

# **formas estructurales de fuerza constante**

WACLAW ZALEWSKI, ingeniero

450 - 4

## **sinopsis**

El autor se esfuerza en mostrar la necesidad de llegar a la forma real en las distintas estructuras siguiendo una serie de principios racionales, entre los que domina el criterio de la fuerza constante.

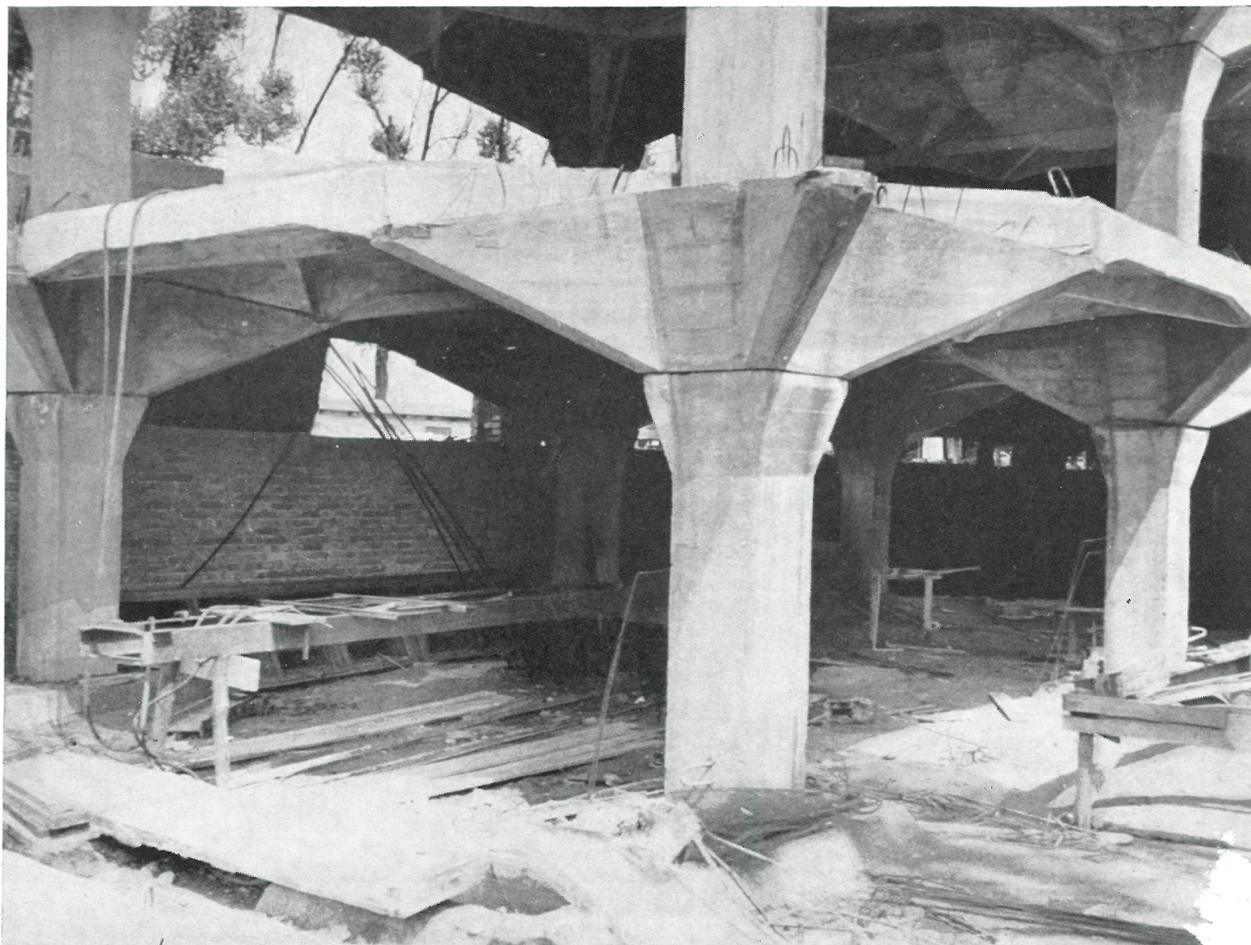
La forma ha de ser una consecuencia lógica en todos sus aspectos, y esto exige un claro conocimiento del comportamiento general de cada una de las partes de la estructura, y de los esfuerzos generales que dominan en la misma al considerarla como un todo.

Para completar la exposición de orden teórico, el autor presenta algunos ejemplos en cuyo proyecto se ha seguido el criterio de la fuerza constante.

Al considerar los distintos aspectos que concurren para llegar a una forma constructiva real que satisfaga a las actuales condiciones funcionales y estéticas, el autor se extiende en consideraciones personales aplicables dentro del ámbito nacional polaco, pero dando carácter de universalidad al principio técnico que debe dirigir la solución racional de la forma como parte integrante de la estructura.

Las realizaciones que acompañan e ilustran este trabajo son obras polacas de indudable interés constructivo, en las que se ha empleado el criterio de la constancia de la fuerza.

Termina el autor su trabajo fijando clara y sencillamente toda su teoría en una fórmula práctica que ha de observarse para llegar racionalmente a la forma: la constancia de la fuerza en los distintos elementos estructurales.



Una de las principales funciones del ingeniero constructor es la elección de formas racionales en los proyectos de ejecución a él encomendados. Parece se ha comprobado que tanto ingenieros como arquitectos no han llegado todavía al grado de preparación exigido para tal cometido. El autor se refiere exclusivamente a Polonia en todo lo que expresa este artículo.

La principal atención en la educación del ingeniero está orientada al análisis de los sistemas constructivos, considerados como un don de la naturaleza. Esto crea una actitud pasiva hacia la investigación de formas racionales, que constituyen la parte más importante del estudio del proyecto de ejecución.

El arquitecto tiene tendencia hacia formas que agradan visualmente al ser humano. Dentro de su actividad, la mayor parte de los arquitectos no se basan en realidades objetivas racionales; además, el conocimiento de los problemas de resistencia y ejecución constituyen el talón de Aquiles en gran parte de los arquitectos.

En este estado de cosas, es necesario estimular un mayor interés de dichos profesionales en la práctica y teoría de la creación de formas constructivas. Los ingenieros se hallan en mejor posición para comprender el proceso de la creación de formas, que consiste en la investigación y aplicación de soluciones que aseguran una eficacia óptima de la estructura que ha sido proyectada. Todo esto lleva, en principio, a realizar un esfuerzo mínimo en la estructura. A este respecto, son de utilidad las consideraciones concernientes a la resistencia y seguridad de la construcción, así como las técnicas de ejecución, pero reservando al factor económico un papel preponderante.

### Principios operantes en la creación de la forma

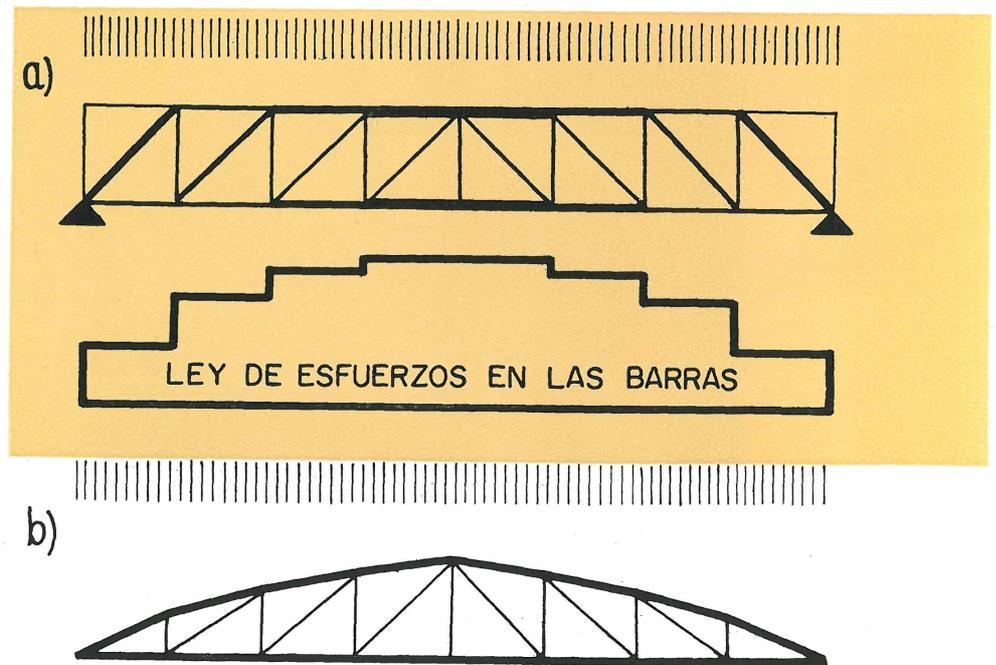
Existen, ciertamente, principios que conducen a la creación de formas constructivas racionales; entre ellos, los principios que rigen para la elección se acomodarán, por lo general, a las siguientes premisas:

- 1) Llegar a alcanzar las tensiones admisibles en todas las secciones.
- 2) Lograr una resistencia uniforme en todas las secciones.
- 3) Mínimo potencial elástico.
- 4) Mínima expresión del precio de coste, o del volumen del conjunto o de alguno de los materiales que forman la estructura.

Se podrían citar otros principios de creación de formas cuyo fin es el de aunar varias condiciones a la vez.

Entre los principios generales puede destacarse el de la constancia de la fuerza como criterio de forma racional. Este principio, aplicado a una viga libremente apoyada, presupone la presencia de una fuerza constante—resultante de todas las tensiones internas de igual signo—en cada una de las dos zonas—comprimida y extendida—en toda la longitud de la viga. Más concretamente: se trata de la constancia de los componentes horizontales en esas zonas. Esto exige que exista una proporcionalidad, en cada sección, entre el brazo de las tensiones internas y el momento flector aplicado.

La constancia de las fuerzas proporciona diferentes ventajas que contribuyen a la obtención de un resultado óptimo general. Nos acercamos ya a una utilización total de las cualidades resistentes de los materiales y se mejoran esencialmente los métodos de ejecución.

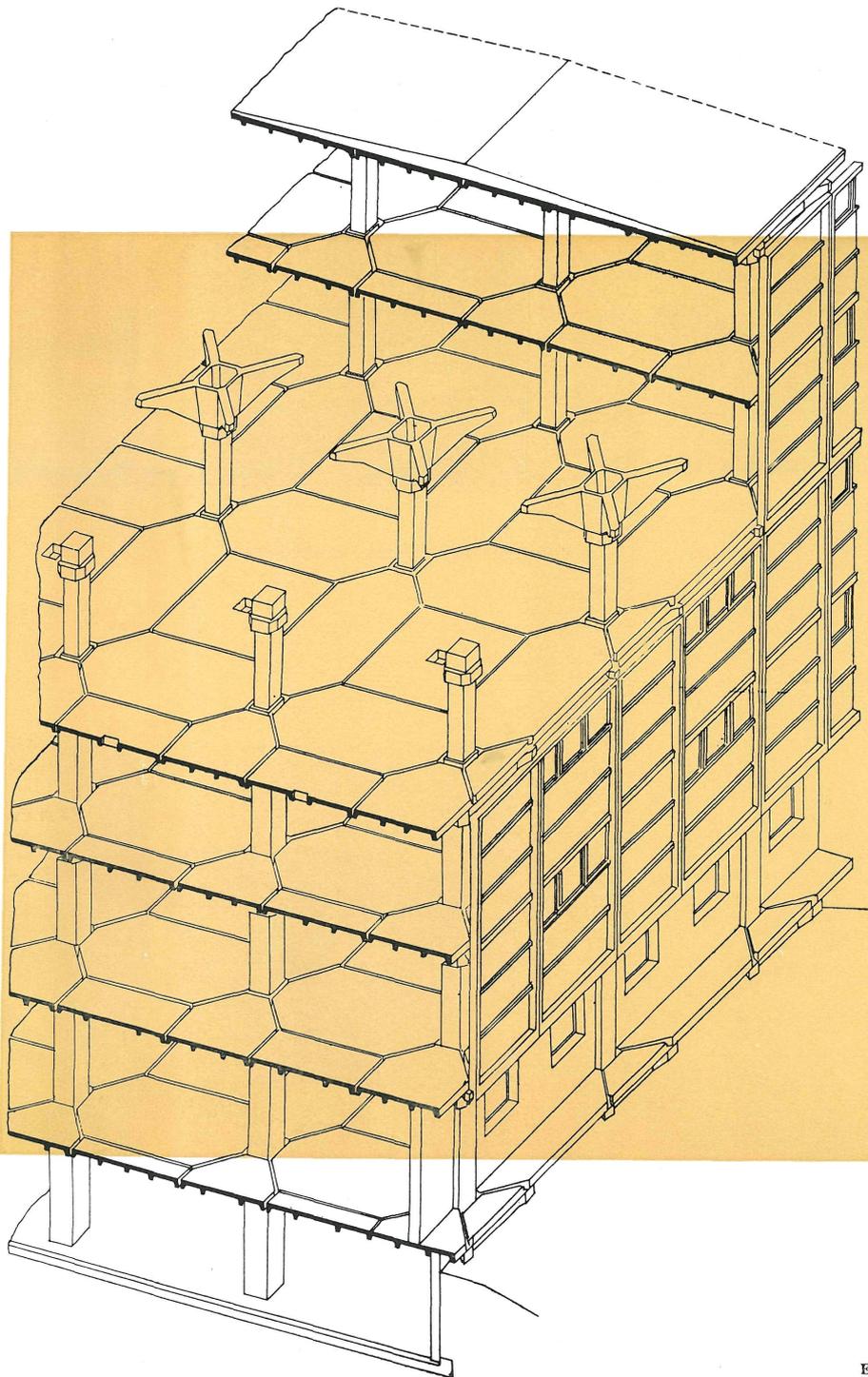


Celosías de igual trazado transversal y distinto comportamiento.

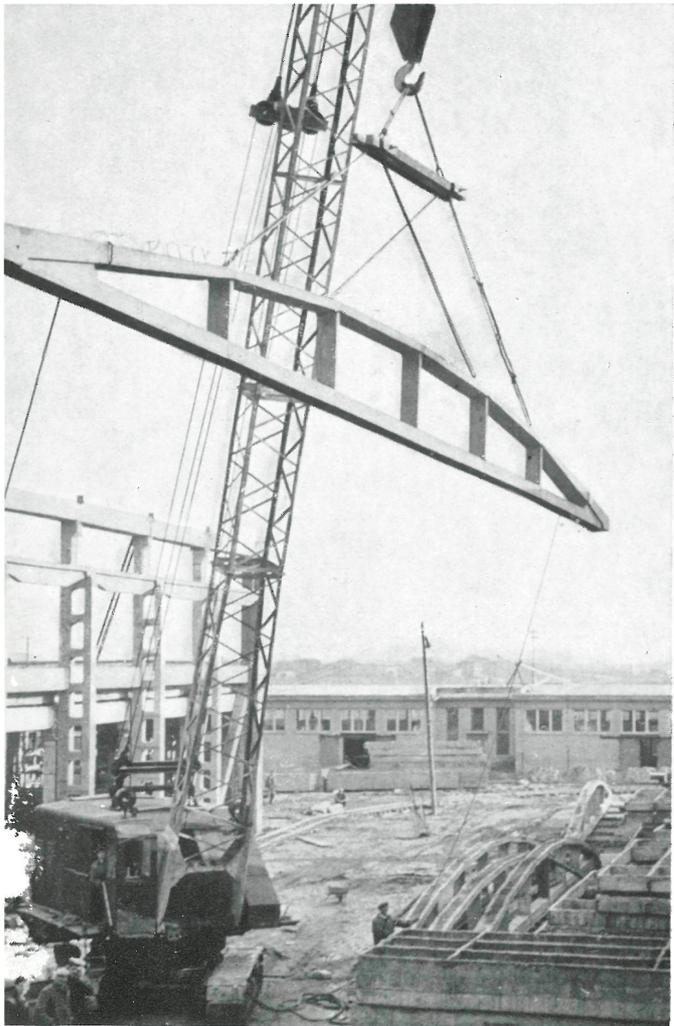
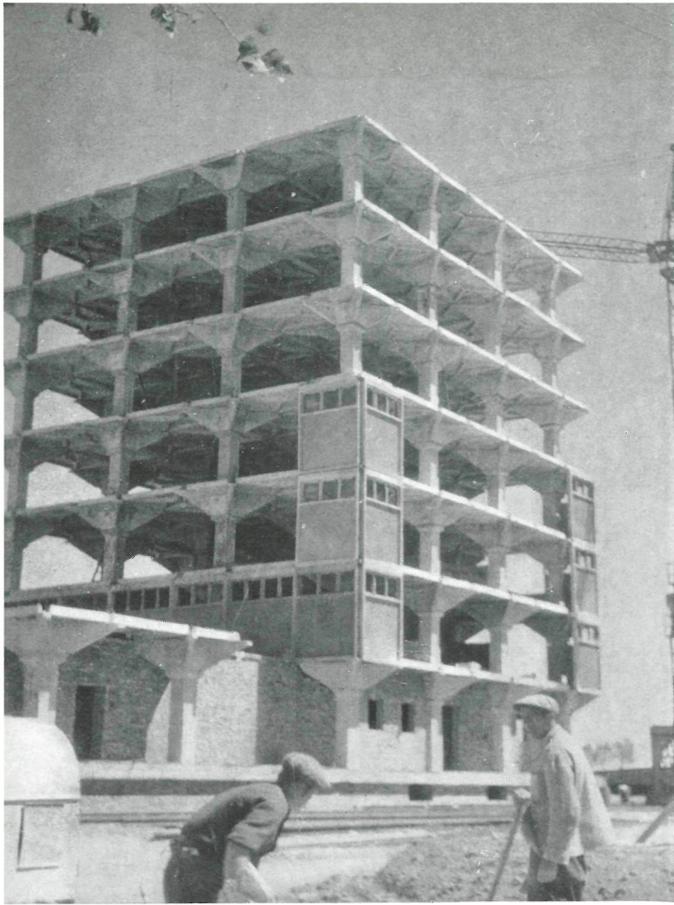
Para ello, a los diferentes elementos del sistema se les ha dado curvaturas proporcionales a las cargas que han de soportar en los distintos sitios.

También se ha tenido en cuenta el principio de la creación de la forma, aplicando el criterio de la constancia de la fuerza, en el estudio de proyectos de edificios industriales de varias plantas.

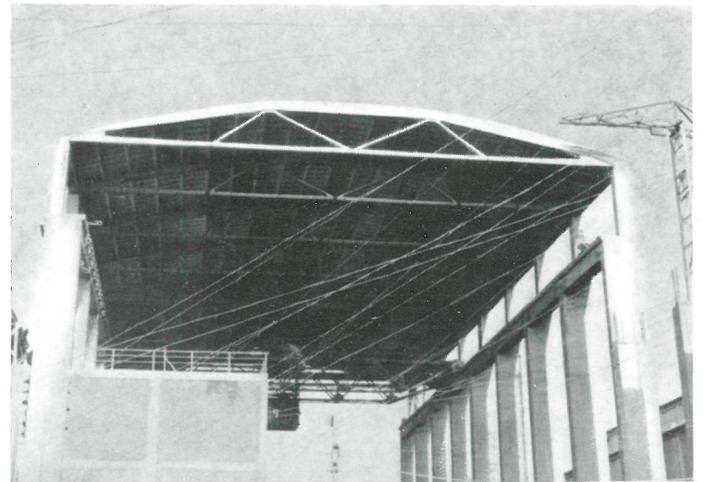
Los elementos particulares de la construcción se han concebido de manera que permitan una transmisión directa de las fuerzas a los soportes. Los brazos de los capiteles, que descansan sobre los soportes, se dirigen hacia el centro, mientras que su forma, así como la de los nervios de las losas apoyados sobre los brazos del capitel, siguen la curva de los momentos flectores.



Estructura racional prefabricada.

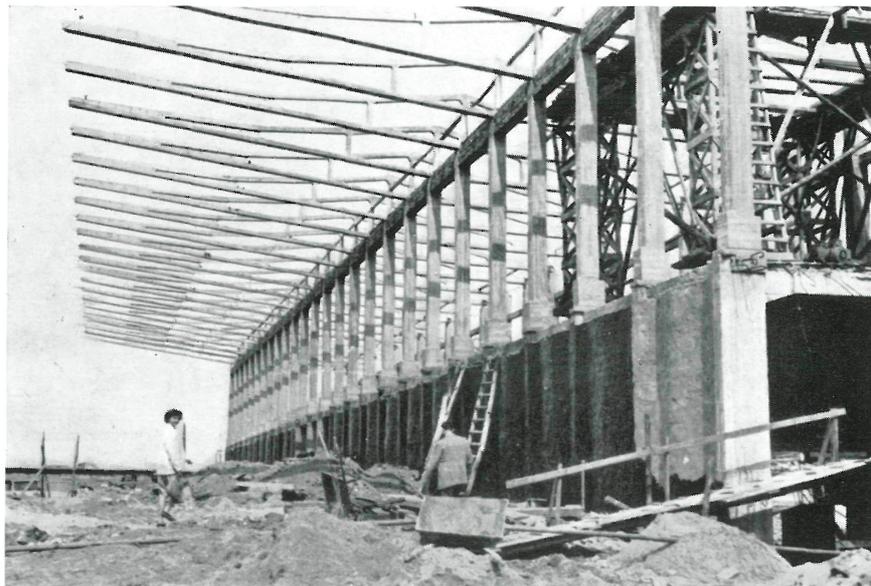


**Pieza prefabricada racionalizada.**



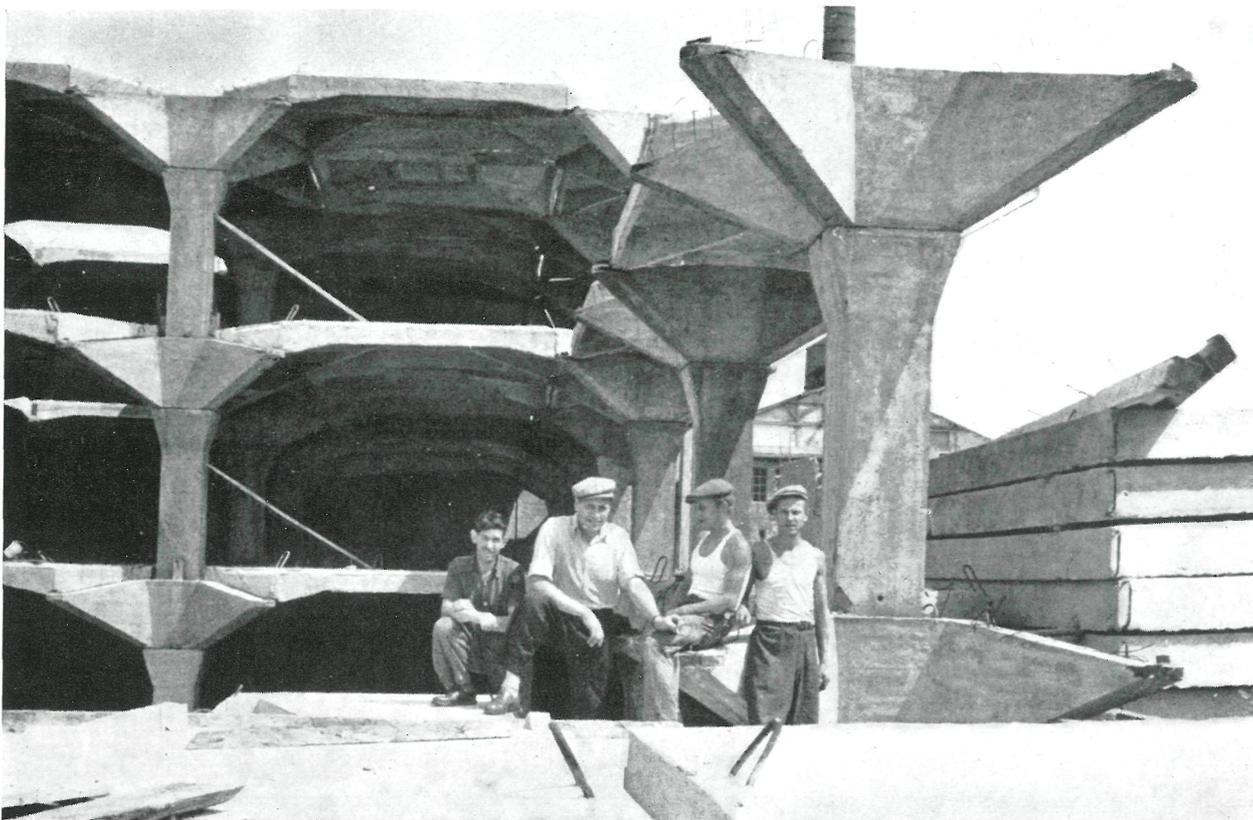
**Estructura prefabricada de plantas múltiples.  
Montaje de elementos.  
Cubierta de forma racionalizada.**

Ménsula prefabricada.



Entramado de la cubierta.





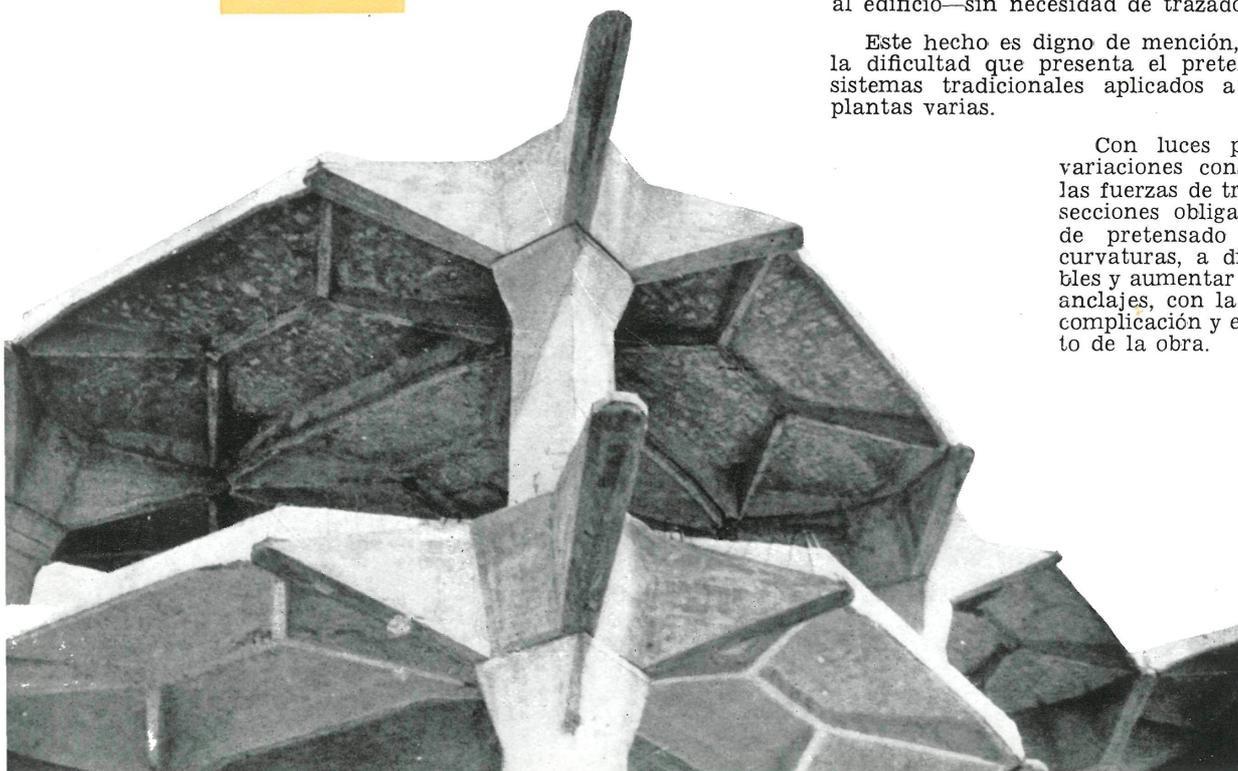
Formando un forjado.

Capitel prefabricado para forjados.

Las fuerzas de tracción, constantes en toda la longitud de la construcción, se han localizado en la superficie del forjado, lo que ha permitido colocar los cables de pretensado en dos direcciones perpendiculares—longitudinal y transversalmente al edificio—sin necesidad de trazados curvos.

Este hecho es digno de mención, en razón de la dificultad que presenta el pretensado en los sistemas tradicionales aplicados a edificios de plantas varias.

Con luces pequeñas, las variaciones considerables de las fuerzas de tracción en las secciones obligan a trazados de pretensado con fuertes curvaturas, a dividir los cables y aumentar el número de anclajes, con la consiguiente complicación y encarecimiento de la obra.



Otras posibilidades de elegir la forma, teniendo también en cuenta el criterio de la constancia de la fuerza, se hallan presentes en el proyecto de la cubierta terraza del Palacio de los Deportes de Katowice. Esta cubierta, en forma de placa circular algo deformada, de diámetro inferior a 100 m, se ha estudiado como si se tratase de pares de anillos concéntricos, comprimidos y tendidos, que se van suspendiendo de elementos de diámetros crecientes, hasta apoyar sobre la estructura del borde exterior.

Entre las diferentes soluciones posibles para la construcción de una placa circular de tales dimensiones, dos de ellas se pueden tomar en consideración. Una de ellas consiste en el empleo de celosías centripetas con superficies de influencia a lo largo de los radios del círculo. Estas celosías quedarían sometidas a momentos flectores de eje perpendicular al radio. Las fuerzas en los tendones serían, en este caso, variables; y las fuerzas en los elementos transversales, de magnitud considerable. Una solución diferente se ha estudiado en el proyecto. La construcción, en este caso, se halla sometida a momentos flectores de ejes paralelos a las direcciones de los radios.

En cada par de anillos de los que se compone la estructura de la cubierta, el anillo superior se halla comprimido y el inferior traccionado. Los esfuerzos en estos anillos se deben a las componentes horizontales de las tracciones en los tirantes.

Una zona central de la cubierta, limitada por un determinado par de anillos (1), cuelga, por así decir, del par de anillos (2) siguiente por medio de tirantes inclinados que ligan el anillo inferior del par con el superior del par (2). Las componentes horizontales de las tracciones en estos tirantes son centripetas para los anillos superiores y centrifugas para los inferiores, por lo que se originan esfuerzos de compresión en los primeros y de tracción en los segundos.

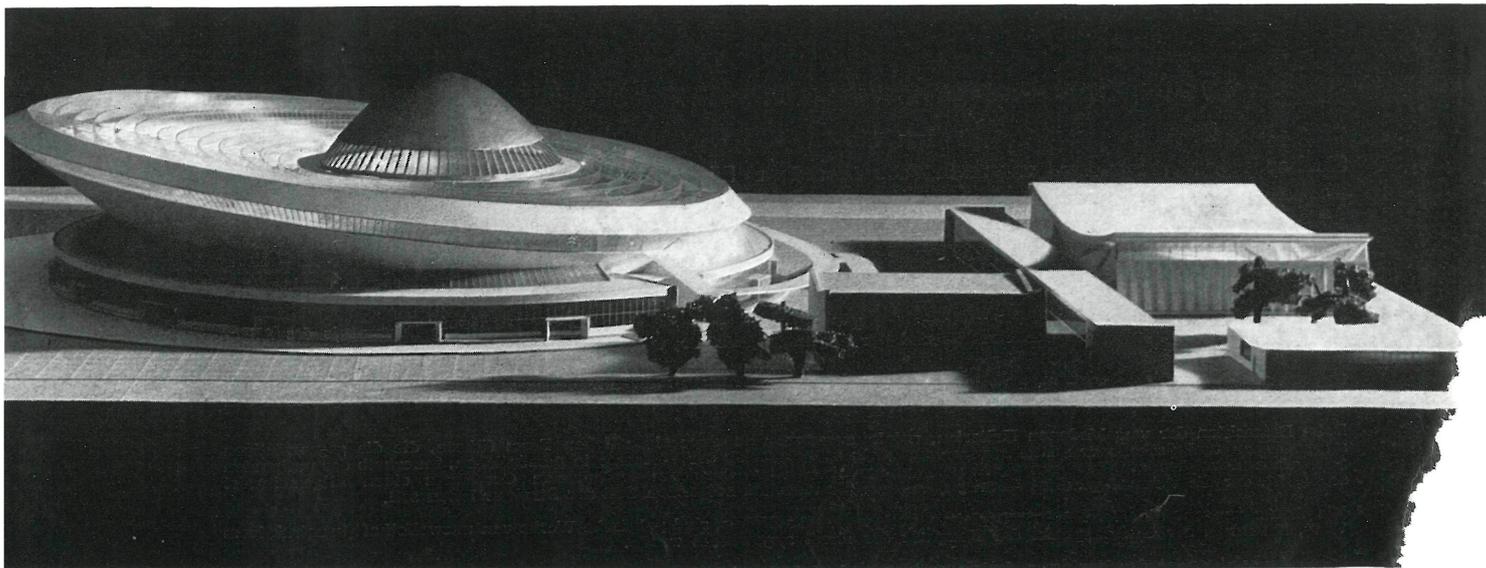
De esta forma, en cada sección diametral de la cubierta actúan fuerzas de compresión en la zona superior y de tracción en la inferior. Este sistema de fuerzas es equivalente a un sistema de momentos de eje paralelo a los radios.

Teóricamente, el consumo de materiales en las dos soluciones sometidas a comparación es el mismo. La repartición del material en la construcción radial en celosía no es uniforme, ya que cada 3 m las fuerzas en los tendones experimentan un cambio. En la solución de anillos, las fuerzas en la circunferencia de cada uno de éstos permanece sin modificación alguna en una longitud media de más de 200 metros, de lo cual se derivan una serie importante de ventajas.

## Conclusión

El principio de la creación de la forma, basado en el criterio de la fuerza constante, no obstante su simplicidad, es universal y comprende varios aspectos básicos para la realización de proyectos de ejecución.

Aunque la idoneidad de ciertas soluciones que ilustran este principio parece evidente y no necesita explicación, sin embargo resulta conveniente formular una norma general de «constancia de la fuerza como criterio para la obtención de la forma racional de una construcción», aplicable a la totalidad de las estructuras, incluidas las láminas.



Maqueta del Palacio de Deportes de Varsovia.

## Formes structurales de force constante

Waclaw Zalewski, ingénieur.

L'auteur s'efforce à démontrer la nécessité d'arriver à une forme réelle pour les différentes structures, en suivant une série de principes rationnels, parmi lesquels domine le critère de la force constante.

La forme doit être une conséquence logique en tous ses aspects, et cela exige une connaissance claire du comportement général de chaque partie de la structure et des efforts généraux qui y dominent quand on la considère comme un tout.

Afin de compléter l'exposé d'ordre théorique, l'auteur présente quelques exemples pour les projets desquels a été suivi le critère de la force constante.

En considérant les différents aspects qui y concourent à la réalisation d'une forme constructive réelle qui satisfasse aux actuelles conditions fonctionnelles et esthétiques, l'auteur se livre à des considérations personnelles applicables surtout en Pologne, mais en donnant un caractère d'universalité au principe technique qui doit conduire à la solution rationnelle de la forme comme partie intégrante de la structure.

Les réalisations qui illustrent ce travail sont des ouvrages polonais d'un réel intérêt constructif, pour lesquels a été employé le critère de la force constante.

L'auteur termine en fixant, clairement et simplement, toute sa théorie en une formule pratique qui doit être observée pour arriver rationnellement à la forme: la constance de la force dans les différents éléments structuraux.

---

## Structural forms of constant stress

Waclaw Zalewski, engineer.

The author seeks to prove the need to obtain the most essential form in the various types of structures by applying a number of rational principles, of which the constant stress principle is one of the most decisive.

The structural form should be a logical consequence of all its functional circumstances, and this requires a clear understanding of the general behaviour of each part of the structure, and also of the main stresses which operate on it, considered as a unitary whole.

To complete his theoretical argument, the author gives some examples, in the design of which the criterion of constant stress has been adopted.

The author considers the various aspects which are involved in obtaining a structural design that satisfies given functional and aesthetic requirements. In doing so he refers to his personal experience within Poland, and infers technical principles of general validity which should determine the rational design of the form, as an integrated aspect of the structural pattern.

The projects which illustrate this paper are Polish designs of undoubted constructive significance, in which the principle of constant stress has been applied.

Finally the author condenses his whole theory in a simple and straightforward practical formula, which should be followed if a truly rational form is to be achieved: the constancy of stress in the various structural elements.

---

## Strukturformen von konstanter Kraft

Waclaw Zalewski, Ingenieur.

Der Verfasser bemüht sich, die Notwendigkeit aufzuzeigen, in den verschiedenen Strukturen zu den eigentlichen Formen zu gelangen, indem er einer Reihe von vernunftgemässen Grundsätzen folgt, unter welchen der Gesichtspunkt der konstanten Kraft herrscht.

Die Form hat von allen Gesichtspunkten aus eine logische Folge zu sein. Dies fordert eine klare Erkenntnis des Allgemeinverhaltens eines jeden der Strukturteile und der allgemeinen Kräfte, welche in derselben herrschen, wenn man sie als ein Ganzes betrachtet.

Um die theoretische Auslegung zu vervollständigen, führt der Verfasser einige Beispiele an, bei deren Planungen man den Gesichtspunkt der konstanten Kraft verfolgt hat.

Beim Betrachten der verschiedenen Kriterien, welche zusammen zu einer eigentlichen Form führen, die die gegenwärtigen angewandten und ästhetischen Bedingungen befriedigen, dehnt sich der Verfasser in persönlichen, innerhalb des nationalen polnischen Bereiches anwendbaren Auffassungen aus, indem er aber dem technischen Grundsatz einen Allgemeinwert zugesteht, der die vernunftgemässe Lösung der Form als vervollständigenden Teil der Struktur leiten soll.

Die Ausführungen, die diese Arbeit begleiten und veranschaulichen, sind polnische Werke von unzweifelhaft konstruktivem Wert, bei denen der Gesichtspunkt der Konstanz der Kraft angewendet wurde.

Seine Arbeit beendet der Verfasser, indem er klar und einfach seine ganze Theorie in eine praktische Formel zusammenfasst, welche man zu beobachten hat, um vernunftgemäss zur Form zu gelangen: die Konstanz der Kraft in den verschiedenen Strukturteilen.