

# EL PASO DE DOS ESTRECHOS: GIBRALTAR Y EL CANAL DE LA MANCHA

Conferencia pronunciada por D. ALFONSO PEÑA BOEUF, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, el día 28 de febrero de 1962.

En primer lugar, agradezco la gentileza del general Díaz de Villegas, Director del Instituto de Estudios Africanos, al requerirme para dar esta conferencia en el curso presente para las actividades de esa Corporación. Y por ser de bastante actualidad el asunto del Canal de la Mancha, según se refleja en los interesantes artículos aparecidos en toda la prensa extranjera, y muy recientemente en las importantes revistas técnicas *Engineering News-Record*, de Estados Unidos; *Travaux*, de Francia, y *Etudes Routieres*, de Suiza (que esta última me ha honrado con el explícito y razonado comentario al proyecto mío de Gibraltar), parece oportuna ocasión glosar esas y otras informaciones de la Prensa, teniendo en cuenta que por el solo examen del mapa general de Europa y Africa las dos únicas soluciones de continuidad que tiene el inmenso territorio contenido en ellas son los dos estrechos del Canal de la Mancha y de Gibraltar, de tal modo que si fueran subsanados estos cortes territoriales sería posible establecer la comunicación entre los grandes territorios de esos continentes por circulación directa en vía terrestre. Es, pues, de gran interés saber la posibilidad de cerrar esas dos cortaduras que geográficamente se ofrecen como seductoras invitaciones.

Vamos a ocuparnos al presente de examinar los dos Estrechos, a fin de indicar las posibilidades de su cruce y las dificultades que presentan.

## El Canal de la Mancha.

De bastante antiguo es el proceso entablado para ver las posibilidades de cruzar con elementos terrestres el paso de este estrecho, que evidentemente tiene un gran interés en el tráfico central de Europa. Y ya a este efecto se constituyó, en la reciente fecha de 1957, una entidad llamada "Agrupación de Estudios de Túnel bajo la Mancha", a fin de reunir los estudios y problemas económicos y técnicos que habrían de resolver a tal fin.

Al cabo de tres años se terminó ese estudio y en el final del año 1961 fué publicado al efecto el informe completo. Puede decirse que en tan interesantes documentos redactados se han examinado todas las propuestas que parecían más adecuadas a este propósito por enlace de túnel o de puente, presentando algunas posibles soluciones entre las que estaba la de túnel perforado en la roca, otra de túnel flotante y, además, la independiente de puente con superestructura al aire libre.

Al efecto y por muy destacados técnicos de ambos países se comenzó por estudiar la situación geográfica y geológica de la zona interesada, habiéndose redactado trabajos muy interesantes y completos por el detallado examen de estas circunstancias.

Puede apreciarse en el copioso conjunto de tan notables trabajos que el paso a través del Canal de la Mancha es un problema perfectamente posible y que, en realidad, su única dificultad de la más grande consideración estriba en el enorme presupuesto que llevaría la realización de una obra de esta envergadura, pero sin que pueda considerarse que desde el punto de vista físico haya dificultades insuperables ni mucho menos, dado el estado actual de la ciencia y de la técnica.

Tiene, en efecto, el Canal de la Mancha una situación geológica realmente ordenada y tranquila, en la que la composición de su gea es bastante uniforme y concordante en ambas márgenes, presentando más bien una depresión que no una alteración profunda los estratos de su composición.

La formación geológica, perfectamente reconocida, clasifica el terreno en la época terciaria, dentro del terreno cretáceo y más concretamente en el tramo "cenomanense" de su estratificación geológica, con características análogas a este tramo en casi todo el desarrollo de su extensión.

Es consecuencia de este criterio el examen como tal depresión, en el que la profundidad de agua no es grande, pues afecta únicamente a cotas menores de

50 metros como profundidad submarina media de los más bajos fondos, cantidad bastante moderada para lo que son, a veces, estas cortaduras de orden geológico.

El estudio se ha hecho por las Comisiones indicadas con gran prolijidad, y puede decirse que hay actualmente un perfecto conocimiento de las condiciones indispensables para poder hacer la implantación de la obra con las mejores garantías de posible acierto.

Podemos centrar la atención del problema en dos aspectos que han podido considerarse como las más favorables soluciones: el túnel perforado y el puente, porque la del túnel flotante presenta tales dificultades, principalmente de conservación e incluso de adopción de garantías, que, en realidad, puede tomarse como cuestión de poco interés, y el estudio de túnel apoyado en el fondo también presenta para la debida estabilidad dificultades que serían poco recomendables en el transcurso del tiempo.

Queda pendiente la adopción, que todavía no está dilucidada, de si es más conveniente el túnel perforado o el puente.

Las dos soluciones han sido estudiadas por técnicos de gran solvencia y, por consecuencia, los estudios tienen al presente garantías no solamente de acierto técnico si que también de posibilidad económica, ya que han sido formulados, si no todavía — como es natural — desde el punto de vista de proyectos definitivos, sí pueden considerarse como anteproyectos perfectamente razonados, en los que incluso se ha acompañado el posible presupuesto de ejecución total.

### Túnel.

Prescindiendo, como dijimos antes, de un posible estudio de túnel sumergido, e incluso de lo que pudiera pensarse como solución de túnel flotante con

tirantes de amarre sobre boyas, decimos que, en realidad, estas soluciones no han de tomarse en cuenta, en primer lugar por no estar totalmente estudiadas, pero, además, porque ya de antemano parece que deben ser descartables en relación con las otras.

El túnel perforado es el que tiene estudio más completo y que ofrece posibilidades las más certeras de acierto, sobre el que ha recaído un estudio más firme y consultas más amplias.

Afortunadamente, el terreno es muy propicio para ello: Las capas geológicas del cretáceo ofrecen uniformidad suficiente y la dureza, perfectamente ensayada, proporciona datos muy concretos respecto a la perforación.

En la figura 1.<sup>a</sup> está la planta general del Estrecho y en las figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> la situación del arranque en cada costa.

La solución más desarrollada a este efecto es la de formar dos túneles, independientes uno en cada sentido, para circulación de vehículos ferroviarios de tracción eléctrica. Cada galería está estudiada en forma tubular de círculo completo, con diámetro interior de 6 metros y a la que había de asignarse revestimiento en toda su longitud, para asegurar no ya la resistencia que se considera suficiente en la perforación si que principalmente para los efectos de impermeabilidad, aunque el drenaje esté previsto al efecto.

El revestimiento, que tiene alrededor de 40 centímetros, hecho con hormigón de calidad especial y con la precaución necesaria para su estabilidad de volumen. Intermedia entre las dos galerías se hace la galería de ataque, que habrá de tener elementos transversales de unión, y que forman también elementos de reconocimiento.

El problema fundamental que se presenta para este túnel es el de la ventilación, que, como es natural,

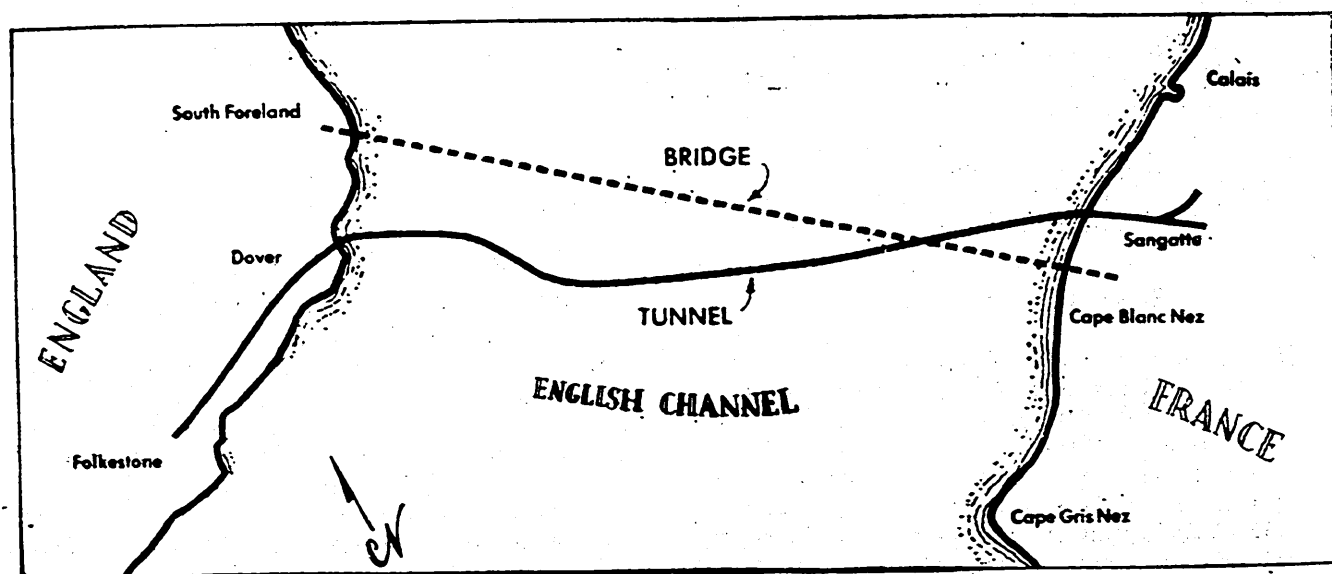


Figura 1.<sup>a</sup>

ha de tener una importancia grandísima, ya que la longitud total es de 52 kilómetros.

Ya se precave que habría de hacerse el llenado de aire por la circulación de los vehículos, que actuarían en forma de émbolos, pero de todas suertes se considera como fundamental precaución la de hacer dos islas intermedias a distancias próximamente de 15 kilómetros, que habrían de servir como elementos muy convenientes para asegurar la circulación de aire refrigerado.

El problema de perforación no parece que ofrece dificultades graves, pues por un sistema de máquinas

cepto citado de circulación carretera y ferrocarril, alcanza a considerar cifras tan extraordinarias que caen fuera de un estudio financiero de rendimiento necesario para su implantación permanente (figuras 5.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup>).

### Puente.

Se ha hecho un anteproyecto de puente para poder hacer circulación al aire libre por medio de una estructura metálica. En la figura 7.<sup>a</sup> hemos dibujado el alzado de la solución presentada al efecto, que está

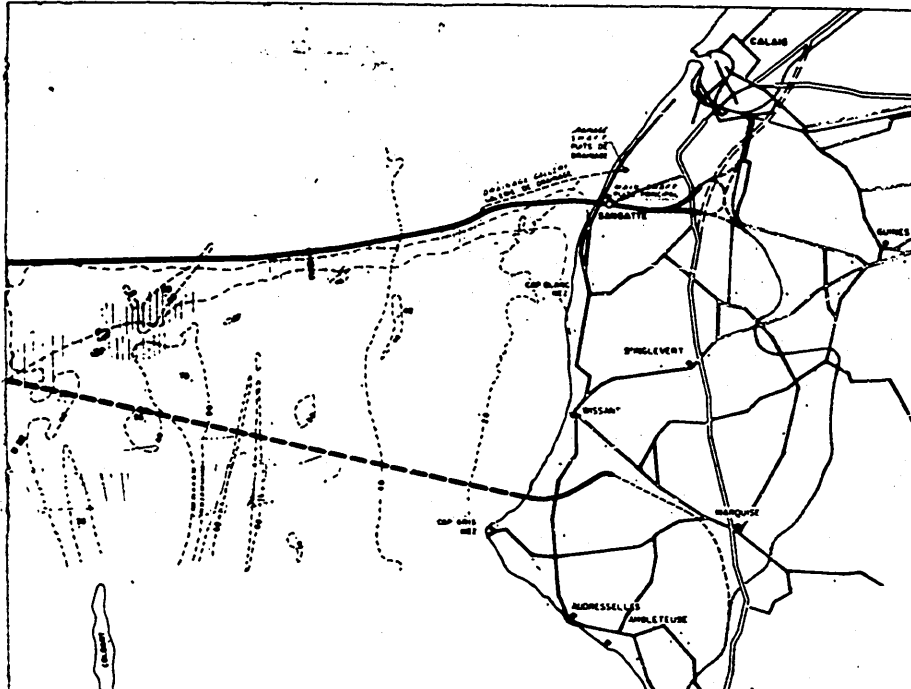


Figura 2.<sup>a</sup>

ya estudiadas, y cuya garantía ha sido examinada en túneles recientes, parece ser que, dada la situación y dureza del terreno, puede considerarse como problema de solución ensayada.

La ventaja grande que ofrece la homogeneidad de los estratos y la ausencia de fallas y litoclasas hace que de un modo optimista pueda considerarse esta solución de túnel como perfectamente viable y que no ha de presentar posibles sorpresas en la ejecución. En la figura 4.<sup>a</sup> hemos representado el perfil adoptado.

El ensayo de túnel perforado con circulación de ferrocarril y simultáneamente de carretera parece que ha sido de momento descartado, tanto por las dimensiones, muy grandes, que habian de darse a la galería y también porque el coste a que se llega, con el con-

formada por unas vigas tipo Warren con luces de unos 230 metros de un modo uniforme, y una parte central, destinada a la mayor actividad de navegación, con tramos casi dobles, para dar luz de unos 450 metros en cada tramo. Toda esta estructura a la altura de 70 metros sobre el nivel medio del mar.

Es raro que en un país como Inglaterra, que tuvo el acierto de hacer, hace ya bastantes años (en 1889), la estructura genial del puente de Forth, en Escocia, con dos grandes tramos mayores que éstos, y que en su época causaron sensación por el atrevimiento e incluso por el acierto arquitectónico, que a través de tantos años se proponga ahora una estructura monótona de tramos relativamente pequeños en forma de vigas Warren, cuando el tipo "cantilever" (puente

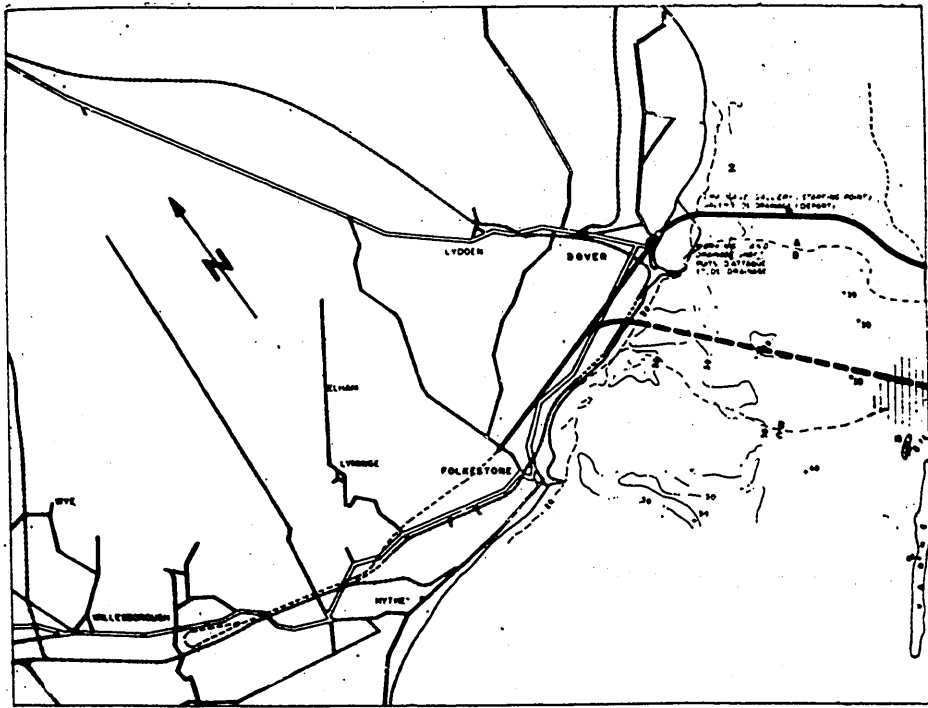


Figura 3.<sup>a</sup>

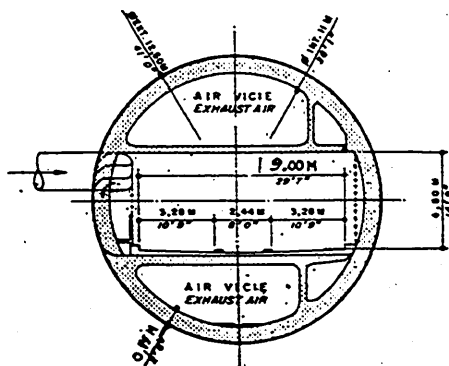


Figura 4.<sup>a</sup>

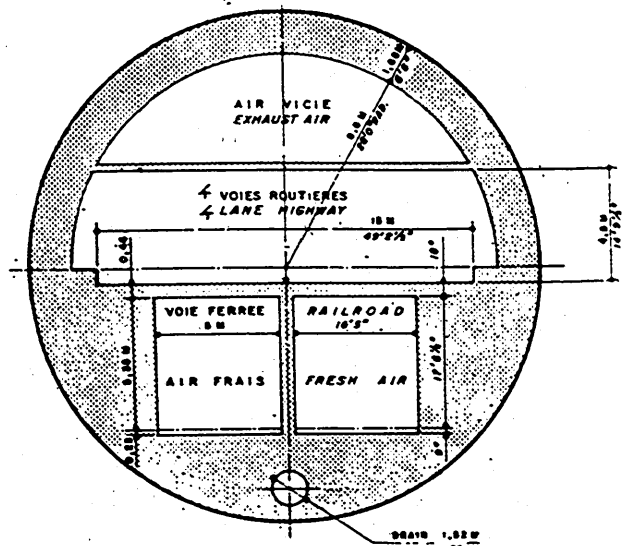
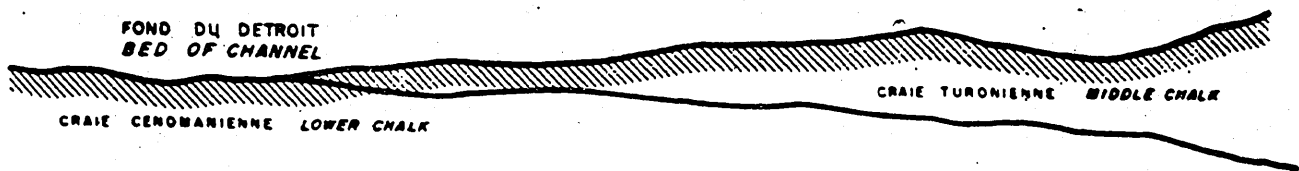


Figura 5.<sup>a</sup>



ECHELLE 1 / 1000  
SCALE 1 / 1000

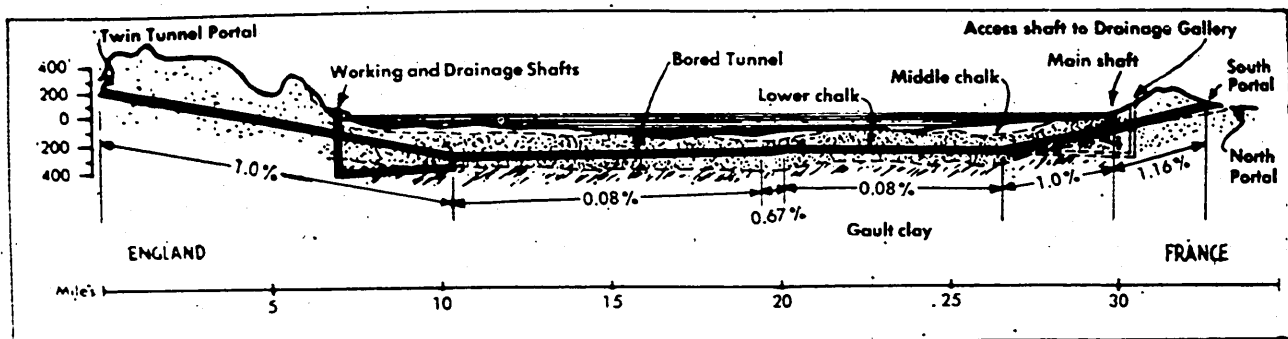
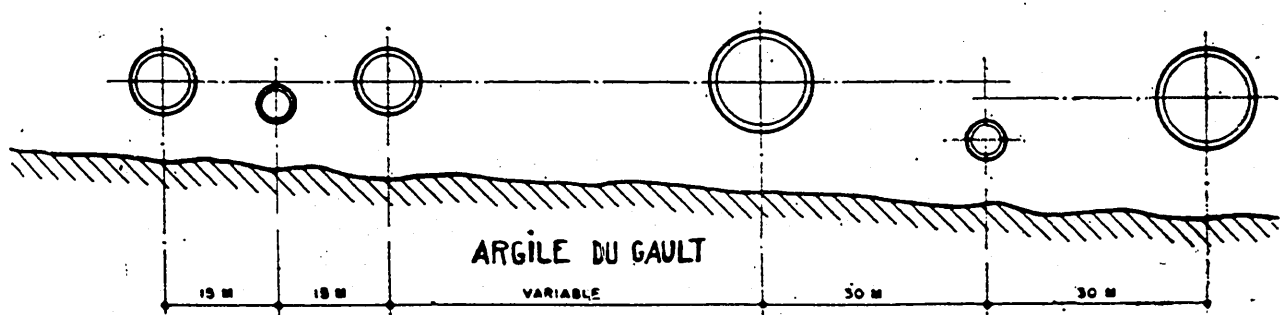


Figura 6.<sup>a</sup>

ménsula) dió en aquella estructura de Forth impresión más favorable, parece que ahora resulta un anacronismo.

El puente está previsto para gran circulación, pues el perfil transversal está formado para tres grandes vehículos carreteros y dos más pequeños en la parte central, pero, además, la circulación en cada sentido lateralmente de vehículos ferroviarios (fig. 7.<sup>a</sup>).

Es necesario tener en cuenta que el tráfico en el Canal de la Mancha es, aun ahora, enormemente grande, pues la estadística de 1957 arrojaba 5 750 000 pasajeros en total anual, de los cuales solamente 1 529 000 utilizaban líneas marítimas cortas. Se pre-cave que debe hacerse la circulación pensando en un tráfico probable de 3 180 000 viajeros en condiciones medias.

La instalación del puente es casi la misma que la que se prevé para el túnel perforado, que es la de unión de los puntos entre Dover y Sangatte, situado este último un poco al final de Calais. En la planta hemos dibujado (fig. 1.<sup>a</sup>) la situación de puente y de túnel ligeramente diferente, en la que, por la singularidad de cada uno, se ha pensado en la posición más conveniente, atendiendo a los enlaces con las líneas existentes.

Es evidente que con las luces antes indicadas el número de tramos del puente es muy grande y, en realidad, constituye este defecto una especie de cortina o pantalla en la continuidad del Canal de la Mancha. Habiendo un tráfico tan grande entre las dos naciones y, por consecuencia, un número de barcos, que muchos de ellos circulan para distintos rumbos,

es una grave dificultad la de tantas pilas como son necesarias para el establecimiento del puente en las condiciones citadas, y es la causa por la que ha habido, en realidad, objeciones muy fundamentadas para el establecimiento del puente.

Hay que tener en cuenta que el régimen de vientos es de gran violencia en esas costas y que el mar, muy encrespado durante muchos días del año, provoca dificultades de navegación para embarcaciones pequeñas, que podría constituir un nuevo peligro con la existencia de esa multitud de pilas. A este efecto, se ha pensado incluso en la instalación de un sistema de reflectores de aire que aminoren y neutralicen las corrientes violentas de los grandes temporales, pero es

pecto crematístico de la cuestión, que tiene siempre tanta importancia, para ver el orden de posibilidades de cada una de las soluciones, y en tal sentido se han formulado presupuestos aproximados en las condiciones al presente para realizar las obras indicadas en los anteproyectos.

El presupuesto formulado para el túnel perforado, y constituido por dos tubos de circulación por ferrocarril eléctrico, uno en cada sentido, arroja la considerable cifra de 294 millones de dólares, que si fueran estimados al presente en moneda española daría la cifra de 17.640 millones de pesetas. Pero hay que tener en cuenta que ésta es la solución, por decirlo así, restringida, pues que solamente afecta al trá-

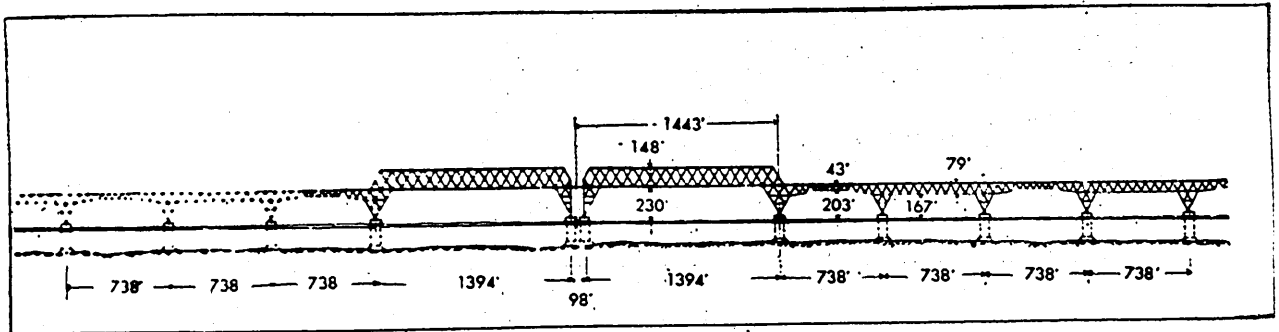


Figura 7.ª

preciso considerar que la instalación de tal sistema constituye no pequeña dificultad para hacerlo de un modo permanente y eficaz.

No se habla nada en el proyecto de puente sobre especiales condiciones para establecer la cimentación.

En realidad, el Canal de la Mancha no tiene situación grave de cimentación por cuanto que las profundidades son suaves y graduales en cada una de las márgenes, llegando en la parte central a la máxima cota hipsométrica de 50 metros. Claro es que con este calado no puede emplearse el aire comprimido ni los procedimientos usuales de cimentación, pero al efecto se precaven las pilas fondeadas que para nosotros, los españoles que pensamos en el Estrecho de Gibraltar, no constituye ninguna dificultad, dadas esas dimensiones que aquí son mucho más moderadas.

\* \* \*

En el conjunto de trabajos realizados por las Comisiones que se han nombrado para examinar el paso del Canal de la Mancha, además de las soluciones técnicas que quedan apuntadas anteriormente y que constituyen proyectos, no puede decirse completos, pero sí anteproyectos muy adelantados de las distintas soluciones que podrían ser adoptadas para el paso de este Estrecho, no ha dejado de consignarse el as-

pecto ferroviario, sin que pueda atender a la circulación de vehículos automóviles y de tráfico carretero.

Si, por el contrario, se adoptara la solución mixta no totalmente desarrollada para vehículos ferroviarios y, además, tráfico rodado de carretera, se llega a la cifra de 595 millones de dólares, que, en rigor, supone una suma casi astronómica, pues que para nosotros representa del orden de 36.000 millones de pesetas.

No han debido, sin embargo, asombrar estas cifras de aspecto tan elevado, pues que después de estudiar las soluciones propuestas se ha encontrado razonable, incluso la posibilidad de realizarlo por financiación privada, pero claro está que la solución completa fué, de momento, diferida, ya que se supone puede ser satisfecho el enlace entre Francia e Inglaterra por la primera solución, que entra dentro de los límites de lo que previamente se había supuesto.

En los informes que se han considerado por las varias Comisiones que han examinado el problema, parece ser que la corriente más generalizada es la de establecer la primera solución de túnel perforado con tracción eléctrica y única en cada sentido, abarcando, por tanto, cifras del orden de magnitud anteriormente indicado.

En rigor, siendo la obra de unión citada un trabajo de gran importancia, no tiene, sin embargo, di-

ficultades que puedan considerarse como insuperables, e indudablemente parece más natural y de mejor resultado para la explotación el establecimiento de un túnel y no el de un puente.

Solamente por el hecho de la gran longitud que tiene transversalmente el Canal de la Mancha es por lo que, en realidad, la obra es de gran envergadura, pues por lo demás, y si no se tiene en cuenta que el presupuesto — como hemos visto — es de cuantía muy elevada, puede perfectamente considerarse como problema resoluble y, aunque difícil, susceptible de perfecta solución con el concepto antes indicado.

### El Estrecho de Gibraltar.

En las conferencias que sobre este motivo he dado en los años precedentes, y más concretamente en la última, en la que glosaba también los aspectos de las anteriores, hice las consideraciones que parecían más adecuadas para resolver este problema en el Estrecho de Gibraltar; pero conviene que, después de la reflexión a que conduce el tiempo transcurrido, fijemos las ideas, aunque no variemos el criterio sustentado en ellas.

Abundando en esta decisión, debo manifestar al presente una serie de consideraciones que ya desde el principio saltaron a la vista y que debemos examinar.

En primer lugar, creemos que para este Estrecho hay que hacer unos distingos respecto al de la Mancha, que se ofrecen inmediatamente con el sólo conocimiento de la geografía de los respectivos lugares y de la geología de los terrenos a que afecta.

El Estrecho de Gibraltar es totalmente diferente al de la Mancha. El segundo es más bien una depresión del terreno, dando lugar a una vía de agua de poca profundidad y de ancha extensión, mientras que el primero es una cortadura que rompe y tergiversa la gea de ambos continentes, dando origen a una profundidad inmensa, aunque con ancho no muy grande, pero con variación muy sensible en la formación geológica.

Al par de las consideraciones de la Mancha, con formación geológica tranquila y casi sensiblemente uniforme, dando un calado máximo que no llega a más de 50 metros, en el de Gibraltar se encuentran la mayor parte de las cotas hipsométricas con valores del orden de 1 000 metros en una gran zona de su parte central. Y, además, no es uniforme el canal que se forma, ya que en el viaje del Atlántico al Mediterráneo se encuentra una cima en su parte media que forma en materia rocosa como un bajo entre el continente de Europa y de Africa, rebajando en ese tránsito a sólo 400 metros la mayor profundidad en el centro de la unión continental. Esto explica la agitación que se produce muy circunstancialmente en ese Estrecho, y que ha dado lugar a conocidas perturbaciones en el tráfico marítimo.

Atravesar este Estrecho con tan grandes calados ofrece, indudablemente, una dificultad gravísima, ya que en ningún caso pueden aplicarse los procedimientos que cabe decir hayan sido ensayados a tal efecto. Podría pensarse que quizá por estas circunstancias fuera más viable la solución de túnel que la de puente, pero el estudio asiduo de este problema nos lleva a la conclusión de que, por el contrario, en el caso de Gibraltar es preciso descartar la solución de túnel y, dentro de las grandes dificultades que lleva el puente, arrostrar las consecuencias de éste.

Nos induce de un modo claro a tener esta decisión el hecho comprobado de que la gea en toda la zona está alterada, de tal modo que existen fallas reconocidas que afectan transversalmente de una a otra ladera por medio de cortaduras no aún reconocidas, puesto que exceden con mucho a mil metros sondearlos, y, consecuentemente, no se puede pensar en atravesar unas fallas cuya existencia es difícilmente apreciable, pero que, además, tiene como secuela de ellas la de otras litoclasas no tan perceptibles, pero sí pre-sagiadas.

Varios movimientos observados en las zonas rocosas presentan movimientos sísmicos, en algunos casos apreciables, y claro es que no parece prudente en absoluto perforar un túnel sujeto a tan adversas condiciones.

Pero es que, además, si en el Canal de la Mancha puede dar lugar a algunos temores, que pueden ser conjurados, de filtraciones a través del túnel, con calados que, como se ve, tienen un valor relativamente pequeño, sin que exceda de 50 metros de carga, ya se comprende que esta posibilidad, siempre necesaria de ser apreciada, se agrava enormemente cuando las cargas de agua son del orden de 1 000 metros.

Este orden de consideraciones y, además, la escasa seguridad en la situación de los estratos a través del tiempo por la posibilidad de movimiento sísmicos, hace que de un modo no sólo prudente sino indispensable hayamos creído como imprescindible soslayar la solución de túnel, cayendo de una manera inexcusable en la única posibilidad con el puente.

Precisamente por este concepto de evitar rigidez absoluta entre uno y otro de los estribos de las márgenes es por lo que creemos indispensable que el puente no debe presentar rigidez total en su estructura y que la mejor, y casi pudiéramos decir única solución debe obtenerse empleando la flexibilidad que produce un puente colgado.

Aun siendo el Estrecho de Gibraltar una cortadura no muy amplia entre España y Africa, de todos modos no podría nunca pensarse en hacer un tramo único, pues no se conoce hasta el presente ni nadie podría dar el salto con la mínima situación de 14 kilómetros entre los puntos más próximos.

Hay que dividir, por tanto, en varios tramos, pero ya se comprende que si bien por el estudio geográfico

podría sugestionar hacer un puente entre las distancias mínimas de las márgenes, el hecho de conocer la complicada geología del fondo y la observación de ese cordón transversal que eleva el fondo en una zona no muy amplia, ha hecho, naturalmente, comprender que, aun alargando la longitud de la obra, sea indispensable seguir la zona natural de ese cordón elevado para conseguir calados máximos de 400 metros en

Ahora bien, aun siendo esta cifra de 400 metros la más favorable, no hay duda de que, de todos modos, es muy grande para el establecimiento de pilas, que son inexcusables, y, por consecuencia, debe ponerse la mayor atención en reducir éstas al mínimo posible, adoptando, para ello, luces muy grandes.

Con este criterio, considero como mejor solución para la formación de la estructura el empleo de tra-



Figura 8.ª

lugar de los 1 000 que, de modo sistemático, arroja la sonda en la mayor parte del recorrido.

Es esta la razón por la que se ha hecha el trazado del puente en la línea que dé para la parte central el calado máximo de 400 metros, aunque la longitud de la obra haya crecido hasta cerca de 25 kilómetros (figura 8.ª).

Considero, pues, que la solución única conveniente para cruzar el Estrecho de Gibraltar consiste en un puente para el que las pilas queden sustentadas sobre ese cordón transversal del Estrecho, en el cual pueden obtenerse los calados máximos de 400 metros en lugar de toda la repetición que hay en el Estrecho de las cifras de 1 000 metros,

mos colgados de grandes luces que reduzcan notablemente los apoyos.

A este efecto, y como la experiencia conseguida en el mundo no llega más que a la cifra comparable de 1 000 metros de luz como máximo, el primer proyecto por mí estudiado adoptó los tramos de 1 000 metros, para dar solución tranquilizadora de lo hasta ahora ensayado. Pero claro está que siendo la mejor tendencia conseguir grandes luces para suprimir en lo posible gran número de apoyos, era conveniente formularse la pregunta de cuál podía ser el límite atendible a tal objeto.

En un puente colgado no es solamente el efecto de las cargas verticales lo que impone limitación para



no hacer la luz demasiado extensa, sino lo que puede imponer restricciones es el régimen transversal de cargas horizontales o inclinadas impuesto por el empuje del viento, que es precisamente lo que ha dado al traste con algunas obras importantes en épocas no muy lejanas.

para composición de los tramos del puente en su totalidad, pero tampoco repugna la idea de que pudieran ser estos tramos solamente en la parte central de mayor calado, con arreglo al perfil perfectamente estudiado, rebajando a 1 000 metros los otros restantes (fig. 9.<sup>a</sup>).

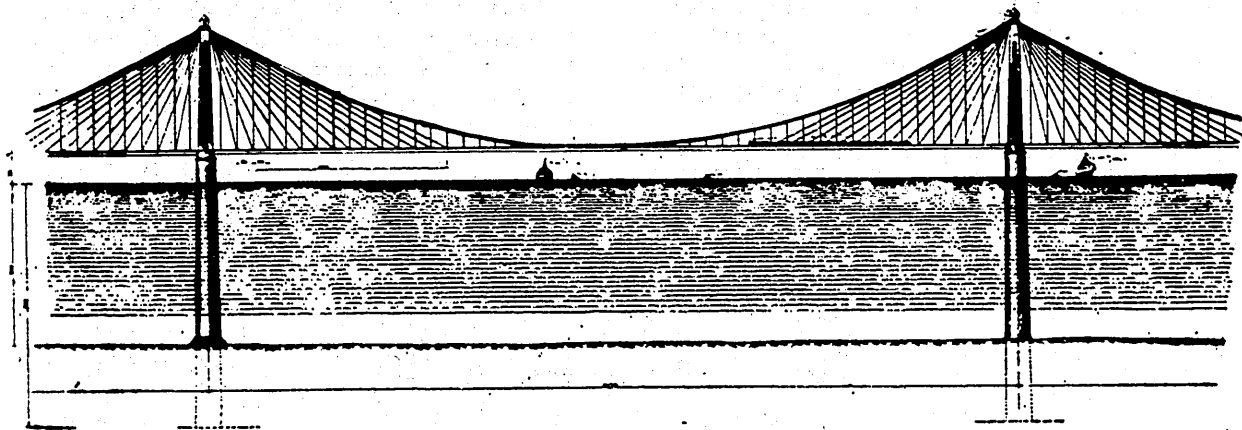


Figura 9.<sup>a</sup>

Haciendo el cálculo racional del puente a tan complejos efectos, y dada la naturaleza de los materiales existentes, hemos hecho el planteo de situación elástica de la estructura, buscando el mayor valor que a tal efecto pudiéramos encontrar para extensión de la luz.

La composición corriente de los puentes colgados ya se sabe que está formada por las catenarias principales y las péndolas de sujeción del tablero, pero ya desde el principio, al hacer el proyecto primero de estas soluciones, he considerado indispensable el empleo de tirantes inclinados que hagan la sujeción

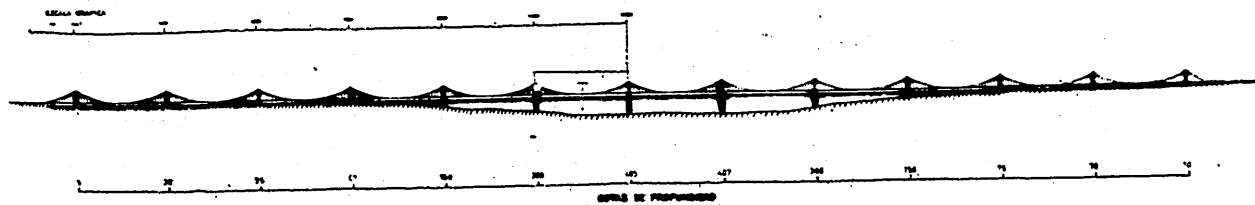


Figura 10.

Con los coeficientes que pueden adoptarse sin salir fuera de los límites de resistencia mecánica intrínseca, hemos podido llegar al convencimiento de que podría alcanzarse a considerar la posibilidad de adoptar hasta 3 000 metros la luz admisible, pero realmente es un límite de orden superior que no convendría en modo alguno alcanzar, cuando no existen ni fracción aproximada de tal cifra en las experiencias actuales. Creemos posible adoptar la cifra de 2 000 metros para luz a conseguir en estos tramos colgados, pero siendo ya condiciones bien extraordinarias cuando se tiene en cuenta el examen de la resistencia transversal.

En el alzado que representamos en la figura 10 está hecho el desarrollo a esta cifra de 2 000 metros

de los tramos para los efectos transversales, y esa es la causa por la que las líneas de composición están dibujadas en la forma que se presenta.

No hemos de insistir más sobre el proceso de cimentación que adoptamos para este proyecto, pues bien detalladamente lo hicimos en las conferencias que específicamente dedicamos al objeto, pero es de advertir que, en rigor, esta es la novedad y el motivo fundamental en que se inspira nuestro proyecto.

Evidentemente, la formación de las pilas para apoyo de los tramos es la parte más difícil que tiene el proyecto de Gibraltar, y, en rigor, es una dificultad que no creemos se haya presentado de un modo tan visible en ninguna de las grandes obras actualmente realizadas en el mundo, porque el hecho de

tener que llegar a cimentar sobre un terreno que en sus líneas generales tiene 1 000 metros de carga de agua es un caso singular que se presenta pocas veces, y que tiene, más que dificultad, una imposibilidad de orden físico.

En el estudio detenido del Estrecho de Gibraltar hemos podido elegir no la línea geodésica de mínima distancia porque tenía esos inmensos calados, pero después de hacer un reconocimiento detallado del fondo he podido llegar a considerar una especie de cor-

manentes que presenta esta zona, hacen, a nuestro juicio, mucho más favorable la adopción del puente que la del posible túnel, en el que, como es natural, una falla geológica podría dar al traste con la estabilidad del enlace.

El estudio que hicimos desde el principio en que consideramos este problema para poder cimentar a tales profundidades fué el motivo que impulsó a idear un proceso de cimentación realmente nuevo, porque no podían adoptarse ninguno de los métodos hasta

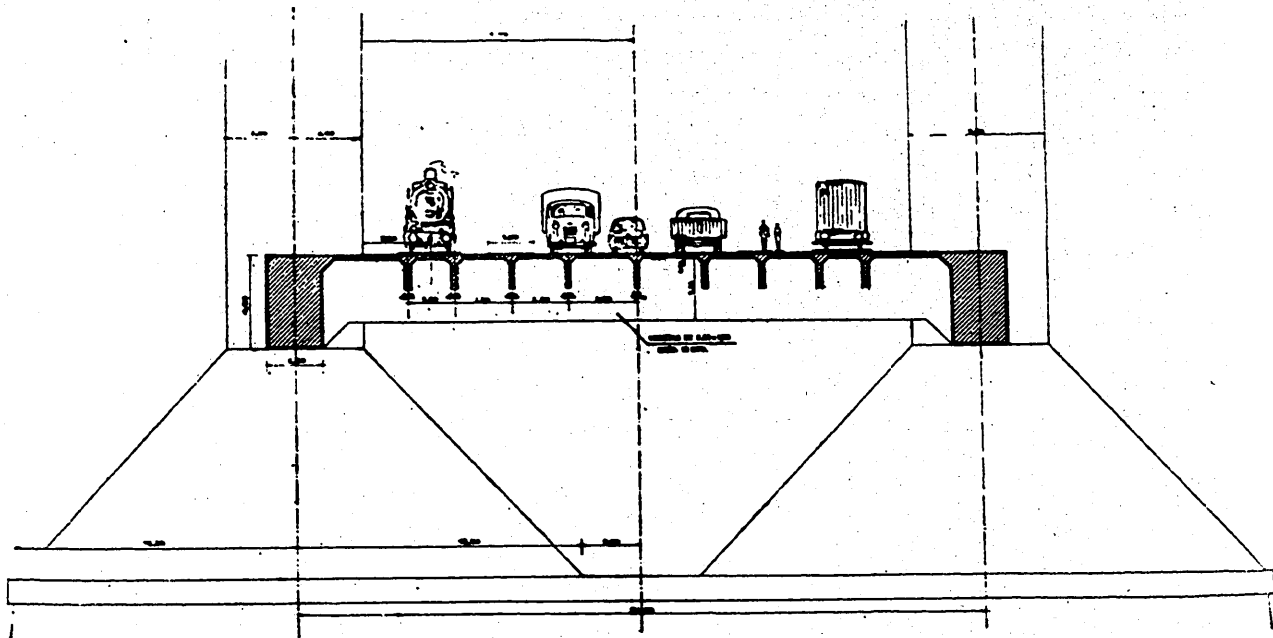


Figura 11.

dón geológico que une la margen de Africa con la de España, con una distancia de sólo 24 kilómetros, que no es muy superior de la mínima que tiene el Estrecho.

En esa zona, por tanto, en la que encontramos calados máximos de 400 metros, hemos señalado como ubicación más favorable la situación del puente.

Bien se ve que la cifra de 400 metros de carga hidráulica es enormemente grande en relación con las que se tienen en las obras normales del mar, pero aun así la consideramos como favorable dadas las excepcionales circunstancias que reúne este Estrecho, de condiciones muy adversas para cualquier obra pública que en él pretenda realizarse.

Y ya se aprecia cómo el puente para el Estrecho de Gibraltar entraña dificultades muy superiores a las que tiene el Canal de la Mancha, pero, además, el reconocimiento de su gea y de las condiciones físicas permite asegurar que, aun así, el puente es lo más favorable, pues el miedo que pueden proporcionar los movimientos, ya sísmicos o de otro modo per-

ahora en técnica acreditada para las obras marítimas.

Consistía, en esencia, en formar las pilas huecas, construídas en un lugar abrigado que podría muy bien ser la gran bahía de Algeciras, en la que pueden obtenerse calados muy variados hasta llegar en el extremo a cifra superior a la que el cajón que constituía la pila iba a tener, y esta pila hueca, siempre flotante en esta dársena, habría de trasladarse en flotación por remolque, aprovechando, como es natural, la existencia de calados mayores hasta el sitio próximo al de tener la ubicación formal.

Ahora bien, para tener la situación de empleo en obra, después de volver a pensar sobre el asunto, he creído indispensable, aunque en conferencias anteriores no indicaba nada a tal efecto, que la forma más viable y práctica de hacerlo es la de haber instalado previamente, en sitio que marcamos en el plano que proyectamos (fig. 8.<sup>a</sup>), cuatro pilares o especie de islas auxiliares (construídas previamente de modo análogo), que sirven de base para que al llegar la pila flotante a su proximidad fuera guiada por esas cuatro

boyas por medio de cables atirantados hasta la posición que habría de tener en planteo, muy próximamente.

Y entonces es cuando podría realizarse la operación que previamente detallamos en otras conferencias anteriores, de hacer un recinto de sacos de hormigón alrededor de ellas (siempre flotantes) para asegurar su posición y hacer un cerramiento lateral, aprovechando el espacio que queda entre esa ataguía formada por sacos, el fondo del mar y como techo el fondo de la pila con su anillo cortante, para que a través de los huecos dejados en la pila se inyecte por ellos mortero de cemento que rellene ese hueco y sirva de asiento a la pila en cuestión, siempre flotando todavía, pero que ubicada en su posición permita por inyección de cargas de agua en los espacios interiores formar un asentado, hasta que, solidificada la ataguía de hormigón que se ha inyectado, se tenga la base de sustentación de un modo perfecto.

Este proceso, realmente original, es el que nos ha servido de base para hacer el proyecto y para ver la única forma que, a nuestro juicio, es posible para llegar a conseguir una cimentación realmente extraordinaria y difícil, pero utilizando, además, como ventaja, la de ser todo obra a realizar al aire libre y sin máquinas especiales. La composición de la estructura en sección transversal es la indicada en la figura II.

\* \* \*

Y no podríamos terminar este estudio sintético del proyecto de puente sin que realmente indicáramos también la parte crematística a que puede dar lugar.

Por el conjunto de las obras que hemos reseñado se puede apreciar la ventaja enorme de que con ese proceso no se ha utilizado un método que pueda dar origen a discusión respecto a su empleo, sin que, por el contrario, todas las unidades de obra que han de realizarse, si se prescinde únicamente de esas boyas de colocación, son solamente elementos que han de quedar en obra y que, por tanto, no han de dar lugar a quebrantos en el presupuesto de construcción.

Tomando como base las obras a realizar en esta forma y los elementos que hay que disponer para ello, hemos llegado a la estimación de que, con pre-

cios superiores a los que actualmente están en uso en las obras marítimas, el presupuesto tendría un valor total de 8 000 millones de pesetas, cantidad que, aunque muy crecida, no tiene nada de desorbitada dada la importancia que el trabajo tiene y la inmensa utilidad que reporta la unión de dos continentes y que, por otra parte, no es cifra que pueda asombrar en la época presente, cuando en los planes actualmente en ejecución en España se manejan cantidades que son comparables y aun superiores, en obras todas ellas de mucha menor importancia.

Esta cifra está en armonía y resulta moderada en relación con las que hemos indicado anteriormente, y que han sido, por decirlo así, aceptadas en los estudios que se han hecho para lo del Canal de la Mancha, teniendo en cuenta que viene a ser, próximamente, una tercera parte del presupuesto que habría que aceptar para la Mancha con sólo la comunicación de ferrocarril, mientras tanto que en el proyecto pensado por nosotros se refiere a un puente que habría de tener comunicación de ferrocarril eléctrico y, además, carretera con vehículos ordinarios, todos ellos funcionando al aire libre.

Salta a la vista que siendo el tráfico actual entre España y Africa muy pequeño en relación con el gran tráfico que ya actualmente se tiene en la Mancha, es muy difícil y hasta casi puede parecer imposible, hacer una financiación a tal objeto, pues, evidentemente, no era fácil conseguir, ni aun con el tiempo, que la cifra marcada para el presupuesto fuera compensada por la rentabilidad de explotación para una empresa que se formara al efecto.

Pero hay que tener en cuenta que una gran parte las obras públicas no son rentables y, sin embargo, es indispensable hacerlas, por las ventajas que presentan y el beneficio indirecto que proporcionan: y al efecto puede verse lo que ocurre en general en la mayor parte de las obras de realización de carreteras y ferrocarriles en todos los países.

Prueba de ello es el déficit que ordinariamente se presenta en las empresas ferroviarias y en otras de interés general, que viven, en casi todos los países, por la aportación y subvenciones que el Estado proporciona, pero cuyos beneficios reflejos son enormes.