no desenvolvimento das formas de estruturas sinérgicas.

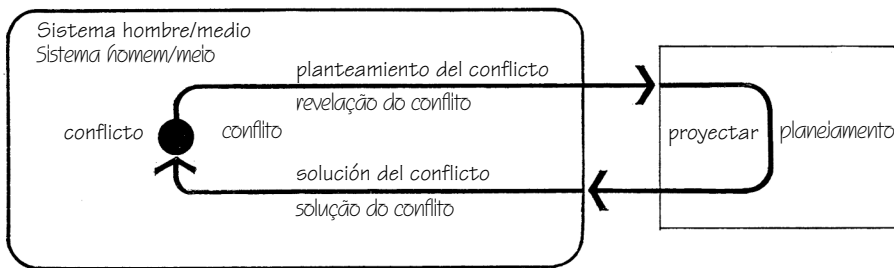
Significado de la arquitectura como parte del medio ambiente

Interpretação da arquitetura como parte do meio ambiente



Definición de 'arquitectura' La arquitectura es el ESPACIO TÉCNICO del medio físico. 'Técnico', en este contexto, significa la capacidad de "ser modelado por el hombre", es decir, "aquello-que-no-ha-surgido-por-sí-mismo"

Definição de 'arquitetura' Arquitetura é o ESPAÇO TÉCNICO do meio físico. 'Técnico' neste contexto significa a qualidade de 'ser modelado pelo homem', que consiste em 'não ter sido originado por si mesmo'

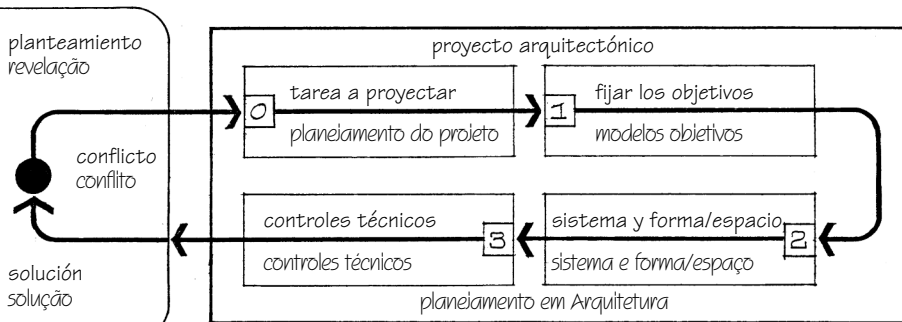


Plantear un CONFLICTO HOMBRE/MEDIO es la causalidad del diseño en general. En el campo de la arquitectura existe un conflicto cuando el entorno construido, el "espacio técnico", no satisface, o sólo parcialmente, determinadas necesidades del hombre.

A revelação do CONFLITO HOMEM / MEIO é a causalidade do planejamento em geral. No caso da arquitetura existe um conflito, se o meio construído, 'o espaço técnico', não for adequado, ou simplesmente incompleto para certos desejos do homem.

Causalidad del diseño arquitectónico

Causalidade do planejamento em arquitetura



El diseño arquitectónico se inicia fijando la TAREA A PROYECTAR. Se realiza en tres fases consecutivas:
1 Fijar los OBJETIVOS
2 Diseño de SISTEMA Y CONFIGURACIÓN FORMA/ESPACIO
3 Desarrollo de los SISTEMAS DE CONTROL TÉCNICO

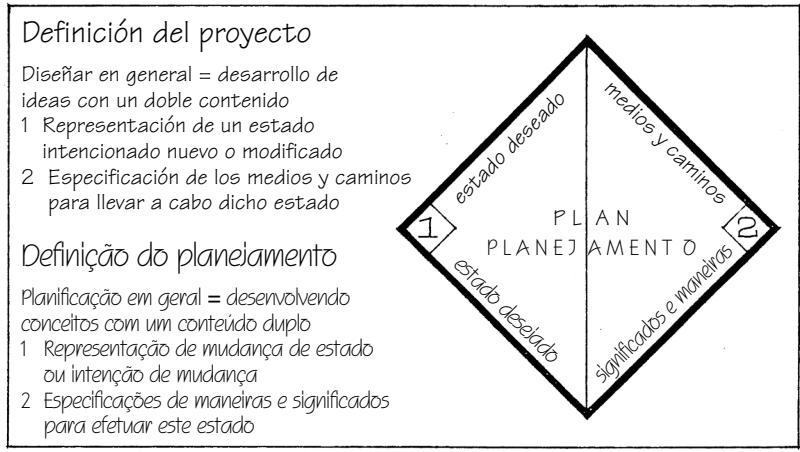
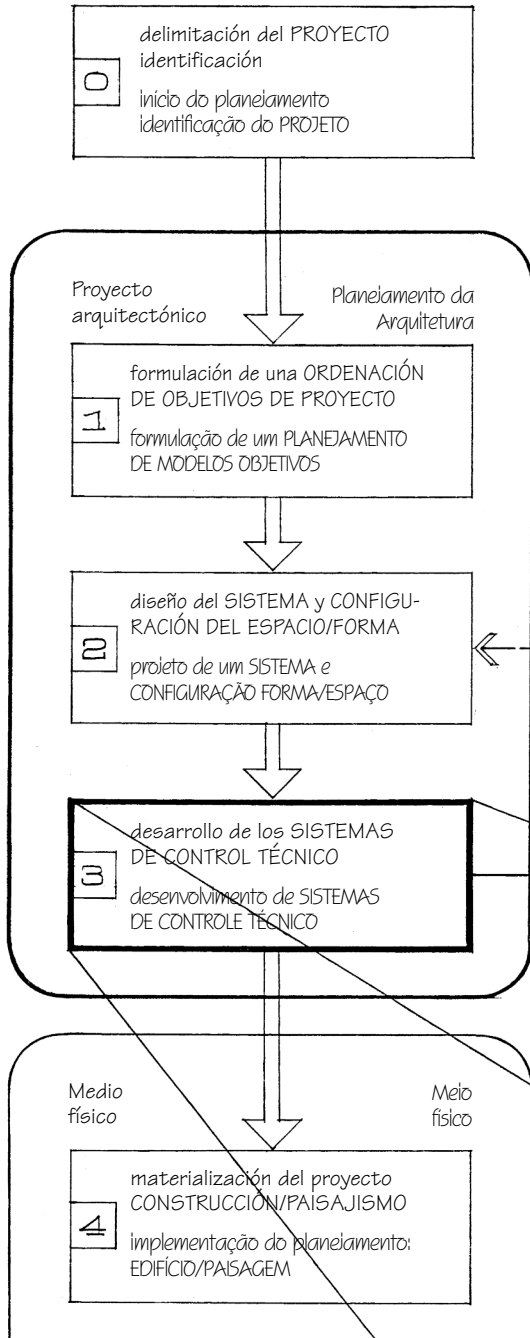
O planejamento em arquitetura é iniciado através da definição do PLANEAMENTO DO PROJETO. Manifesta-se como a sequência de três fases principais:
1 Interpretação dos MODELOS OBJETIVOS
2 Projeto do SISTEMA e CONFIGURAÇÃO FORMA/ESPACIO
3 Desenvolvimento dos SISTEMAS DE CONTROLE TÉCNICO

Principales fases del proyecto arquitectónico

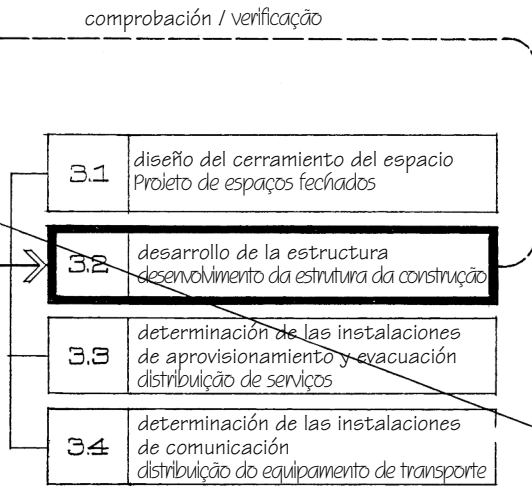
Principais fases do planejamento em arquitetura

www.ggiji.com — www.ggiji.com.mx — www.ggiji.com.br

Desarrollo del proceso de proyecto en arquitectura



Posición del diseño de estructuras en la proyectación arquitectónica
 Posição do projeto de estrutura no processo de planeamento em arquitetura



Por regla general, el diseño de estructuras dentro del proceso lineal del proyecto arquitectónico sólo se puede realizar después de haber concebido la configuración forma/espacio. Con la comprobación se garantiza que los impulsos formales de la estructura se incorporen de manera eficaz en la fase de configuración/formalización del espacio

O desenho estrutural no planeamento linear do processo de arquitetura, como regra, pode funcionar somente depois que a configuração forma / espaço houver sido concebida. Está garantido através da verificação que os impulsos da forma do projeto estrutural serão totalmente eficazes na fase de desenho forma / espaço

Seqüência do processo de planeamento em construção

	Sistemas de control técnico	Sistema de controle técnico
	objeto de control objeto de controle	sistema técnico sistema técnico
3.1	espacio espaço	cerramiento del espacio espaço fechado
3.2	fuerzas y momentos forças e momentos	estructura estrutura da construção
3.3	energía y desechos energia e desperdicio	instalaciones de aprovisionamiento y evacuación utilidades (serviços)
3.4	transporte transporte	instalaciones de comunicación equipamento de transporte

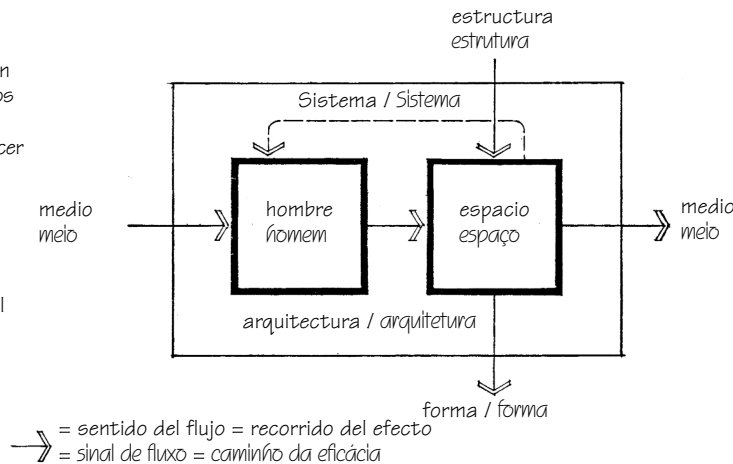
Función y significado de las estructuras

Estructuras y sistemas

Las estructuras, tanto las de la naturaleza como las de la técnica, sirven en general para mantener la forma de los objetos. Conservar la forma es imprescindible para que puedan satisfacer las necesidades de los sistemas: máquina / casa / árbol / hombre
+ sin estructura no hay sistema

Estructura y edificio

La función del sistema técnico-social de los edificios descansa en la existencia de un espacio definido. El espacio se define por sus límites. El responsable de los límites es la estructura.
+ sin estructura no hay edificio



Função e significado das estruturas

Estructuras e sistemas

As estruturas na natureza e na técnica servem essencialmente ao propósito de sustentar a forma física. A preservação da forma é um pré-requisito para a atuação do sistema: motor / casa / árvore / homem
+ sem estrutura não há sistema

Estructuras e construções

A função do sistema técnico-social 'construção' apoia-se basicamente na existência de um espaço definido. O espaço é definido pelo que ele inclui. O autor do que abrange o espaço é a estrutura.
+ sem estrutura não há construção

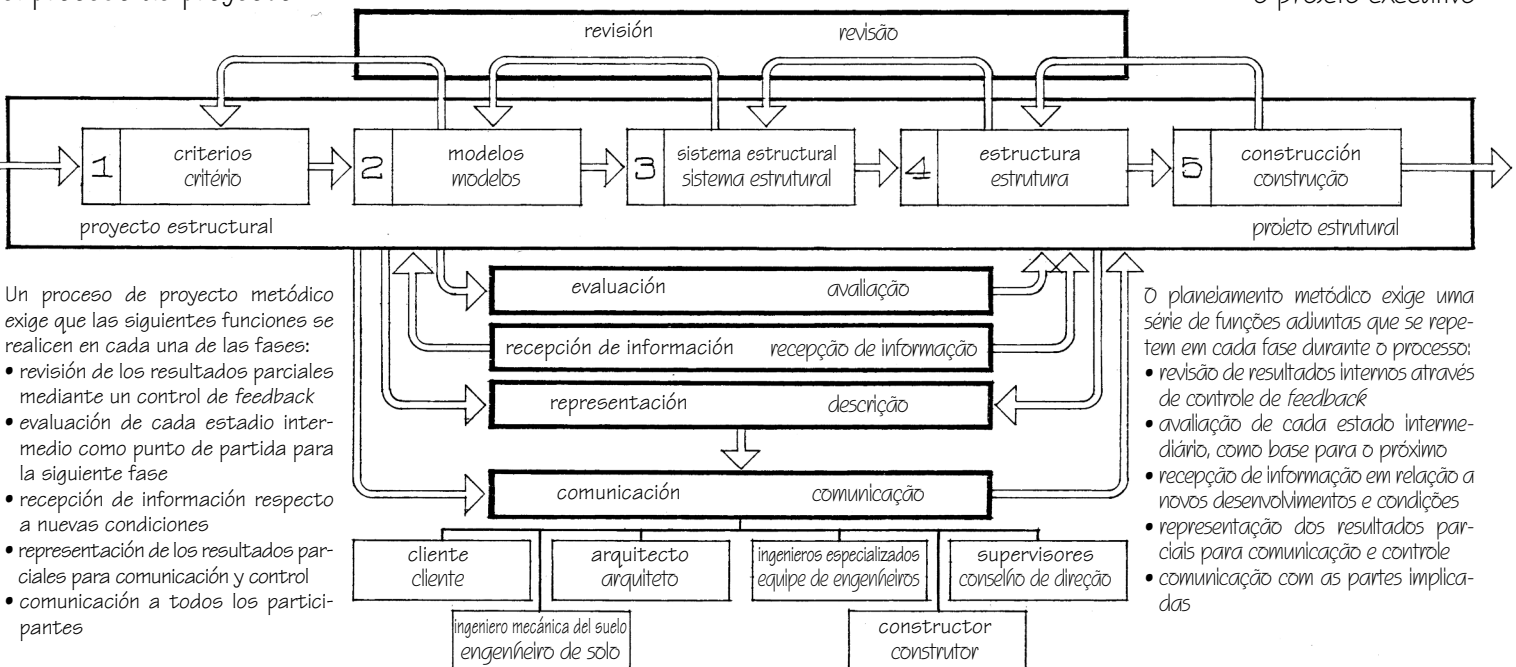
Fases principales del proyecto de una estructura / Comparación entre diferentes conceptos

Principais fases do projeto estrutural / Comparação de conceitos

		Ambrose	Buttner/Hampe	Tabla de honorarios/Tabla de honorários HOAI (decreto)
1	definición de los criterios definição de critério	definición del programa programação	definición de la tarea definição do projeto	estudios previos estudos preliminares
2	desarrollo del modelo modelo de desenvolvimento	diseño (tipo de estructura) planeamento (tipo de estrutura)	desarrollo de las principales soluciones desenvolvimento de soluções básicas	anteproyecto anteprojeto
3	proyecto del sistema estructural projeto de sistema estrutural	cálculo estructural análise estrutural	concreción del proyecto consolidação do projeto	proyecto básico projeto básico
4	cálculo estructural análise estrutural	dimensionado definitivo projeto definitivo	valoración analítica avaliação analítica	cálculo estructural cálculo estrutural
5	planificación de la construcción plano de construção	construcción - diseño de detalles detalhamento da construção	fijación de la estructura portante determinação da forma da estrutura	proyecto de ejecución projeto executivo

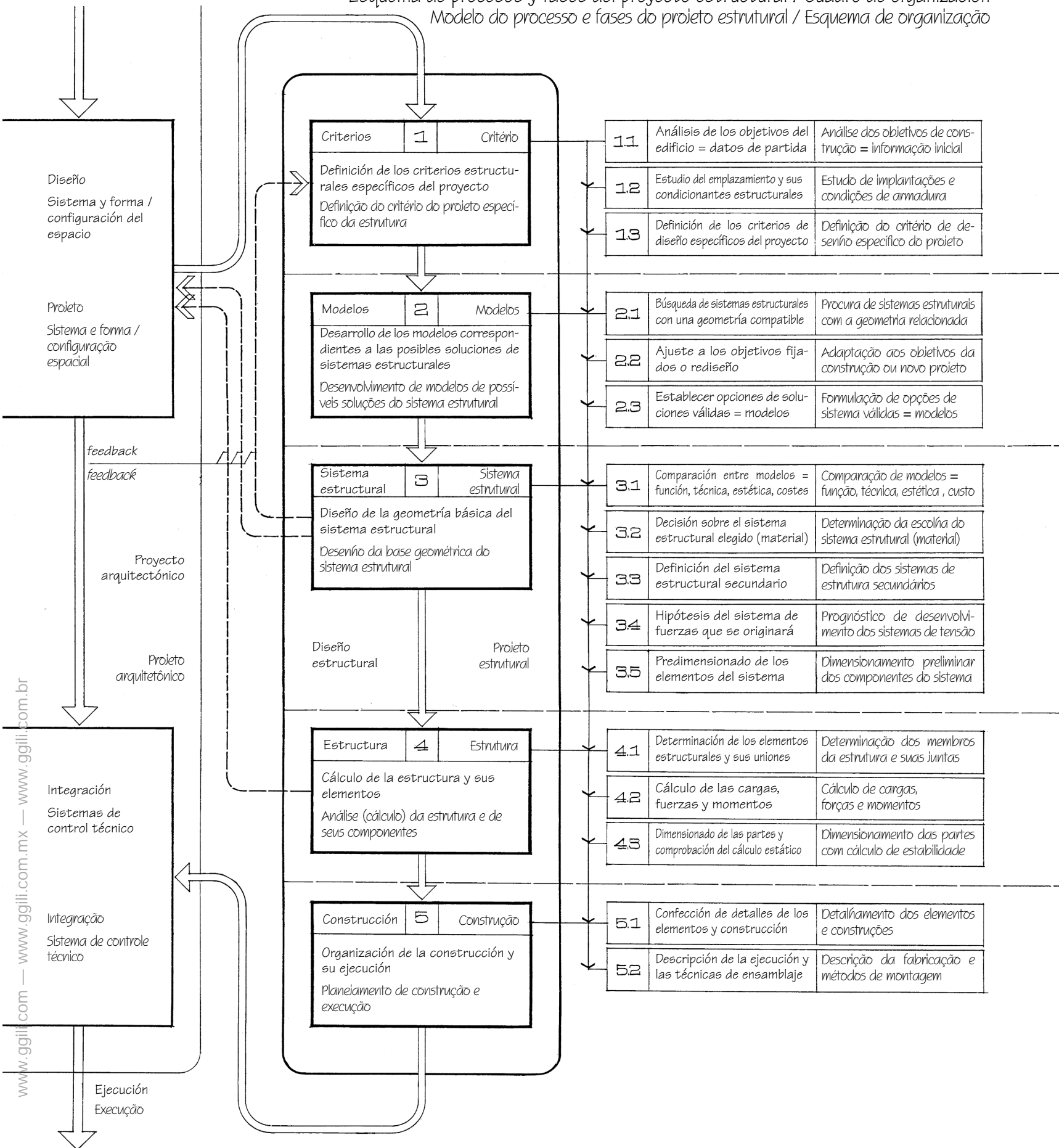
Funciones rutinarias que acompañan el proceso de proyecto

Funções de rotina que acompanham o projeto executivo



www.ggii.com.br — www.ggii.com.mx — www.ggii.com.br

Esquema de procesos y fases del proyecto estructural / Cuadro de organización
 Modelo do processo e fases do projeto estrutural / Esquema de organização

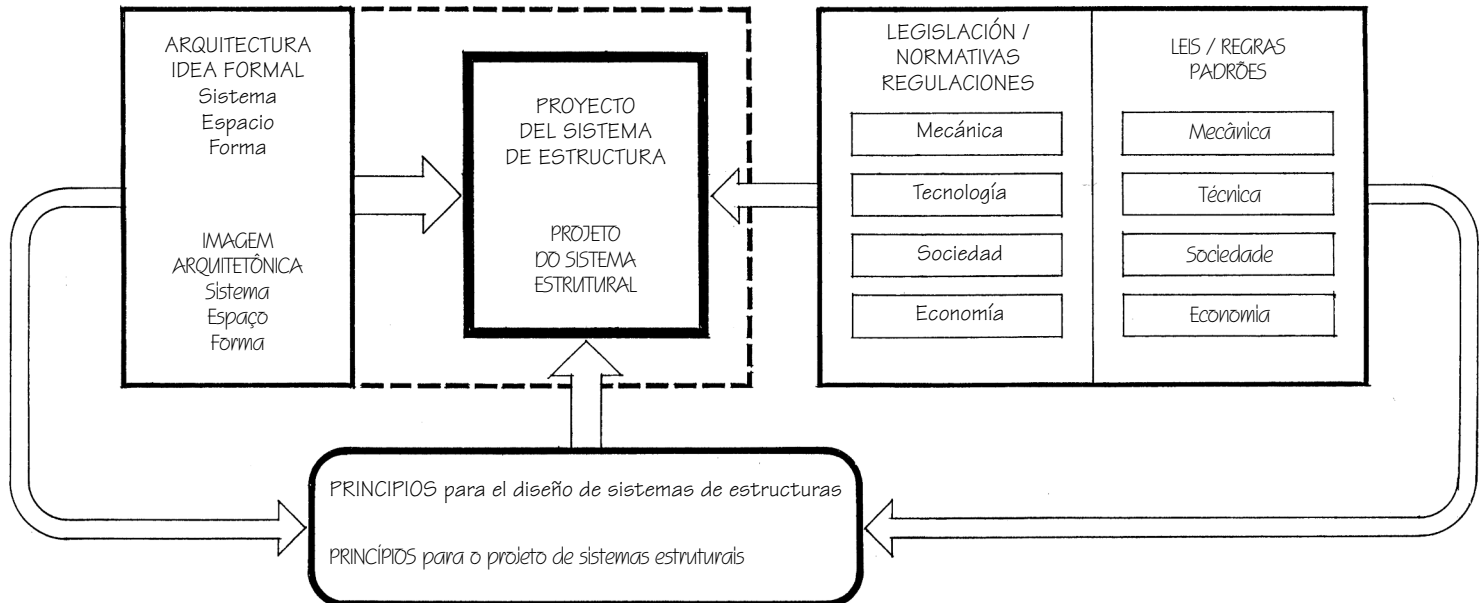


Principios generales para el diseño de sistemas de estructuras

Princípios gerais para o desenho de sistemas estruturais

Relaciones entre los principales condicionantes en el proceso de proyecto

Relação entre os principais determinantes no processo de projeto



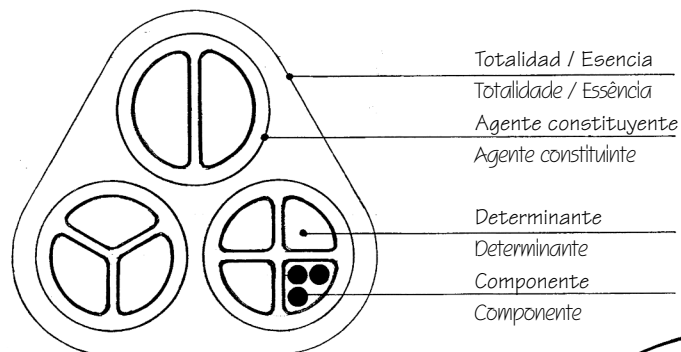
Los principios de validez universal para el diseño de los sistemas de estructuras se basan en las relaciones entre los principales requisitos que determinan el sistema, la forma y la función de la estructura

Da relação entre os principais agentes que determinam o sistema, a forma e a função das estruturas, os princípios universalmente válidos para o projeto dos sistemas de estrutura podem ser derivados

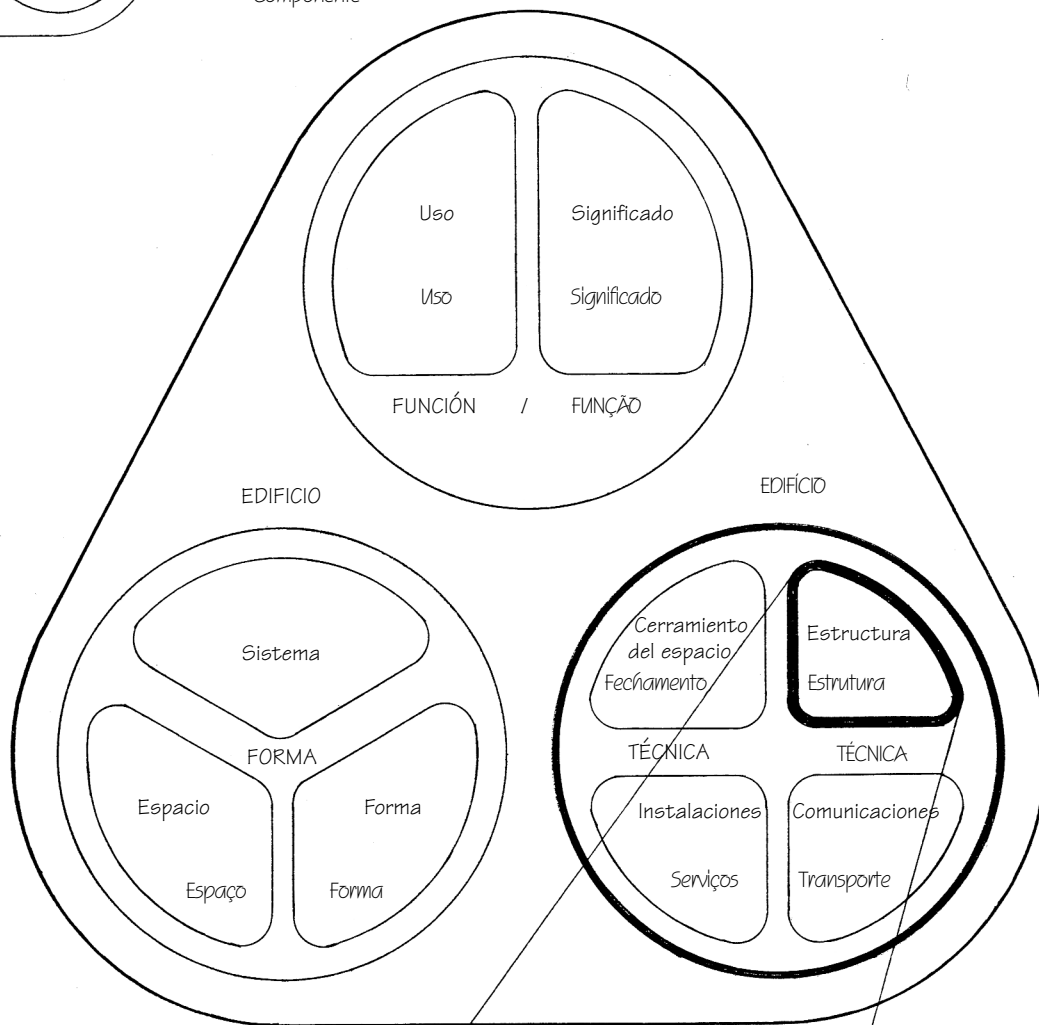
Principios de diseño = criterios de cualidad de los sistemas de estructuras

Princípios de projeto = critério para a qualidade dos sistemas estruturais

principios FORMALES	Compatibilidad con la primera idea arquitectónica y viabilidad para su desarrollo.	1	Compatibilidade e qualificação para a melhoria da ideia inicial do projeto arquitetônico	principios da FORMA DO PROJETO
	Conformidad del peso propio en el marco de los generadores de forma arquitectónica	2	Adequação de classe dentro da união dos geradores da forma arquitetônica	
	Potencial de optimización y remodelación para la caracterización de la forma construida	3	Potencial para melhoria ou reavaliação no projeto da forma da construção	
principios ESTÁTICOS	Realidad tridimensional del comportamiento estructural y del diseño estructural	4	Realidade tridimensional do comportamento estrutural e projeto estrutural	principios ESTRUTURALS
	Linealidad y lógica de la transmisión de cargas desde la recepción de cargas hasta la descarga de esfuerzos	5	Retidão e lógica do fluxo de forças, desde recebimento até a descarga de esforços	
	Identificación del sistema para la estabilización frente a sollicitaciones horizontales y asimétricas	6	Identificação de sistemas para estabilização contra cargas assimétricas e horizontais	
	Preferencia de sistemas estáticamente indeterminados (frente a sistemas determinados estáticamente)	7	Preferência de sistemas estaticamente indeterminados (contra sistemas determinados)	
principios ECONÓMICOS	Regularidad de la articulación estructural y simetría de las funciones parciales de la estructura	8	Regularidade da articulação estrutural e simetria das funções dos componentes estruturais	principios ECONÓMICOS
	Equilibrio de las cargas de los componentes estructurales con funciones iguales o similares	9	Equilíbrio de cargas entre os elementos com funções estruturais iguais ou relacionadas	
	Imposición de dos o más funciones estructurales a los componentes de la estructura	10	Imposição de duas ou mais funções estruturais para o único elemento componente	



Relación conceptual entre edificio y estructura
 Relação conceptual entre edifício e estrutura



La interpretación de lo que es un EDIFICIO en su globalidad no es sencilla. El motivo de ello es que la realidad de un edificio consiste en un complejo de 3 AGENTES CONSTITUYENTES:

FUNCIÓN - FORMA - TÉCNICA

Si bien los tres pueden aislarse entre sí, también es cierto que se condicionan mutuamente, ya que para su materialización dependen unos de otros.

Cada uno de ellos se manifiesta a través de contenidos concretos: DETERMINANTES.

Su totalidad es la realidad del edificio. Uno de los condicionantes es la ESTRUCTURA.

Cada estructura se caracteriza por sus 3 COMPONENTES:

Flujo de FUERZAS - GEOMETRÍA - MATERIAL

A CONSTRUÇÃO como uma noção absoluta ilude qualquer interpretação simples. A razão para isso é que a realidade da construção consiste em um complexo de 3 AGENTES CONSTITUINTES: FUNÇÃO, FORMA, TÉCNICA

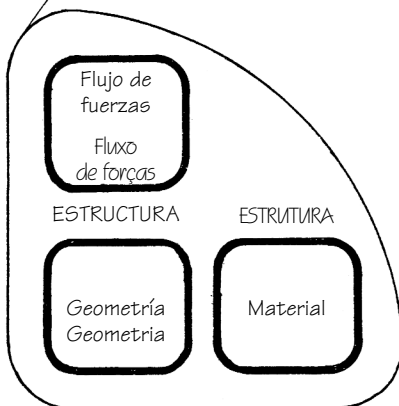
Os 3 agentes constituintes, embora cada um tenha a sua própria identidade, condicionam um ao outro em que para sua materialização um depende dos outros dois.

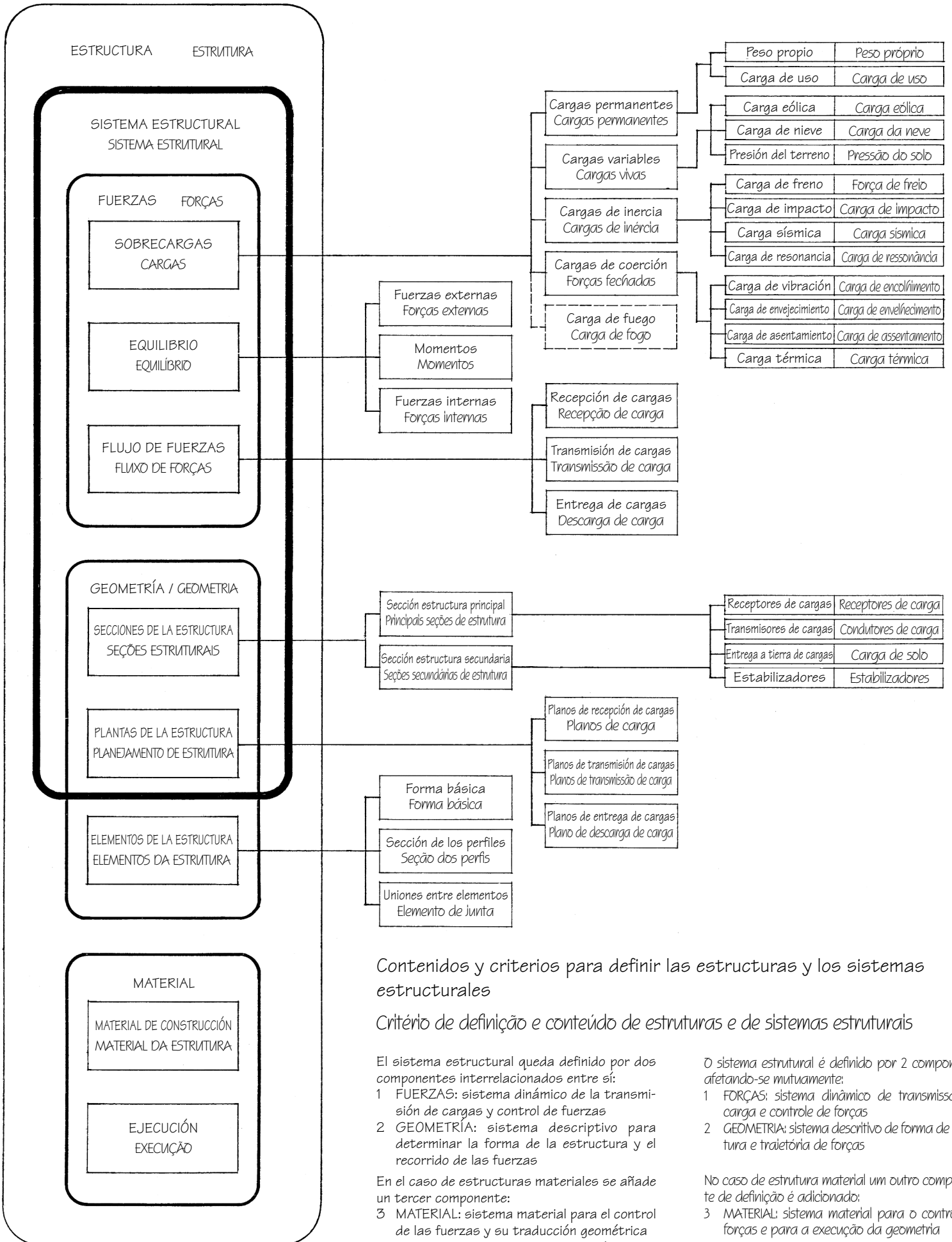
Cada agente constituinte atua através de um conjunto de conteúdos concretos: DETERMINANTES.

Sua soma total é a realidade da construção. Um dos determinantes é a ESTRUCTURA.

Cada uma das estruturas é positivamente definida através de seus 3 COMPONENTES:

Flujo de FORÇAS - GEOMETRIA - MATERIAL





Multiplicidad de fuerzas en la estructura / Denominaciones

Diversidade de forças em estrutura / Denominações

1	TIPOS TIPOS	Fuerzas externas Forças externas	Fuerzas internas Forças internas	Fuerzas cortantes Forças cortantes	Fuerzas activas Forças atuantes	Fuerzas de reacción Forças reativas	Fuerzas de resistencia Forças resistentes	Fuerzas gravitatorias Forças gravitacionais	
2	ESFUERZOS TENSÃO	Compresiones Forças de compressão	Tracciones Forças de tração	Empujes Forças de empuxo	Cizallamientos Forças cortantes	Torsiones Forças de torção	Flexiones Forças de flexão	Rozamientos Forças de fricção	Esfuerzos de membrana Forças de membrana
3	DIRECCIÓN DIREÇÃO	Fuerzas horizontales Forças horizontais	Fuerzas verticales Forças verticais	Fuerzas oblicuas Forças obliquas	Fuerzas transversales Forças transversais	Fuerzas normales (longitudinales) Forças normais			
4	DISTRIBUCIÓN DISTRIBUIÇÃO	Fuerzas puntuales Forças pontuais	Fuerzas lineales Forças lineares	Fuerzas superficiales Forças planas	Fuerzas espaciales Forças espaciais				
5	DURACIÓN DURAÇÃO	Fuerzas estáticas Forças estáticas	Cargas permanentes Cargas próprias	Cargas de tráfico Cargas vivas	Fuerzas dinámicas Forças dinâmicas	Fuerzas móviles Forças de movimento	Fuerzas de resonancia Forças de ressonância		
6	ELEMENTO ESTRUCTURAL CORPO ESTRUTURAL	Fuerzas de barras Forças de barra	Fuerzas de cables Forças de cabo	Fuerzas de pilares Forças de estaca	Fuerzas de apoyos Forças de suporte	Fuerzas de arcos Forças de arco	Fuerzas de anclajes Forças de âncora	(Otras) → (Outras)	
7	GEOMETRÍA GEOMETRIA	Fuerzas anulares Forças de arco	Fuerzas meridianas Forças meridionais	Fuerzas de corona Forças de coroa	Fuerzas de borde Forças de borda	Fuerzas radiales Forças radiais	(Otras) → (Outras)		
8	CAUSA INDUÇÃO	Peso propio Cargas próprias	Cargas de tráfico Cargas vivas	Cargas de nieve Cargas da neve	Cargas de viento Forças do vento	Empuje del terreno y el agua Pressão do solo / água	Fuerzas de masas Forças de massa	Fuerzas de coacción Forças fechadas	

Las estructuras son mecanismos para la delimitación y conducción de los esfuerzos producidos por las acciones. Se definen mediante 4 condiciones específicas de cada edificación:

- 1 Peso propio del edificio y de su sobrecarga de uso
- 2 Tipo de uso (efectos debidos al uso) del edificio
- 3 Características y articulación del material del edificio
- 4 Influencias y particularidades del lugar y de su entorno

Dos conceptos sobre la mecánica de fuerzas rigen el proyecto estructural
+ las fuerzas FLUYEN a través de la estructura y se ENTREGAN a tierra
+ las fuerzas PERMANECEN FIJAS en equilibrio mediante FUERZAS EN SENTIDO CONTRARIO y son ESTÁTICAS

As estruturas são dispositivos para compellar e guiar as forças. Essas forças são determinadas por 4 condições específicas para cada construção:

- 1 Peso da construção e de suas cargas vivas (utilitárias)
- 2 Tipo de utilização (consequências do uso) da construção
- 3 Propriedades e articulação do material construído
- 4 Influências e condições do sítio e seu entorno

Dois conceitos sobre operação de forças guiam o projeto de estruturas:
+ as forças 'FLUEM' através da estrutura e são DESCARREGADAS na terra
+ as forças 'PERMANECEM FIXAS' em equilíbrio através de forças contrárias e são ESTÁTICAS