

# Colección de puentes de altura estricta

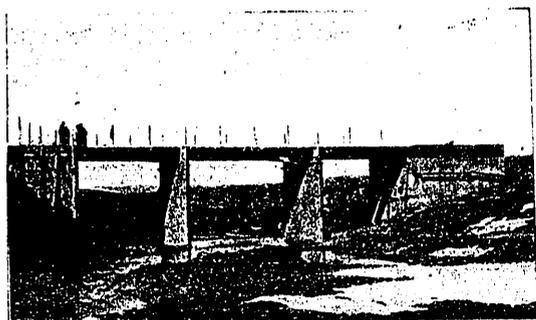
## OBJETO

Esta colección tiene por objeto salvar las luces prácticas más corrientes con la mínima pérdida de altura; problema que resulta extraordinariamente frecuente. Así, quedan dentro de él la gran mayoría de los pasos de cauces en caminos vecinales y carreteras secundarias; el cruce de ramblas en las proximidades de su desembocadura, caso típico y muy repetido en las carreteras de la costa mediterránea; travesía de ríos navegables; obras de paso superior de carreteras, o carretera sobre ferrocarril; cruce de calles a distinto nivel, y otros similares.

## DESCRIPCIÓN

La colección se compone de siete series de puentes, que salvan luces totales de 6, 7, 8, 9 y 10 metros, los de la primera; 10, 12, 14, 16 y 18, los de la segunda; 12, 14, 16, 18, 20 y 22, los de la tercera, y 25, 30, 35, 40, 45 y 50 metros, los de la cuarta. Los de la quinta y sexta se corresponden con los de estas dos últimas, y los de la séptima no dependen de la luz y se clasifican por el ancho de tablero: para una, para dos, para tres y para cuatro vías.

Pertenecen a cuatro tipos de estructuras diferentes: en las dos primeras series se ha utilizado el



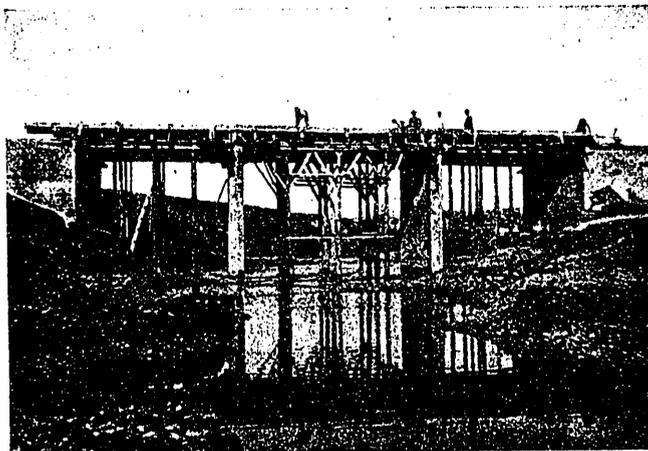
Modelo de 20 metros. Puente sobre el río de la Vega (Jaén)

pórtico sencillo; en las dos siguientes, el pórtico triple sin pilares extremos, es decir, en estructura en 'TT'; en las quinta y sexta, tablero de tres tramos, y en la séptima, losa continua sobre columnas. En las series primera, tercera y quinta, el dintel es losa de espesor constante en sección transversal, y en las segunda, cuarta y sexta, tablero con vigas espaciadas 1,50 metros entre ejes. En aquéllas el espesor en tramo central del triple y en el único del sencillo es constante entre las quintas partes de la luz y crece linealmente desde estos puntos a los extremos; en los laterales se reproduce simétricamente, con relación al pilar, la zona variable del central, y el espesor continúa disminuyendo, aunque más suavemente, hasta el apoyo. En los de tablero con vigas el canto de éstas sigue esta misma ley, sin más que cambiar el quinto por el cuarto, y además se duplica el forjado por adición de losa inferior, en las zonas al cuarto de la luz junto a los pilares.

Los pilares de los pórticos son tabiques de espesor

constante, excepto los de la serie segunda, que son nervados con vigas de canto variable, espaciadas 1,50 metros, como las del tablero.

En la serie séptima la losa es de espesor constante en toda la superficie de calzada, incrementándose con el sobrealto de los paseos en la zona correspondiente.



Puente sobre el río de la Vega (Jaén), en construcción. Modelo de 20 metros

Los pilares de sección octogonal o circular se reparten equidistantes en las dos direcciones, longitudinal y transversal, del camino. Se unen a la losa por intermedio de capiteles que rematan en cuadrado o círculo, respectivamente.

El ancho de calzada se ha fijado en 3 metros por vía, sirviendo la colección cualquiera que sea el número de éstas, pues no hay más que adosar elementos idénticos, bien en los dibujos, cuando se trate de proyectar un puente nuevo, bien materialmente, en la realidad, cuando haya que ampliar uno construido. Esta gran ventaja se consigue con toda naturalidad,



Vista parcial de la armadura del mismo puente

puesto que la losa es uniforme en sección transversal y las vigas del tablero están a una separación de 1,50 metros (mitad del ancho de la vía), habiéndose hecho los paseos independientes, lo mismo funcional que estructuralmente, y en cada caso se proyectarán con el ancho que les corresponda. No obstante, en to-

dos los modelos hemos considerado aceras simétricas de 0,75 metros, en ménsula y elevadas 20 centímetros con respecto al plano del tablero.

La barandilla será de tubos o redondos en cuadrícula.

Recomendamos la adopción de un tipo de pavimento especial, de hormigón bituminoso u hormigón de portland, con objeto de reducir a un tiempo el peso unitario y espesor del mismo.

Para el desagüe recomendamos pendiente longitudinal, consiguiéndose esto, cuando la rasante no sea inclinada, mediante quiebro en el centro con vierteaguas hacia los extremos.

### JUSTIFICACIÓN

La justificación de las soluciones adoptadas consta de dos partes:

1.<sup>a</sup> Justificación de los elementos funcionales, que, prescindiendo del desagüe, se reducen al ancho de vía.

2.<sup>a</sup> Justificación de los elementos estructurales, que haremos en dos etapas: primero, en general, los tipos de estructuras, y después, en cada serie, los detalles.

#### Justificación del ancho de vía

Para fijar el ancho de vía hemos tenido en cuenta el cruce de vehículos a velocidad. Como el ancho de éstos llega corrientemente a 2,50 metros en los autobuses de línea, y la distancia de guarda no debe ser menor de un metro, nos resultan los 3 metros propuestos. Esta cifra se ha adoptado ya por algunos organismos oficiales y en prescripciones del Consejo de Obras públicas, y está muy acorde con las de Re-

ras inferiores de ambas; por consiguiente, la altura de estas viguetas da el límite mínimo de rasante perdida.

Para tener una idea de esta altura hemos compulsado nuestros datos con los que expone el señor Villalba en su interesante trabajo sobre un puente con vigas Vierendel, publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de noviembre pasado; en ellas resulta una altura de vigueta de 64 cm, con una cartela extrema de 13, lo que hace un total de 77 cm, y nosotros, para un puente análogo, proyectado también con vigas Vierendel, obtuvimos, uan utilizando el sobresalto de acera para conseguir refuerzo en el momento de inercia de arranque, altura en el centro de 70 cm. En ambos casos se trata de calzada de 4,50 m; por consiguiente, para el ancho que nosotros proponemos, de 6 m en doble vía, no bajará la altura de vigueta de unos 75 centímetros.

En los modelos de la colección que proponemos hemos considerado como tope los 75 centímetros de altura, y lo hemos respetado en la zona central de todos, menos el último, con 50 m de luz total y 80 cm de altura de viga. A partir de este modelo, cuya luz central es de 20 m, deberá emplearse la viga Vierendel o el arco atirantado.

Nos hemos decidido francamente por la solución de tablero superior, buscando la reducción de altura por los medios siguientes:

1.<sup>o</sup> Reducción de las flexiones a un mínimo, mediante la combinación de los momentos positivos de flexión isostática con otros negativos producidos por coacción de las sustentaciones.

2.<sup>o</sup> Adaptación del dintel a la forma de igual resistencia, consiguiendo en cada sección la altura es-

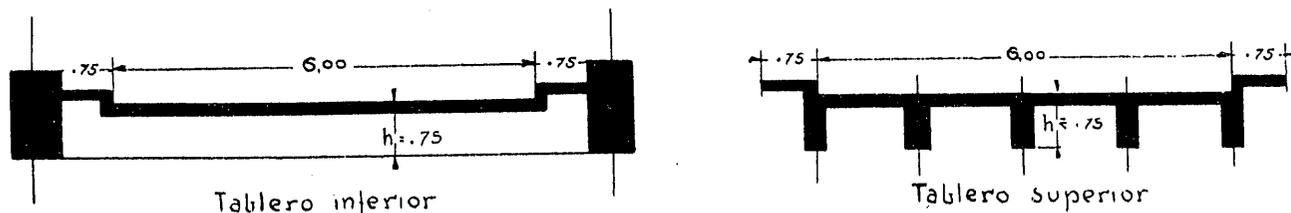


Fig. 1. Comparación de las soluciones de tablero inferior y superior

glamentos extranjeros más recientes. Así, el inglés considera vías de 10 pies; los norteamericanos y canadienses, 9 pies; el alemán, 2,50 mts ed.

#### Justificación del tipo de estructura

A primera vista parece que la solución más conveniente consiste en disponer tablero inferior entre vigas o arcos laterales, habiéndose adoptado algunas veces las vigas de alma llena, que sirven, además, de pretíl; la viga aligerada (generalmente Vierendel), y el arco atirantado, según la importancia de la luz a salvar.

En todos estos tipos la ganancia de altura está limitada por el espesor que haya que dar al tablero. Este, salvo en el caso de simple vía y aceras reducidas, en el que cabe emplear losa, ha de estar constituido por viguetas transversales empotradas en las cabezas inferiores de las vigas principales, siendo preciso, para la eficacia de este empotramiento, que, por lo menos, queden enrasadas en un plano las ca-

tricta. Esta variación, además de reducir el peso propio, produce, al incrementar el momento de inercia en los extremos, un aumento del momento flector en estas secciones, con la disminución consiguiente en el centro del tramo.

3.<sup>o</sup> Empleo de un número de vigas superior a dos, en los tipos en que éstas sean precisas, dotando de un doble tablero las zonas de momentos negativos, para que se obtenga siempre sección útil en T.

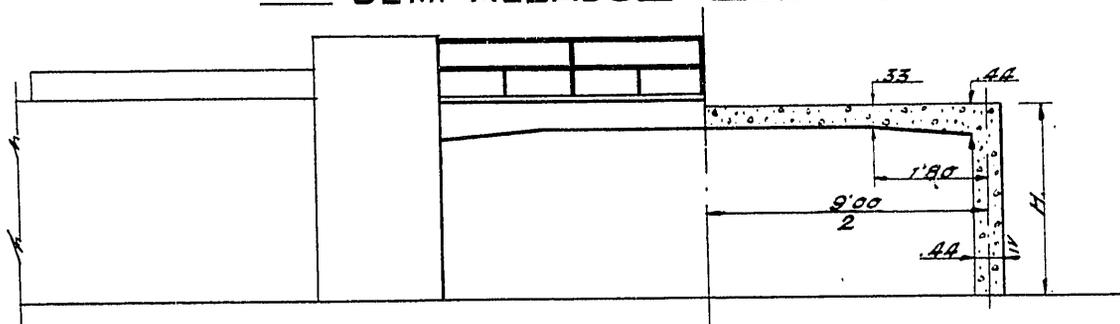
El estudio de las sustentaciones, para obtener la coacción más eficaz, lo hemos llevado a cabo comparando los tipos de estructuras que pueden aplicarse, y que son los siguientes:

- a) Viga apoyada en dos puntos intermedios.
- b) Viga de varios tramos.
- c) Viga Gerber, de varios tramos.
- d) Pórtico sencillo.
- e) Pórtico sencillo, con volados laterales.
- f) Pórtico triple en  $\pi$ .
- g) Pórtico triple en  $\pi$ , con cantilever central.
- h) Pórtico de varios tramos.

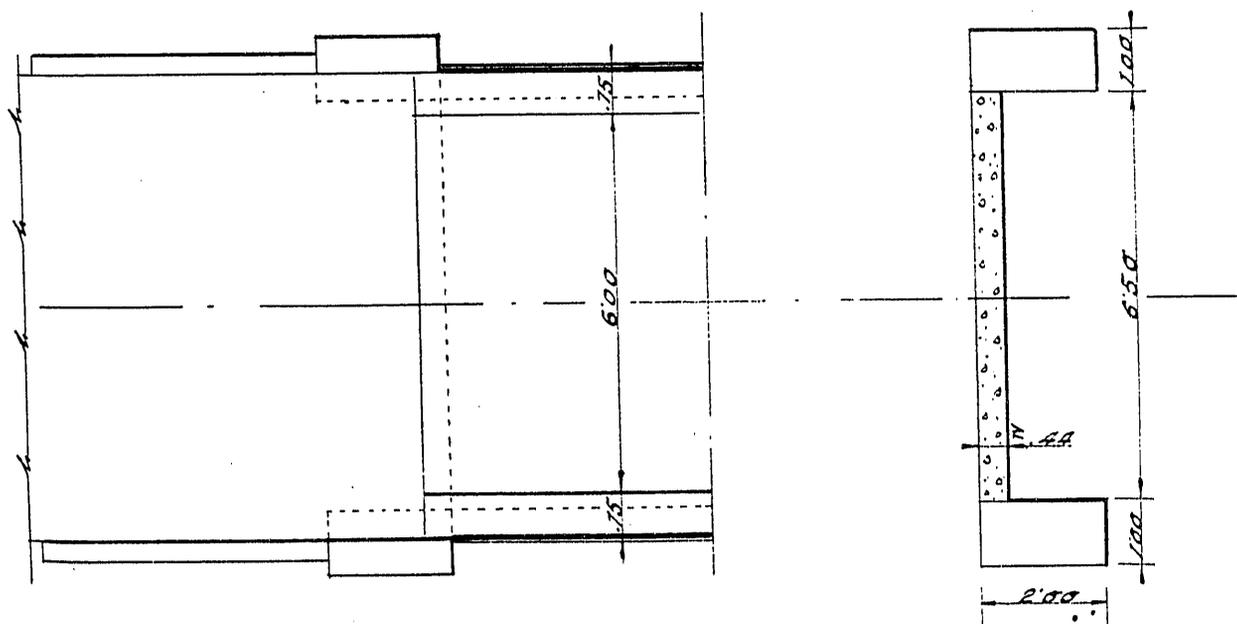
# SERIE I

MODELO DE 9 MS.

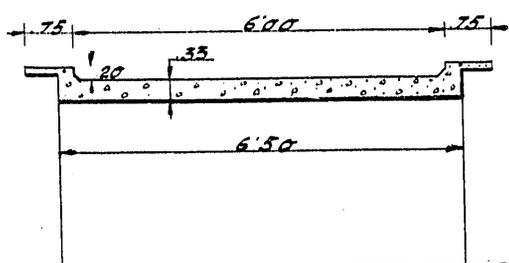
SEMI-ALZADO SEMI-SECCION



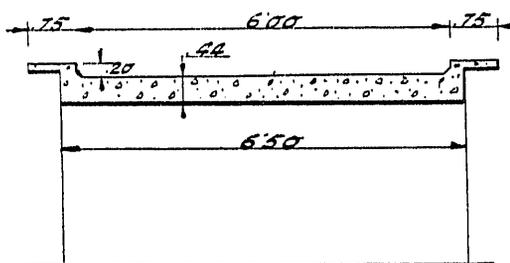
SEMI-PROYECCION SEMI-PLANTA



SECCIONES TRANSVERSALES



POR EL CENTRO

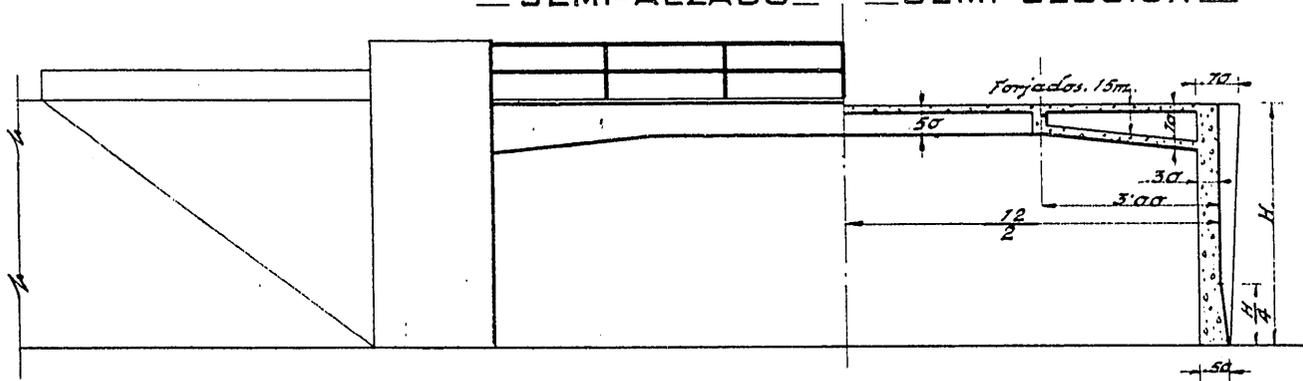


POR LOS ARRANQUES

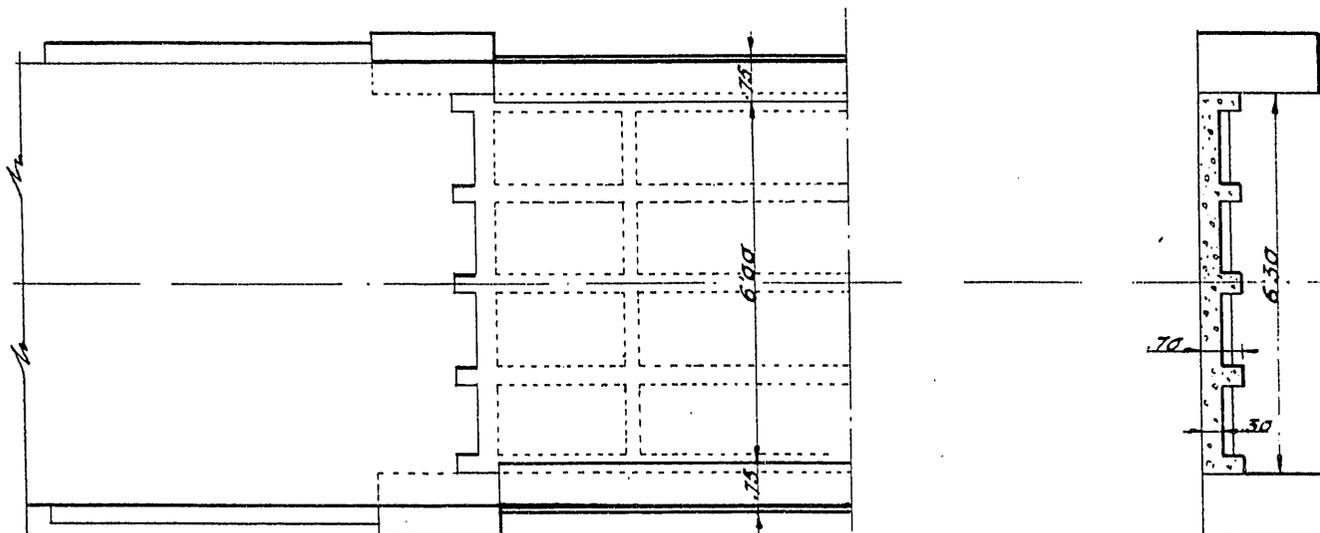
·SERIE II·

— MODELO DE 12 MS. —

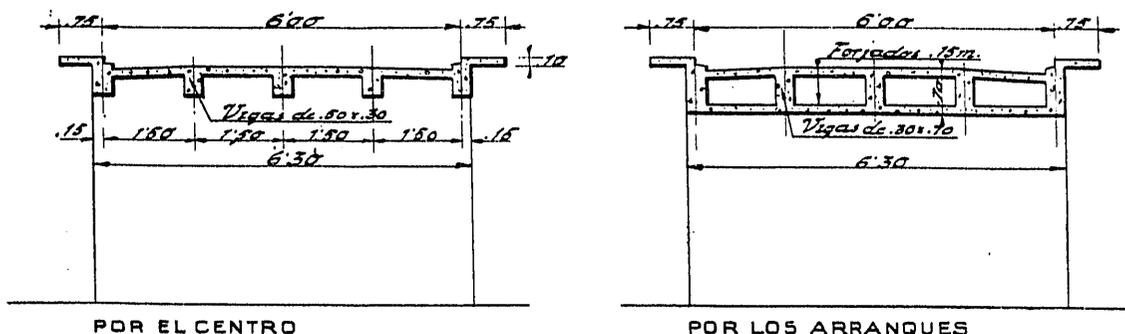
— SEMI-ALZADO — SEMI-SECCION —



— SEMI-PROYECCION — SEMI-PLANTA —



— SECCIONES TRANSVERSALES —



POR EL CENTRO

POR LOS ARRANQUES

En el caso de un solo tramo se impone, de un modo definitivo, el pórtico sencillo (series primera y segunda); realiza de un modo perfecto la ecuación de lo funcional y lo estructural; se compone únicamente de tablero y estribos, es decir, paso de vehículos y contención de tierras. Es mucho más natural y

enlace con los taludes. El caso de más de tres tramos puede, además, resolverse por combinación de tipos o repetición de uno.

Para la solución de tres tramos nos quedan los tipos *a)*, *b)*, *c)*, *e)*, *f)*, *g)* y *h)*. Desechamos los de tramo cantilever, pues las luces relativamente pequeñas de nuestros modelos no justifican la complicación constructiva que lleva aneja.

Las soluciones *a)* y *e)* tienen el inconveniente del efecto dinámico que aparecería al entrar una carga móvil en el puente y producirse flecha elástica en los extremos de la ménsula; además, la altura de éstas crece desproporcionadamente con la luz, si se quiere obtener una compensación eficaz en el tramo central.

Los tipos *e)*, *f)* y *h)* que nos quedan son bastante análogos. A primera vista resulta ya más natural el *f)*, pues, con respecto al *e)*, tiene la ventaja de que engloba en su estructura los pilares centrales, siempre necesarios para la sustentación de los tramos, mientras que los pilares extremos del *h)* no existirán, o serán de muy poca importancia en la mayoría de los casos.

Acercándonos más, y teniendo en cuenta que el fin perseguido es obtener con los tramos laterales la máxima compensación en el central, vemos que *f)* resulta preferible a los otros dos. Efectivamente, con relación al peso propio, lo más conveniente es distribuir las luces de modo que los momentos en las extremidades comunes de los tramos sean iguales a los que existirían en ellos considerados independientes con empotramiento perfecto; por consiguiente, la viga central queda en idénticas condiciones en los tres casos. En cambio, para la sobrecarga, los *f)* y *h)* se comportan mejor que el *e)*, pues los pilares absorben una parte de los momentos producidos por fuerzas disimétricas, realizándolo en mayor proporción, por lo que se refiere al tramo central, los del *f)*, puesto que no se los reparten con los extremos, como ocurre en el *h)*.

De acuerdo con estas consideraciones hemos adoptado como tipo normal el pórtico de tres tramos sin pilares extremos (series tercera y cuarta); pero, teniendo en cuenta que la viga de tres tramos es mucho menos sensible a los asientos de los apoyos, adoptamos también este tipo en las series quinta y sexta, utilizables en el caso de prever los citados asientos.

Los modelos de la serie séptima están especialmente estudiados para empleo en palizadas; pero también pueden utilizarse en otros casos, como cruce de calles, calles elevadas, pasos de ferrocarril, etc. Su justificación es bien sencilla, pues la altura disponible queda reducida en un mínimo, al no existir vigas, y es una solución más constructiva que la corriente de losas independientes apoyadas.

Carlos FERNANDEZ CASADO  
Ingeniero de Caminos

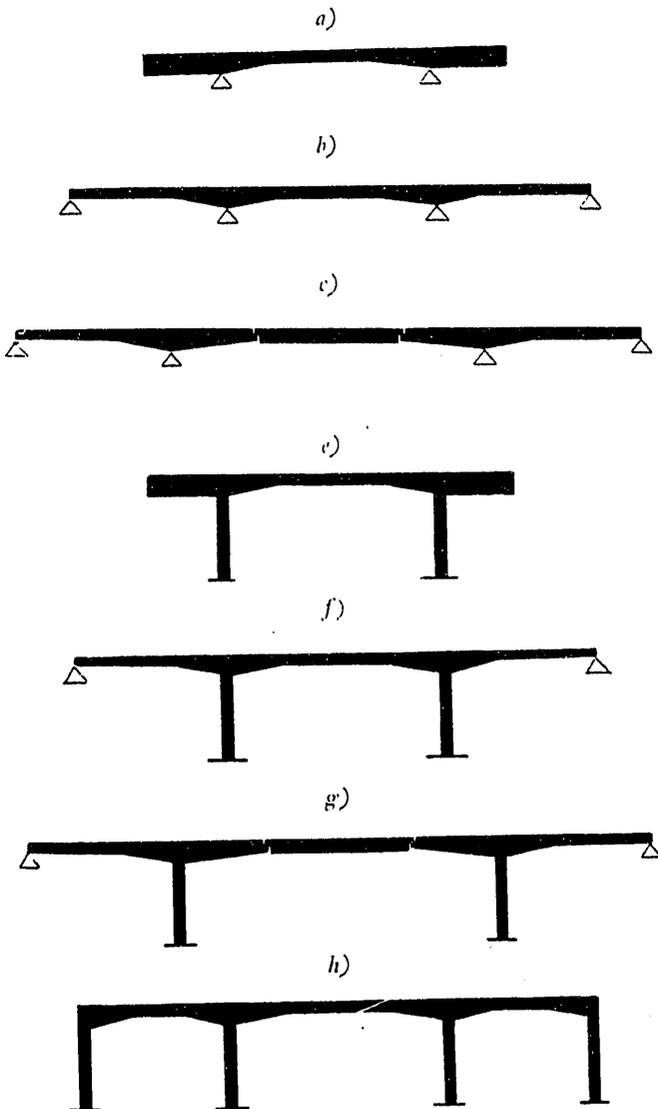


Fig. 2. Estructuras comparadas

económica que las *a)* y *e)*, que también pudieran cumplir la condición de vano único.

En el caso de varios tramos limitamos el número a tres; resulta lo más económico, por la compensación que los tramos laterales aportan al central, y es más natural en la mayoría de los casos, pues el tramo central salvará la luz principal y los laterales se añadirán para desagüe complementario, visualidad o

## T r a n s p o r t e s

Con este título publica el Sr. Jiménez Ontiveros, en el último número de la REVISTA, un conciso y sustancioso artículo, al que creo oportuno un breve complemento.

La tesis general de aquel artículo es, a mi juicio,

totalmente justa: España ha venido estando largos años, en materia de transportes —como en otros muchos aspectos de la vida nacional—, lamentablemente desligada de la colaboración en estudios y labores activas de carácter internacional. Repetidas ve-