

dad marginal de la mercancía sea mayor que la de la moneda. Al llegar al punto *M*, intersección de las dos curvas, se efectuará el cambio; porque pasado este punto, las ofelimitades marginales de la moneda cedida son mayores que las de la mercancía comprada, y no hay interés en continuar la operación.

En suma: en el momento del cambio la última dosis de la mercancía *x* produce el mismo placer que la última dosis de la mercancía *y*, de *igual valor en moneda*, y que la última dosis de la mercancía *z*, de *igual valor en moneda*, y así sucesivamente si hay varias mercancías.

La ecuación

$$\frac{1}{p_1} \frac{dF}{dy} = \frac{1}{p_2} \frac{dF}{dz}$$

correspondiente a dos mercancías cualesquiera, nos dice también que las ofelimitades marginales son

proporcionales a los precios, y pudieran tomarse éstos como índices de las ofelimitades marginales.

Ya se dijo en la teoría general del equilibrio económico que la función índice de la ofelimitad tenía en la función índice de fuerzas su semejante en la Mecánica; ambas eran funciones algébricas de las variables elegidas para definir los estados económico y de posición, respectivamente, y tenían un solo y único valor para cada estado. La semejanza es aún mayor con lo que acabamos de exponer, pues así como en la función índice de fuerzas las derivadas parciales son las acciones a las cuales se deben las variaciones de cada variable, también las derivadas parciales de la función índice de ofelimitad, las ofelimitades marginales, o los precios, a los cuales sean proporcionales, pueden considerarse como las acciones determinantes de los movimientos económicos.

Carlos de ORDUÑA

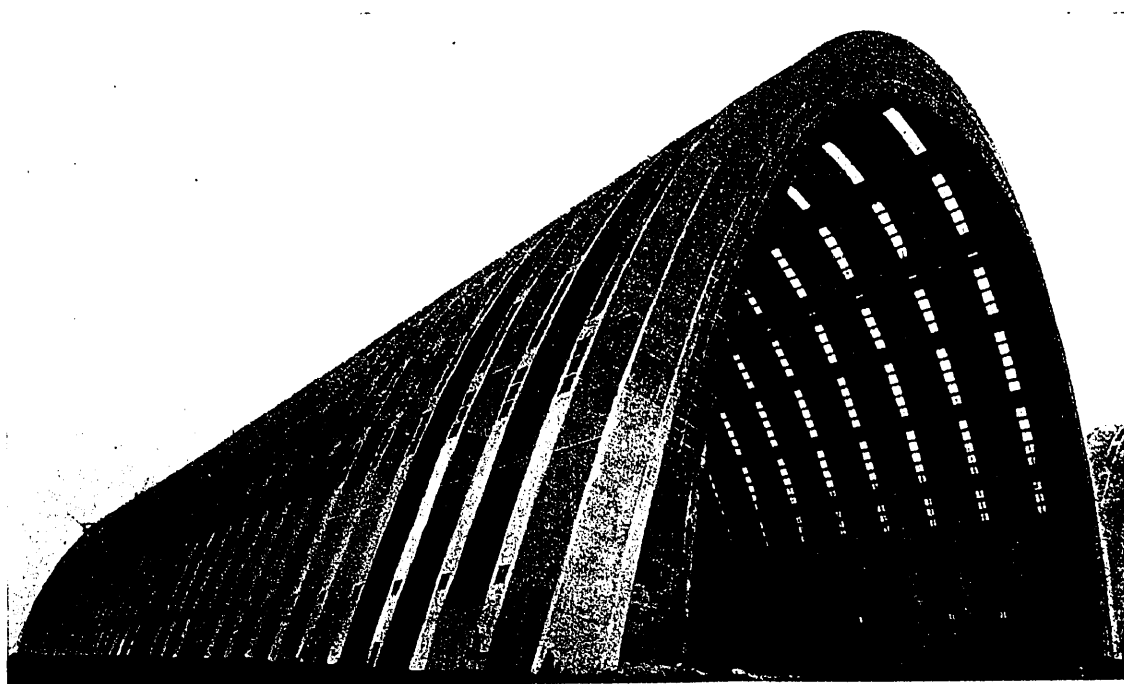
Teoría del arco

I.—La arquitectura del ingeniero

LO ARQUITECTÓNICO

Analizando el arco como elemento arquitectónico, encontramos las tres partes siguientes: *lo decorativo*,

inherente a lo arquitectónico; de no existir, caería mos en lo escultórico; pero en sentido estricto sólo es necesario lo estructural, pues pudiera concebirse un arco que no cumpliera función alguna, pero jamás un arco en el que no apareciera materia pesando y resistiendo.



Freysinnet: Hangares de Orly

Solución al problema de limitar un espacio que los arquitectos góticos consiguieron a costa de la complicación de nave, arbotantes, contrafuertes y botareles. Aquí la sencillez de una curva cuya fórmula se conoce

lo funcional y lo estructural. La primera lo hace artístico; las otras dos constituyen lo que pudiera denominarse contenido anestético del arco.

La ordenación anterior, desde un punto de vista antropológico, se invierte al considerarla desde el fondo de lo necesario físicamente. Lo funcional es

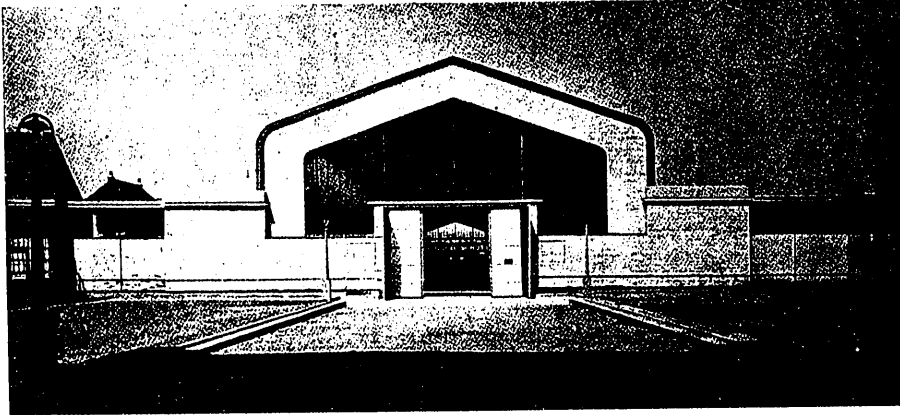
Cualquiera que sea la categoría representativa del arco, cualquiera que sea la función para la que ha sido creado, siempre existirá una ordenación de esfuerzos y reacciones mediante la cual se consigue el equilibrio en una modalidad particular que caracteriza al arco como tal.

Vamos a estudiar el arco desde nuestra posición del ingeniero; por consiguiente, preciso es definir, siquiera provisionalmente, qué es lo ingenieril.

LO INGENIERIL

Ingeniería = Σ aportaciones individuales (ingenieros).

Ingeniero = intuición + experiencia + cálculo (cálculo: resumen, cristalización científica de todo el desarrollo intuitivo y experimental anterior).



Walter Gropius: Central
El arquitecto fundador de la "Bauhaus" (Escuela Superior de Construcción) establece la forma arquitectónica nueva no encuentra ya en sí misma su razón de ser; nace de la esencia de la obra arquitectónica de la función que la misma ha de cumplir

El ingeniero actúa impulsado por una *voluntad ilimitada de dominio de la Naturaleza*; destruye la armonía existente instaurando una nueva que le proporciona una ventaja de orden material.

Dominio, para lo cual conocimiento—técnica—al ingeniero es perfectamente aplicable la frase de

los elementos naturales—estriba en imaginarla dotada de todos los equilibrios: geométrico, hidráulico, mecánico, etc. Se va a lo natural, por choque contra lo natural, reabsorbiendo su esencia.

Voluntad ilimitada de dominio oprimiendo por todos lados conduce a lo económico. La obra se concibe en lo económico-técnico: obtención del nuevo equilibrio con la mínima alteración del anterior. Se lleva a cabo en lo económico-administrativo: empresa. Vive de lo económico-financiero: beneficio a repartir entre los accionistas de la Compañía. La actualización de la obra depende de su inclusión en estos tres círculos.

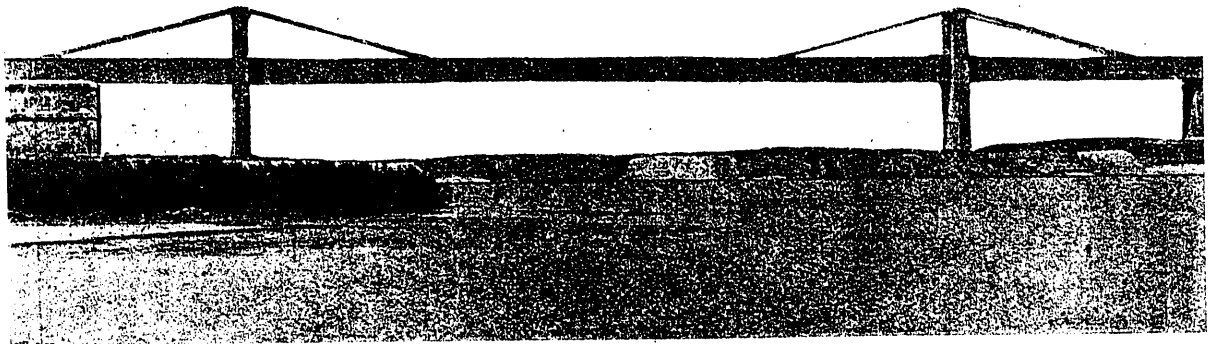
Voluntad de dominio insatisfecha, aspiración a una situación óptima, evolución, y cuando se llega a un estado avanzado del desarrollo, trasparecen las dos categorías de lo ingenieril: lo natural y lo económico en las dos cualidades de la obra: belleza y utilidad.

LA ARQUITECTURA DEL INGENIERO

El problema arquitectónico se plantea al ingeniero para *realizar* una cierta función o conjunto de funciones. Esta función o conjunto de funciones—a realizarse en los elementos naturales—impone determinadas condiciones que pueden reducirse en último término a

dimensiones geométricas y esfuerzos a vencer.

Cumpliendo estas condiciones, el ingeniero proyecta su obra concretando en ella todo su saber—intuición, experiencia, cálculo—para que al llevarse a cabo con los materiales más convenientes y



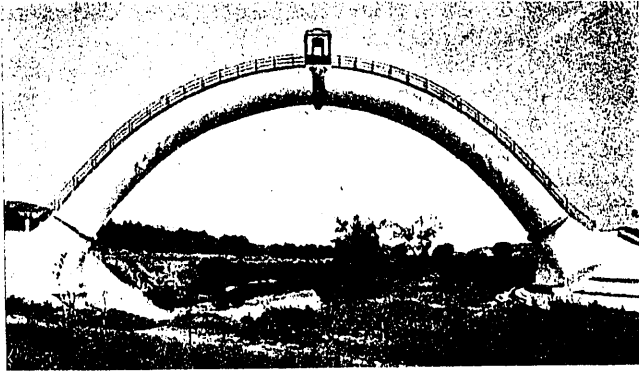
Torroja: Acueducto de Tempul.
La caja del acueducto se hace resistente y se recurre como complemento estructural al cable sustentador rígido en lugar de la solución corriente de arco inferior

Comte: *savoir pour prévoir, prévoir pour prevenir*.

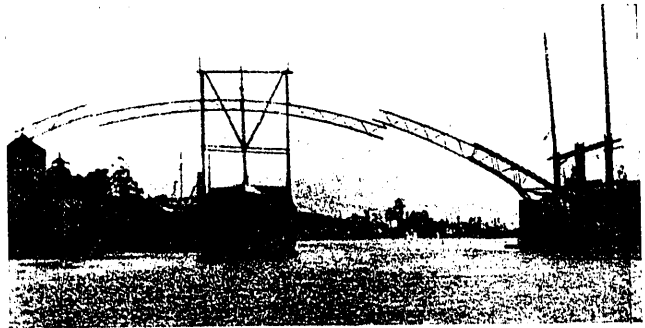
Se enfrenta con la Naturaleza para determinarla—primera actitud de dominio—; la somete a la simplificación de los números y la geometría para imponerle un puente, un camino, un avión. La potencialidad de la obra—limitación de su voluntad en

mediante los procedimientos de ejecución más adecuados, resulte económica. Y la obra subsiste en cuanto se equilibran los esfuerzos y sirve en tanto contenga las dimensiones geométricas.

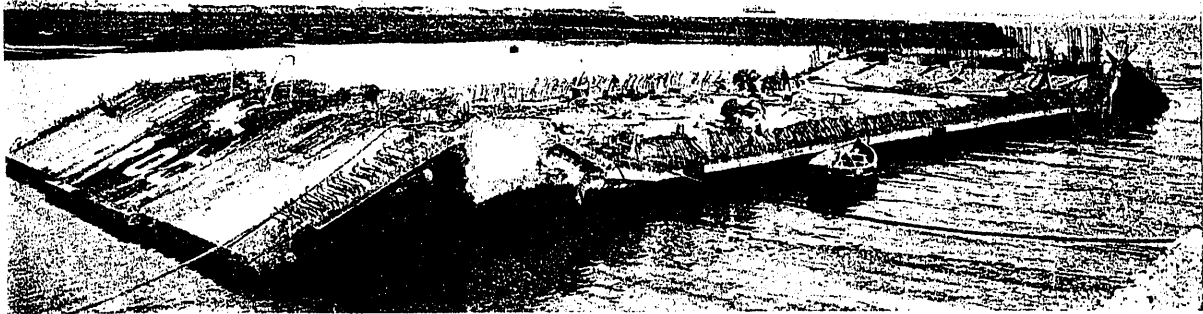
Como la variedad de funciones a realizar es limitada, el caso se repite con características análogas, y



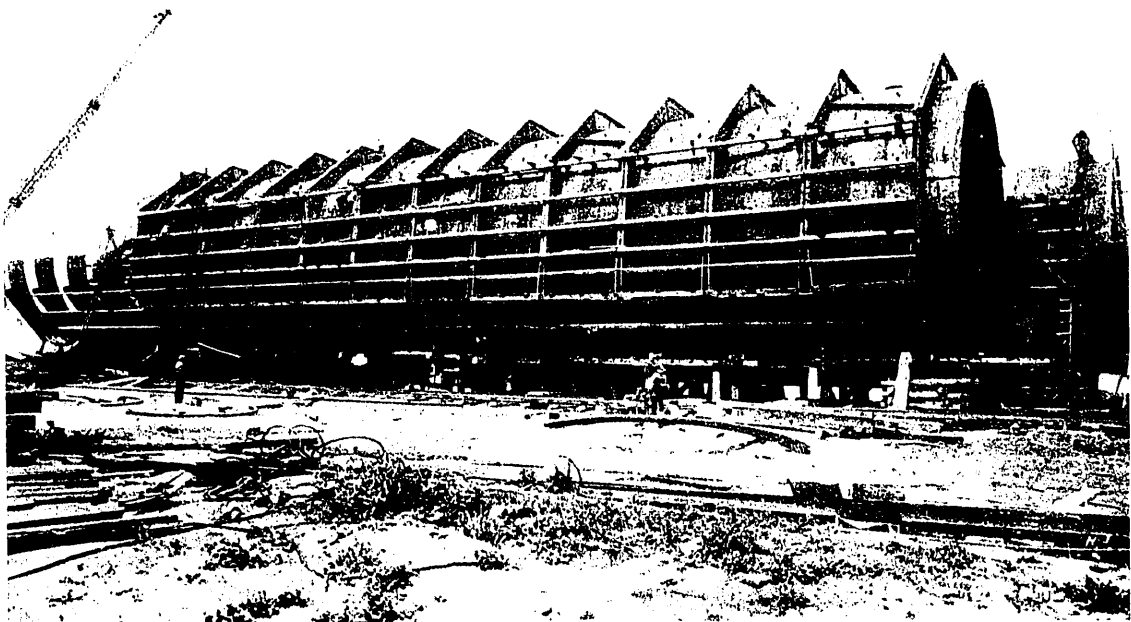
González Quijano: Sifón del Guadalete. Ecuación de lo funcional y lo estructural. La tubería circular que conduce el agua, se enarca para resistir a los esfuerzos



Ribera: Montaje de las armaduras del puente de San Telmo. Desde el comienzo, la estructura cumple su misión: resistir a los esfuerzos. La evolución se verifica sobre sí misma, sin necesidad de estructuras auxiliares.



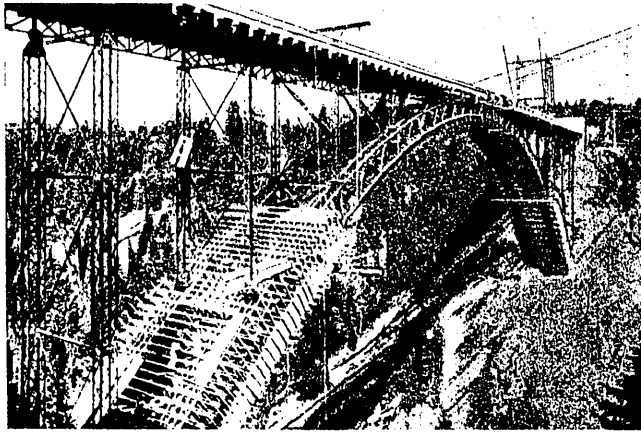
Entrecanales: Cajón del dique seco de Cádiz. Comienza su construcción en un dique flotante, de donde sale el fondo apto para flotar; se conduce al lugar de fondeo, donde se suelda con las otras secciones; los cajeros se ejecutan a lo largo de todas las secciones y después se maciza la estructura rellenándola con hormigón



Secciones tubulares para el túnel subfluvial de Detroit

La sección tubular — síntesis de condiciones funcionales y estructurales—nace de palastro, reforzada con aletas hexagonales, que sirven además para fijación de los andamios de montaje y de las tablas de encofrado. Se lanzan al agua con los extremos cerrados por diafragmas impermeables y se llevan flotantes para ejecutar el hormigonado de la parte inferior externa desde un muelle próximo al emplazamiento, adonde se transportan también por flotación, sirviendo el hormigón que completa el revestimiento de lastre para el fondeo. El revestimiento interior se lleva a cabo de un modo continuo a lo largo de todas las secciones

entonces el saber, enriquecido por la experiencia de las anteriores, permite concebir y llevar a cabo una obra más perfecta que todas. Esta perfección estriba, puesto que la función ha de quedar siempre servida,

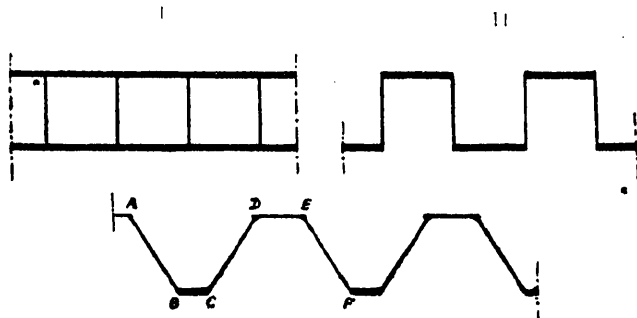


Spannenberg: Armadura del puente Esselbech
Estructura correspondiente a la armadura rígida del puente. Se montó como arco metálico: dos mitades en voladizo. Resistió a los esfuerzos de ejecución, transformándose, sin estructuras auxiliares, en la definitiva de hormigón armado

en una adecuación mayor a este servicio, consiguiéndose el dominio de la cuestión a costa de menor gasto de energía.

Vamos a examinar más detenidamente esta evolución. La arquitectura empieza por hacerse geométrica para cumplir las condiciones funcionales, integrando las dimensiones geométricas, y después se hace estructura para resistir a los esfuerzos. Claro está que la estructura supone a su vez geometría; pero ésta no coincide, en general, con la anterior, del mismo modo que mirando a lo mecánico, la geometría de lo funcional precisa, para materializarse, de estructura, que se agrega, pero no coadyuva en el caso de no coincidencia.

Durante la evolución de un tipo se va borrando esta separación, que existe necesariamente al principio, puesto que al plantearse por primera vez el problema hay que echar mano de las estructuras disponibles, las cuales han llegado a ser, al servicio de otra función, y resultan, por consiguiente, inadecuadas al caso.



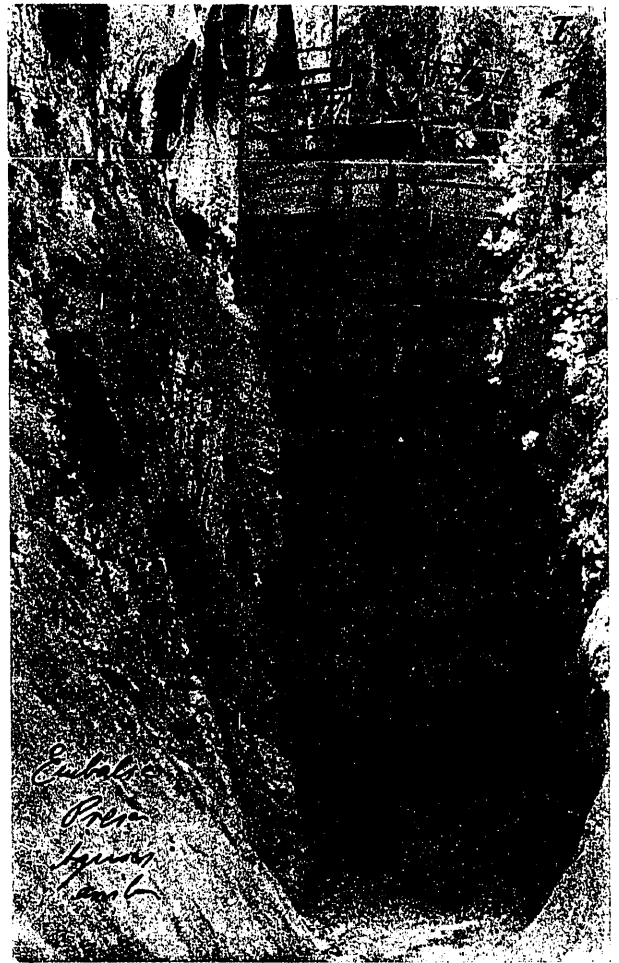
III
Evolución teórica de la estructura para los hangares de Orly (sección en clave)

El desdoblamiento aparece claramente al comparar las soluciones al problema de limitar un espacio, obtenidas en las catedrales góticas y en los hangares modernos. En las primeras existe el dualismo cu-

bierta-nave, que se ha resuelto en la unidad estructural de los segundos.

Otro caso patente es el de paso superior de acueducto, donde al aumentar la luz se salta de las vigas-cajeras a la solución en arco, que es francamente dualista, resultando más perfecta la de colgar el cajón (acueducto de Tempul) y completamente lograda la de arquear el tubo (sifones del Guadalete y Maja-ceite, tubería de la Durance, etc.), pues se obtiene así una identificación absoluta entre ambos términos.

El puente en arco con tablero superior también camina hacia este equilibrio; su estructura evoluciona hacia la síntesis de arco y tablero: viga Vierendel con cabeza inferior curva.



Peña: Presa de Isber
Su autor la proyecta para que se adapte al cálculo. Con una intuición poderosa del valor del cálculo como única solución justa actual, se resuelve racionalmente el problema de las presas-bóvedas

La ecuación *funcional-estructural* se consigue no sólo como resultado final de la obra, sino también a lo largo del proceso constructivo, y aquélla evoluciona, resultando en todo momento estrictamente adaptada a la función accidental que desempeña. Tal es el caso de las grandes estructuras evolutivas, como el cajón del dique seco de Cádiz ¹ o las secciones tubulares del túnel subfluvial de Detroit.

Esta armonía *funcional-estructural-constructiva* fuerza a eliminar todo lo que ha de perdurar en la obra, y así se llega a procedimientos constructivos teoreti-

¹ Su constructor, el ingeniero Sr. Entrecanales, describe con todo detalle el proceso constructivo en los números 2 561, 2 562 y 2 563 de la REVISTA.

camente perfectos, como el de utilizar la armadura metálica en la ejecución de los arcos de hormigón armado (sistema Ribera) y el de montar en voladizo por mitades los puentes metálicos en arco (puentes de Sydney, cañón de Mármol, Niágara, etc.). Combinando estos dos sistemas se ha llevado a cabo el puente Esselbach, *récord* de luz mundial en arcos de

en los que la aplicación de un nuevo procedimiento constructivo ha permitido desarrollar todas las posibilidades del hormigón armado en este sistema de estructuras.

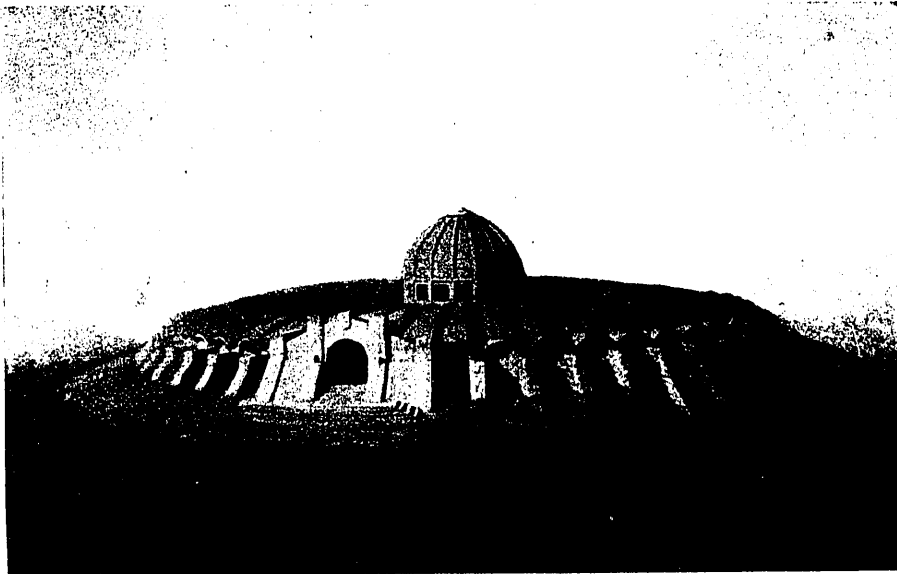
Cuando surge una desavenencia entre lo constructivo y lo estructural decide lo económico; así, por ejemplo, en los hangares de Orly, cuya ondulación procede de la simplificación constructiva de la estructura, concebida originalmente como una doble bóveda con tabiques internos.

Al mismo tiempo que la fusión de lo funcional y lo estructural, se verifica en el curso de la evolución un perfeccionamiento de lo estructural. El equilibrio siempre logrado—condición esencial para que la obra persista—se verifica a costa de fuerzas interiores que aporta la estructura; pero entre éstas, al lado de las favorables, existen otras desfavorables, que es preciso equilibrar en pura pérdida. La finalidad perseguida en la evolución consiste en eliminar estas últimas para llegar al equilibrio estricto de los esfuerzos exteriores.

Este sentido de lo estricto—supresión de lo accesorio en la obra definitiva y a lo largo del proceso constructivo—que hemos visto, resulta esencial en la

arquitectura del ingeniero, elimina en absoluto lo decorativo. Únicamente en las otras dos categorías, partiendo de lo funcional, llegamos a lo estructural.

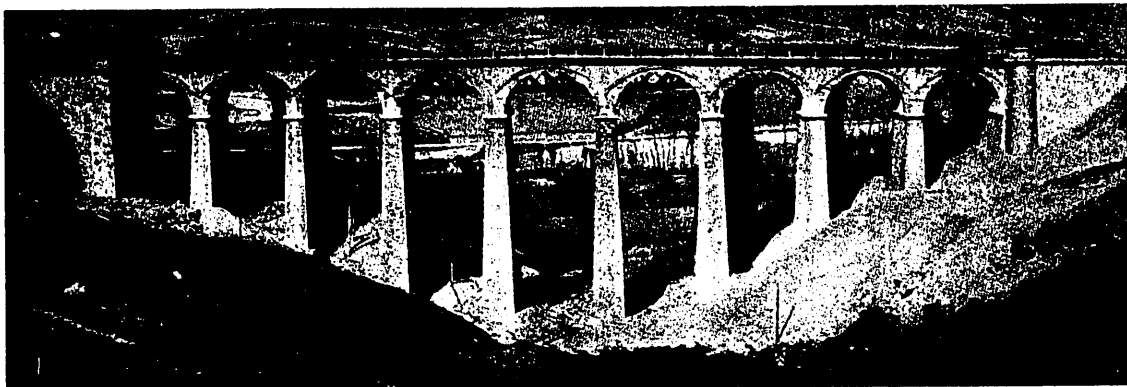
La persistencia de la función—a lo largo del proceso formativo de un tipo de arquitectura—como núcleo alrededor del cual se agrega la materia y la



Sánchez del Río: Depósito de aguas de Oytedo

Su autor define la estructura como cumplimiento de las siguientes condiciones: 1.º Ser exclusivamente un depósito de aguas, es decir, estudiada precisamente para este fin. 2.º Que resultara ingenieril y arquitectónica. 3.º Obtener un conjunto todo lo más constructivo posible. 4.º Consecuencia de las anteriores, resultar una obra económica

fábrica hasta el de Plougastel. Otro detalle constructivo, respondiendo al mismo principio, es el de utilizar en las estructuras auxiliares de montaje elementos que luego habrán de tener su aplicación definitiva en la obra (puentes de Kill van Kull, cañón de Mármol, etc.).



Goytia: Viaducto del Pangua

Las falsas boquillas tradicionales han desaparecido, dejando paso al arco, que ostenta en el paramento la sinceridad de su forma y de su material

Lo *constructivo* aparece siempre como limitación, pues corresponde a la técnica constructiva ir a la zaga de la teoría, y así muchas formas estructurales teóricamente desarrolladas o implícitas, esperan de un método constructivo para actualizar su potencialidad. Tal es el caso de las bóvedas delgadas Zeiss D wydag (mercados de Frankfurt, Leipzig, etc.).

plasticidad que ésta adquiere virtualmente en la serie sucesiva de realizaciones, permite considerar este proceso como la evolución—interpretada y guiada por el ingeniero—de un organismo que se desarrolla libremente bajo la acción de los esfuerzos exteriores.

La materia organiza sus formas, por consiguiente:

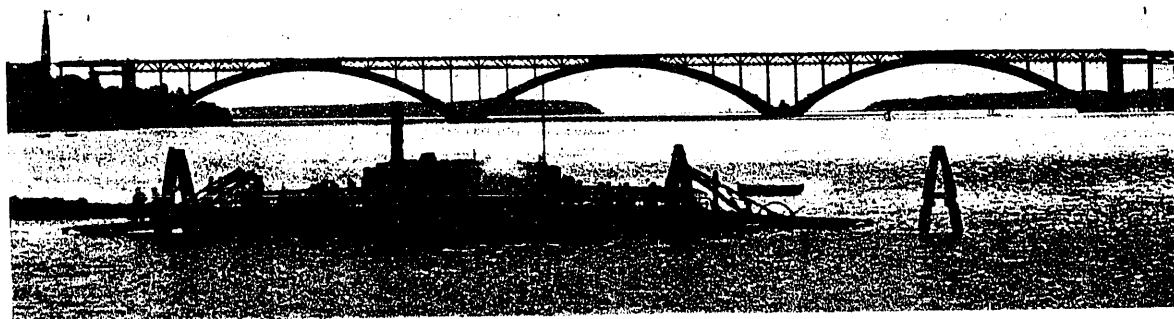
naturales y económicas, plenas de belleza, tensas de utilidad.

* * *

Estas consideraciones teóricas adquieren su valor al ser confrontadas con la realidad. En el estado actual de la técnica se logran ejemplares de arquitectura puramente ingenieril extraordinariamente bellos.

BIBLIOGRAFIA

- CARDELLACH: *Filosofía de las estructuras*.
 LE CORBUSIER: *Vers une architecture*.
 FOWLER: *The Ideals of Engineering Architecture*.
 PILPOUL: *L'esthétique des Ponts*.
 OZENFAUT: *Nature et Art*.
 MEUMAN: *Sistema de Estética*.
 WALTER GROPIUS: *Arquitectura funcional*.
 VISCHER & HILBERSEIMER: *Beton als Gestalter*.



Freyssinet: Puente de Plougastel

Pudiera hacerse una antología de las estructuras metálicas, de hormigón y de hormigón armado. Sólo el puente de Plougastel destrona definitivamente todas las balaustradas y ornamentaciones en clave.

Hora es de que el ingeniero se descargue de la preocupación estética y ahogue todo expresionismo funcional o decorativo, para que no se construyan más depósitos elevados en forma de copa, ni se intente decorar los puentes con detalles de arqueología medieval.

Carlos FERNÁNDEZ CASADO
 Ingeniero de Caminos

ARTICULOS DE REVISTAS

- MACHIMBARRENA: *La arquitectura de la Ciudad Universitaria*. — *Una obra de arte contemporáneo*.—R. O. P., núm. 2 512.
 RIBERA: *Evoluciones constructivas*.—R. O. P., núm. 2 423.
 — *Evolución decorativa de los puentes en el siglo XX*.—R. O. P., núm. 2 573.
 PEÑA: *Solución racional al problema de las presas-bóvedas*.—R. O. P., núm. 2 476.
 SÁNCHEZ DEL RÍO: *El cuarto depósito de aguas de Oviedo*.—R. O. P.
 LAFFON: *El nuevo puente de la Princesa*.—R. O. P., número 2 522.
 CHRISTIAN ZERVOS: *Visions d'aujourd'hui. Lyrisme contemporain*.—*Cahiers d'Art*, números 2 y 5.

Ideas más o menos útiles

Quiero hacer resaltar en estas breves notas la importancia que tienen algunas deficiencias observadas durante los pocos años de mi ejercicio profesional al servicio del Estado, y que me inducen a divulgarlas para sus efectos, si se estiman interesantes.

Año económico. — Crisis obreras. — La terminación del año económico con el natural, origina trastornos bien notorios en cuanto a la agudización de las crisis obreras, puesto que exige disminuir al mínimo los gastos durante los tres primeros meses del año, en los que precisamente se acentúan aquéllas.

A todas luces debiera esto corregirse, bien con alguna disposición especial que armonice los intereses económicos del país (época de jornales mínimos) con los de deber social, o volviendo al año económico de 1.º de abril, ó 1.º de julio (lo que en otros órdenes tiene inconvenientes), pudiendo en todo caso legalizarse los gastos que durante estos primeros meses se hagan con los créditos enviados a la terminación del año anterior con cargo a su presupuesto.

Para soslayar criterios distintos, debiera recomendarse a los jefes de las distintas dependencias el gasto máximo durante los meses de octubre a marzo inclusive, y para mayor fuerza pudieran ser los créditos de esos dos trimestres superiores a los de los otros dos.

Con todo ello se contribuiría a evitar en gran parte las crisis obreras, máxime si iguales normas se adoptan por las Diputaciones, Ayuntamientos, etc.

Subastas de firmes especiales. — Al contrario de lo que viene ocurriendo, debe procurarse, a ser posible, distribuir los créditos para proyectos de firmes especiales antes que los de acopios y reparaciones, ya que aquéllos exigen épocas más determinadas para su buena ejecución, pudiendo en todo caso distinguir entre aplicaciones de betún asfáltico solamente y reparación del firme para su asfaltado posterior, o firmes especiales de otra naturaleza.

En los primeros, es urgente el comienzo de las obras (acopios de arena, detritus, etc.), para emplear