

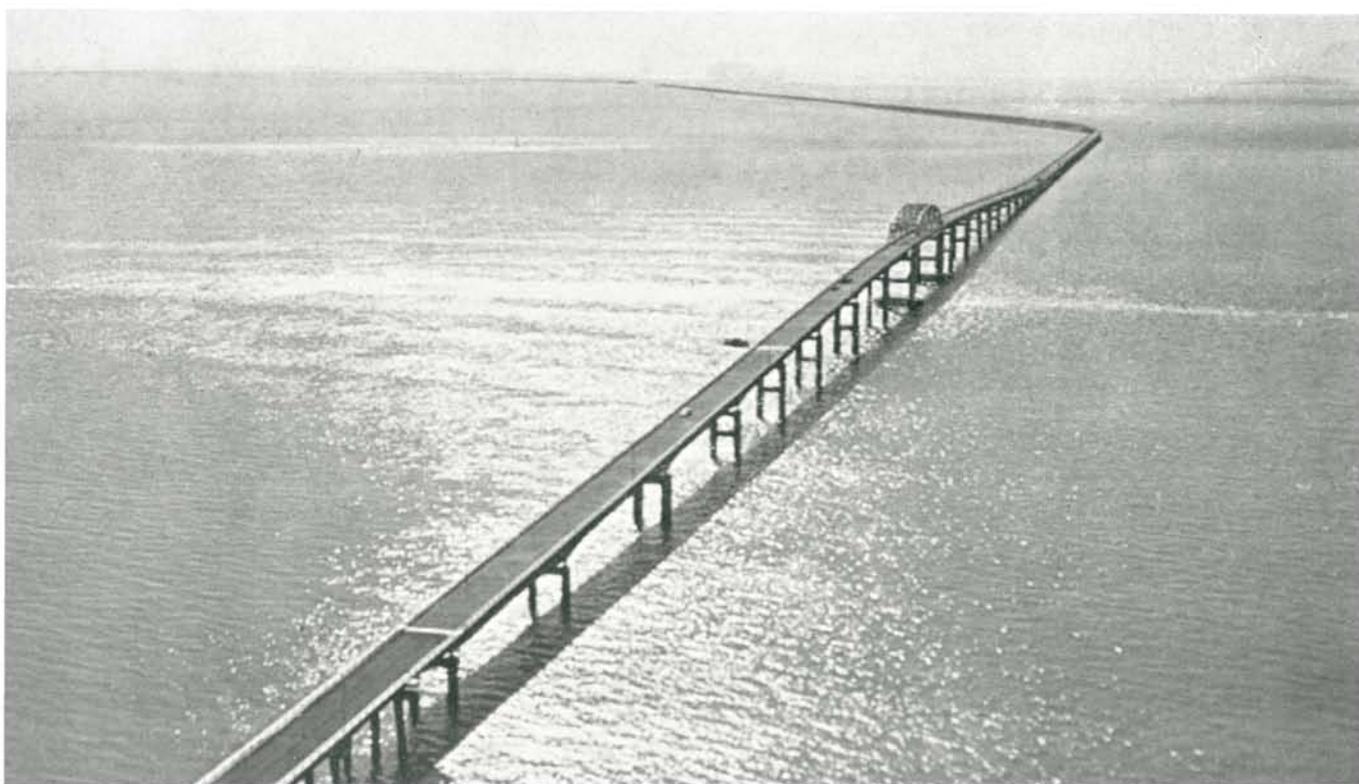
# puente-túnel de la Bahía de Chesapeake U.S.A.

SVERDRUP y PARCEL

## sinopsis

575 - 7

El conjunto se compone de 20 km de paso superior, dos túneles de 1.500 m, dos puentes propiamente dichos, cuatro islas artificiales, 2.000 m de carretera sobre diques y aproximadamente 9 km de caminos de acceso. La obra tiene una longitud total de 26 km y la anchura de la calzada es de 8,50 m. Los soportes del paso superior están constituidos por palizadas de tres pilotes, cilíndricos, de hormigón armado, arriostros con un cabezal. Los dos túneles se prefabricaron por trozos, en taller, los cuales fueron transportados por medio de pontones, colocados en el fondo de una trinchera previamente dragada y, finalmente, selladas las juntas y abiertos los diafragmas que originalmente cerraban los extremos de cada trozo, antes del hundimiento en su posición definitiva. La obra es de indudable interés por su variedad, volumen y longitud y por las dificultades que entraña el realizar trabajos marítimos en aguas relativamente profundas.



1

## Introducción

Impresionado por un artículo aparecido en el número de abril de 1964, del «National Geographic Magazine», el traductor de esta nota realizó un viaje a Estados Unidos y Canadá, para asistir al Congreso de Urbanismo Subterráneo y visitar al puente-túnel de la bahía de Chesapeake.

Con la información reunida durante el viaje, y los datos aparecidos en las revistas técnicas, pensaba preparar un artículo sobre esta magnífica obra, pero, después de varios intentos de recopilación, llegó a la conclusión de que la nota publicada por la Oficina de Información de la Comisión del puente-túnel sobre la bahía de Chesapeake era una descripción clara y ordenada de la obra y de su proceso de ejecución, y que serviría mejor su propósito de información el traducirla que redactar un nuevo artículo.

63

Se han considerado tan interesantes las fotografías tomadas, durante la construcción del puente, por David S. Boyer y publicadas por el «National Geographic Magazine», que las hemos reproducido.

También se incluyen algunas fotografías de la obra terminada, tomadas por el traductor.

## **Generalidades**

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, teniendo en cuenta los diversos y difíciles problemas que ha sido necesario resolver para construir este gigantesco viaducto que cruza un brazo del Océano Atlántico, ha seleccionado al puente-túnel de Chesapeake como una de las siete maravillas del mundo moderno (fig. 1).

La elección de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles se basó en las características extraordinarias de ingeniería, de utilidad y de servicio de siete grandes obras. El puente-túnel de Chesapeake, con una longitud total de 26 km, constituye una calzada de dos carriles entre el Cabo Carlos en la costa oriental de Virginia, y la zona de Norfolk-Virginia Beach, y está formado por un conjunto de viaductos, puentes, islas artificiales y túneles.

El puente-túnel cierra el último vano en la carretera N.-S. que corre a lo largo del Atlántico y acorta en 90 minutos el recorrido, entre la New-Jersey-Turnpike y Jacksonville Fla.

Siendo una obra demasiado grande para ser construida por un solo contratista, el puente-túnel es el resultado de los esfuerzos combinados de varias empresas de ingeniería y construcción.

La Sociedad propietaria es la «Comisión para el puente-túnel de la bahía de Chesapeake», y fue proyectado por Sverdrup y Parcel, de San Luis, Missouri, que también llevó la dirección de las obras.

El contratista principal fue un grupo asociado formado por una sociedad local, TCC de Norfolk, Tidewater Construction Corporation, Raymond International, Peter Kiewit Sons', y Merritt-Chapman & Scott Corp.

La División Americana de puentes de U. S. Steel hizo el proyecto y construyó los puentes metálicos situados en los extremos del viaducto.

Aunque cada una de las obras que componen el conjunto no es excepcional en cuanto a longitud o tamaño, la obra total es importante por el número de diferentes tipos de estructuras incluidas en un solo conjunto, y el hecho de que la construcción se llevara a cabo en condiciones muy duras debido a los huracanes y fuertes vientos del NE. de la bahía de Chesapeake y al muy variable humor del Océano Atlántico.

El puente-túnel de Chesapeake está compuesto por 20 km de viaducto, constituido por tramos rectos, de hormigón, de baja altura, dos túneles de 1.500 m, dos puentes metálicos, cuatro islas artificiales, 2.000 m de carretera sobre terraplén, y, aproximadamente, 9 km de vías de acceso.

La anchura de calzada en la mayor parte de la obra es de 8,50 m, con espacio suficiente para aparcar un vehículo junto al bordillo.

## **Tramos rectos**

El puente-túnel está formado en su mayor parte por un conjunto de tramos rectos independientes, construidos sobre una profundidad media de agua de 6 a 9 m, en las zonas donde no existen canales de navegación.

La calzada sobre esta estructura está situada a nivel y a una cota sobre la baja mar media de 9 m, para permitir el paso de pequeñas embarcaciones y mantener la plataforma por encima del nivel de las olas (fig. 2).

Esta parte de la obra consiste en 858 tramos rectos, prefabricados, de hormigón pretensado, de 22,8 m de luz, apoyados sobre dinteles, prefabricados, soportados por columnas cilíndricas huecas, de hormigón pretensado y prefabricado, con un diámetro de 1,37 metros.

Las columnas huecas, con espesor de pared 12,7 cm, se rellenaron con arena para absorber los posibles choques de pequeñas embarcaciones o hielos flotantes que en algunos inviernos aparecen en esta zona de la bahía de Chesapeake.

Dos consideraciones fundamentales se tuvieron en cuenta al proyectar este viaducto: el número de elementos iguales, y la facilidad y ritmo de su fabricación y colocación.

Los diferentes tramos fueron prefabricados por el sistema de línea de montaje, en una planta especial construida por la empresa Bayshore Concrete Products, en Cabo Carlos, Virginia, con un coste aproximado de 3,5 millones de dólares.



**2**



**3**

Los tramos fueron proyectados como vanos simples, prefabricados en cuatro elementos independientes, de sección en doble T, cosidos y unidos transversalmente, por medio de cables postesados, en los extremos y en dos puntos intermedios del vano, después de su colocación.

Se fabricaron también tramos en curva y se incluyó un peraltado con transición para la sección transversal de la calzada (fig. 3).

Las vigas en T fueron armadas con cables rectos, de 7 alambres, sin utilizar vaina. Cada cable fue pretesado a  $12.300 \text{ kg/cm}^2$ .

En todas las estructuras de hormigón se proyectó un recubrimiento adicional de la armadura para proteger el acero contra posibles reacciones químicas de la superficie del hormigón, debido a su exposición al agua de mar.

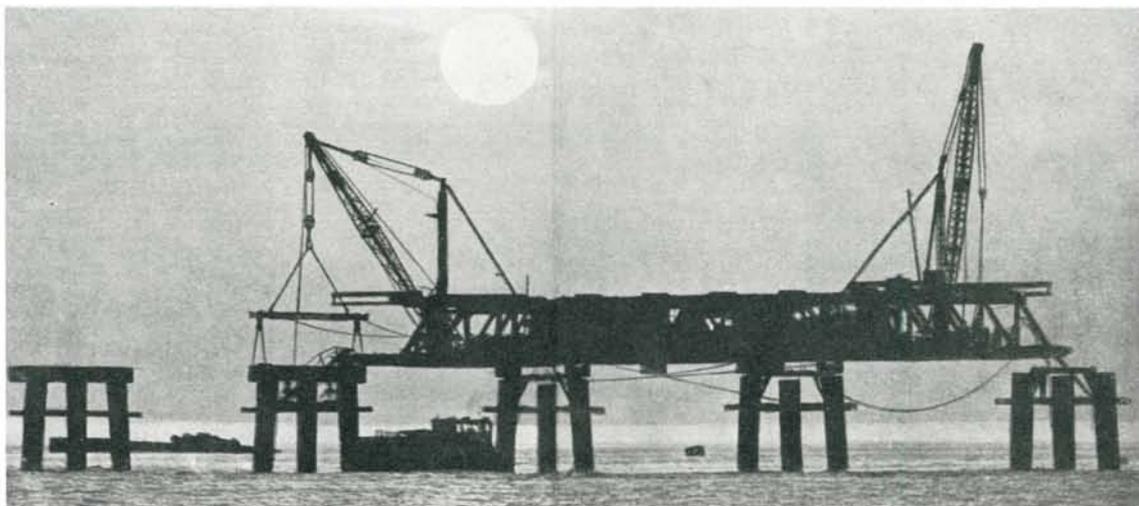
Todo el hormigón en los tramos rectos se proyectó para una compresión de  $350 \text{ kg/cm}^2$ .

Los dinteles fueron prefabricados dejando las armaduras vistas y preparadas para su conexión con los pilares o columnas.

Las columnas cilíndricas, de 137 cm de diámetro, pretensadas, se fabricaron en trozos de 1,2, 2,4, 3,6 y 4,8 m de largo (fig. 4).



**4**



**5**

Estos trozos se unieron después del curado por medio de cables de doce alambres, de 5 mm de diámetro, a través de cada uno de los dieciséis huecos dejados en la pared del tubo de 12,7 cm de espesor.

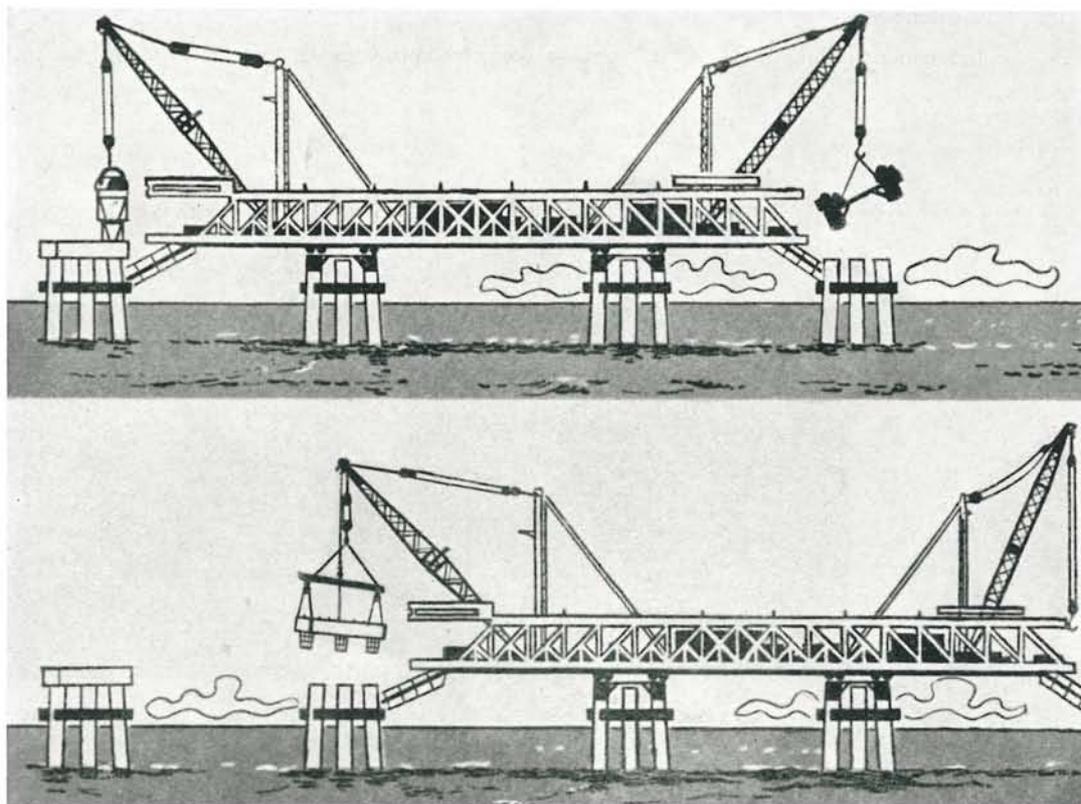
Los cables fueron tesados, por medio de gatos, a una media de 11.600 kg/cm<sup>2</sup>.

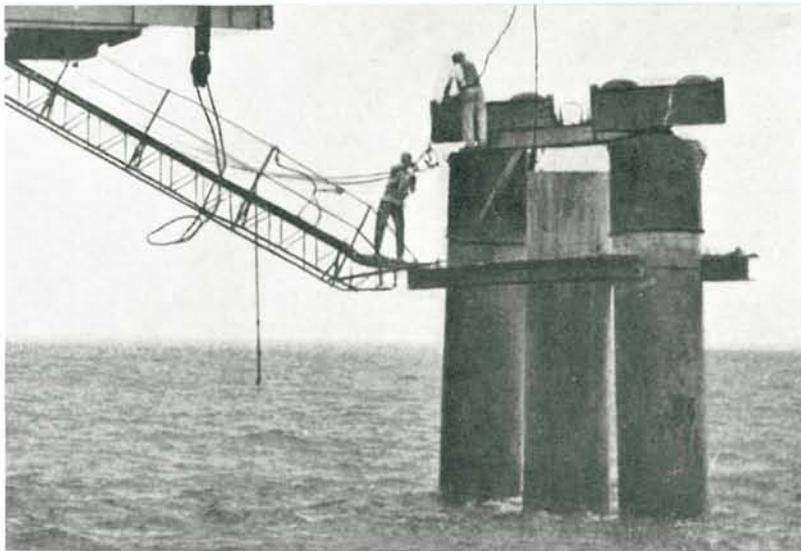
Posteriormente, se inyectó lechada en los huecos a una presión superior a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Para utilizar como sellado, se colocó un aglomerante de resina Epoxi uniendo las juntas entre los diferentes trozos. Las columnas o pilotes variaban en longitud entre 24,4 y 52,4 m y pesaban de 1.200 kg/m a 1.500 kg/m de longitud. En la obra se hicieron aproximadamente 2.600 pilotes de este tipo.

Estos pilotes, de 137 cm de diámetro, se hincaron por medio de una machina colocada sobre una barcaza especial conocida en la obra como la «Gran D». La barcaza tiene una eslora de 45,7 m y una manga de 21,4 metros.

**6**





**7**

Esta barcaza estaba soportada por cuatro patas de tubo de acero, de 30,5 m de longitud, que podían hacerla descender o elevarla sobre el fondo del mar por medio de gatos neumáticos de 500 t de capacidad. De esta manera, la plataforma estaba fija durante la operación de hincado del pilote.

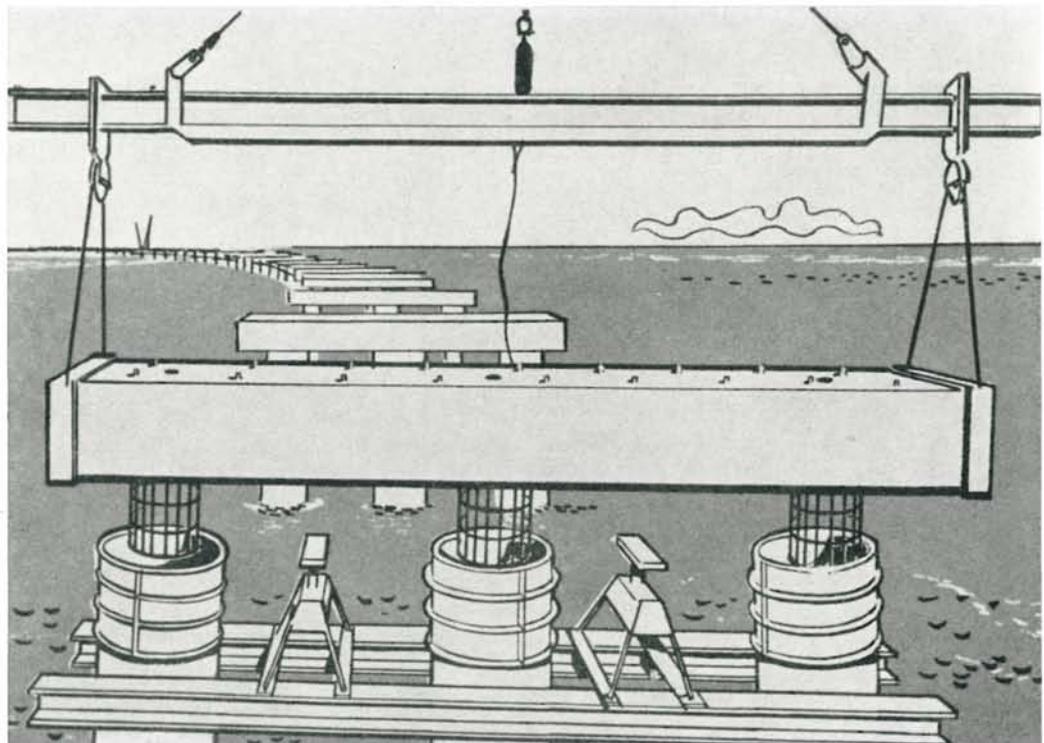
Los dinteles prefabricados que unen las cabezas de los pilares para formar una pila rígida se colocaron por medio de un tramo móvil, de 53,3 m de longitud, con una grúa derrick montada en cada extremo (figura 5).

El tramo era llamado «el monstruo de dos cabezas» y se movía hacia delante por medio de un conjunto de ruedas montadas sobre cabezales que se situaban temporalmente sobre los dos pilares extremos de

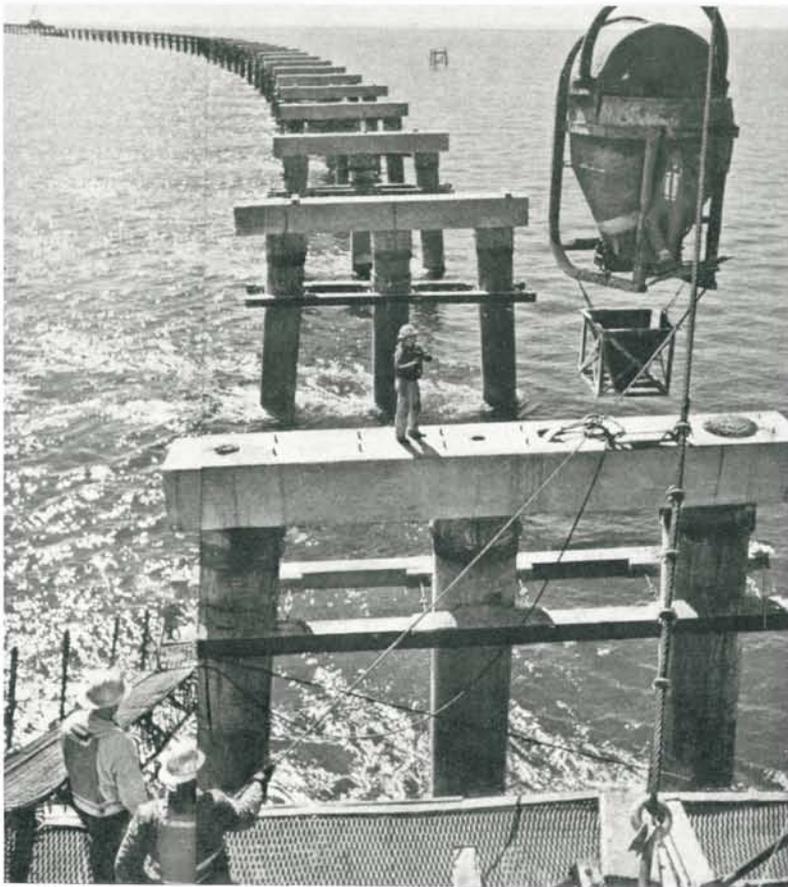
cada pila. Dos carriles de ferrocarril situados en la parte inferior del tramo deslizaban sobre el conjunto de ruedas, al mismo tiempo que el tramo adelantaba propulsado por dos winches situados sobre la cubierta (fig. 6).

La grúa derrick delantera soportaba la máquina utilizada para cortar los pilares a su cota exacta (fig. 7); y una vez que el dintel se colocaba en su posición definitiva, por medio de la derrick trasera (fig. 8), se hormigonaba la unión con los pilares a través de un agujero de 23 cm de diámetro situado sobre cada columna (figura 9).

Cada tramo de losa de doble T, con un peso aproximado de 65 t, se colocaba en posición sobre los dinteles por medio de otra grúa derrick, de 75 t de capacidad, propulsada por sí misma y montada sobre dos tramos metálicos de la misma luz que la distancia entre pilas, a los que la propia grúa movía sucesivamente (fig. 10).



**8**



9

Se determinó la longitud necesaria para los pilotes por medio de un perfil obtenido del fondo del mar, a través de 120 sondeos en puntos característicos a lo largo del eje de la obra, llegando en algunos hasta 100 m de profundidad.

Estos datos se complementaron mediante sondeos realizados con un aparato sonar, que permitieron la interpolación de otros puntos, definiendo las condiciones del fondo del mar para la longitud completa de la traza.

Todos los pilotes se hincaron hasta llegar a un terreno terciario perteneciente al mioceno.

La longitud media de los pilotes hincados fue de 33,5 m. El pilote más largo era de 52,4 m. Cada pilote de esta estructura fue proyectado para soportar una carga de 160 toneladas.

En puntos especiales, a lo largo del eje de la traza, se hincaron pilotes de prueba y se cargaron al doble de la capacidad de proyecto, con una carga estática de 320 t, formada por bloques de hormigón.

La carga de prueba se aplicó al pilote con un gato de 500 t, incrementándola de una manera progresiva; y la hinca se consideró satisfactoria, si el asiento total no era superior a 1/4 de pulgada después de 60 horas de carga.

Toda la superestructura, formada por tramos pretensados de sección doble T, fue colocada sobre placas de apoyo neopreno reforzadas con acero a fin de permitir la libre dilatación de los mismos.

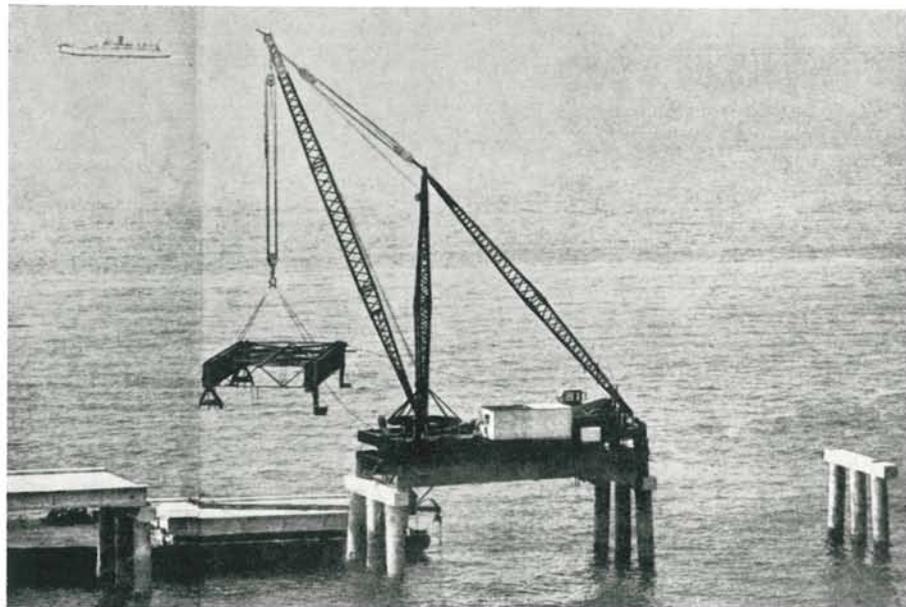
## Túneles

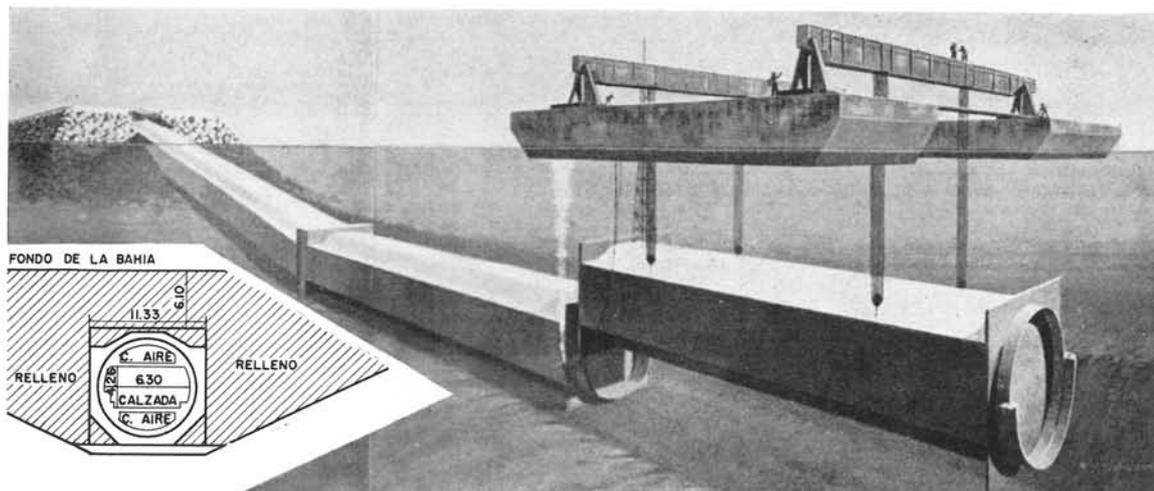
Los dos túneles del tipo trinchera que se construyeron bajo los dos canales de navegación, son idénticos en cuanto a sus detalles de construcción.

El túnel del «bajo del Dedal», con una longitud total entre boquillas de 1.750 m, tiene por objeto dejar un canal navegable de 762 m de ancho, con un calado mínimo de 12 metros, y una anchura de 580 m, con un calado mínimo de 15 metros.

El túnel del canal de Chesapeake, que tiene 1.661 m de largo, permite el paso de un canal navegable de 700 m de ancho, con una profundidad mínima de 12 metros, y un canal de 518 m de anchura, con una profundidad mínima de 15 metros.

La máxima pendiente en los túneles es del 4 por 100.





11

La anchura de calzada es de 7,30 m, además de una acera de 76 cm en un lado. La altura libre sobre la calzada es de 4 metros.

La estructura del túnel está constituida por tramos compuestos, prefabricados, de hormigón armado y acero, de 11,30 m de diámetro y aproximadamente de 90 m de longitud (fig. 11).

Estos tramos se colocaron in situ sobre una trinchera, preparada y cubierta con material escogido de relleno de 3 m de espesor como mínimo.

La sección metálica del tubo consiste en un cilindro, de 10,7 m de diámetro, situado en el interior de una sección cuadrada de 11,33 metros de lado.

Los dos tubos, cuadrado y circular, forman el encofrado de la sección de hormigón armado situado en el interior.

El conjunto, formado por los dos tubos de acero y la armadura correspondiente al hormigón interior, se construyó en Orange, Tejas, y fue remolcado unos 2.700 km hasta el Astillero en Norfolk-Virginia, donde se terminaron las secciones.

En este lugar se hormigonó el anillo interior de 60 cm de espesor y la losa de hormigón de la calzada, así como se impermeabilizaron las dos bocas de la sección de tubo para su transporte marítimo y hundimiento.

Antes de remolcarlo a su lugar de emplazamiento se llenaron de hormigón, como lastre, los espacios reservados entre los dos tubos de acero para reducir el franco bordo del tramo hasta 15 cm aproximadamente.

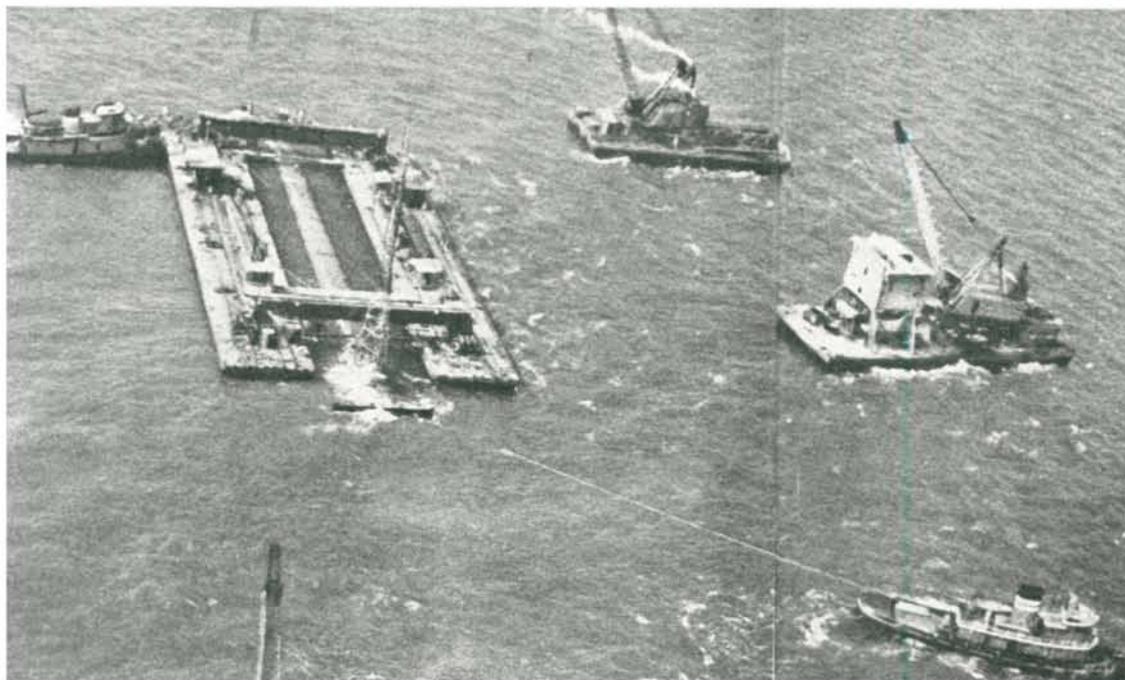
El tramo se remolcó hasta el emplazamiento de la obra para hundirlo en su posición definitiva (fig. 12).

Antes de hundirlo se había dragado una trinchera en el fondo, dándole la forma apropiada con relación a la pendiente del túnel y alineación, mediante la colocación de una capa de gravilla de 60 cm de espesor, terminándola y nivelándola por medio de una enorme hoja de bulldozer que se movía a lo largo de la superficie de esta cimentación. La cama de cimentación para el tubo se terminó con margen de tolerancia de 3 cm, aproximadamente, en algunas zonas a una profundidad de 30 m debajo del nivel del mar.

En el astillero, el tramo se colocó entre dos barcasas unidas por dos fuertes vigas metálicas provistas de poleas y cables para hacerlo descender hasta el fondo de la trinchera preparada.

Entonces se le añadió un lastre de hormigón adicional, rellenando los recintos exteriores dispuestos con este fin para darle una flotación negativa de 250 t aproximadamente.

El tramo se colocó en posición siguiendo las instrucciones de buzos, que trabajaban a ambos lados del mismo y en el extremo donde debía hacerse la conexión con el tramo anterior.



**12**

**13**

Esta operación se efectuó en una época escogida del año, a fin de trabajar con un mínimo de corrientes submarinas actuando sobre el tubo.

La conexión entre tramos se hizo de la siguiente manera: un pitón de 17,7 centímetros de diámetro, unido al tramo flotante, fue introducido dentro de la hembra, de acero fundido, unida al tramo inmediato ya colocado en el fondo de la trinchera (fig. 13); además, el tramo colocado lleva una semihembra de chapa en su mitad inferior de manera que el extremo del tramo que se coloca descansa sobre ella.

El tramo a colocar lleva la otra semihembra situada en su mitad superior y queda apoyada sobre el ya colocado. De esta manera, los tramos se unen con un solape completo.

Una vez el tramo en su posición exacta en la trinchera se rellenaron, con hormigón sumergido, los restantes recintos exteriores, a lo largo de sus dos lados, para darle una flotación negativa adicional de 300 toneladas.

Después de esto, la junta interior entre tramos se selló soldando las dos semihembras y completando el anillo interior de hormigón armado hasta hacer todas las uniones continuas.



Cuando estaba colocado el tramo y unido en su posición definitiva, se vertía un recubrimiento de arena, a lo largo del túnel, con una altura mínima de 3 m sobre la cara superior del mismo, para asegurar su estabilidad y protección. En cada uno de los dos túneles se colocaron 37 tramos.

Una vez que los tramos estaban ya unidos, los tabiques que cerraban sus bocas se cortaron progresivamente desde un extremo del túnel (fig. 14), y el interior del mismo se terminó con pavimentos, azulejos, alumbrado y demás detalles (figs. 15 y 16).

La ventilación se llevó a cabo mediante un sistema de distribución transversal que suministra aire fresco, uniformemente a lo largo de toda la longitud del túnel, por medio de un conducto situado bajo la calzada. El aire viciado se aspira por medio de un conducto situado encima del cielo raso.

El alumbrado del túnel se hace por medio de dos líneas continuas de tubos fluorescentes con intensidad variable por zonas, con objeto de facilitar la adaptación de la vista a los conductores de vehículos, cuando pasen de la luz del día a la luz artificial.

### **Islas artificiales**

Los extremos de los túneles van anclados en islas artificiales cimentadas a una profundidad de 11 a 14 metros.

Estas islas suministran una transición desde el viaducto continuo a los túneles (fig. 17).

Cada una de las cuatro islas de la obra tiene aproximadamente 457 m de longitud y 70 m de ancho en la parte superior, donde llega a una superficie total de 3,20 Ha, con un coste de 5 millones de dólares.

La parte superior de la isla se halla aproximadamente a 9 m por encima de la B. M. V. E.

Sobre cada isla está situado un edificio, con la central de ventilación para los túneles y el garaje para un camión remolque a utilizar en caso de accidentes (figura 18).

Las islas fueron proyectadas para resistir fuertes huracanes, con una velocidad del viento de 169 kilómetros por hora.

En tanque experimental se hicieron ensayos, con modelos a escala, que resistieron huracanes con velocidades de viento de 217 km/hora.

Las islas se construyeron colocando relleno no arcilloso en el fondo de la bahía hasta una cota de 5 m por debajo de la B. M. V. E.

Posteriormente, se colocó un dique de grava, de 3 m de altura, con un tamaño de piedra, variable de 19 a 15 mm, alrededor del perímetro hasta una cota de 5 m, de acuerdo con la forma propuesta para la isla terminada.

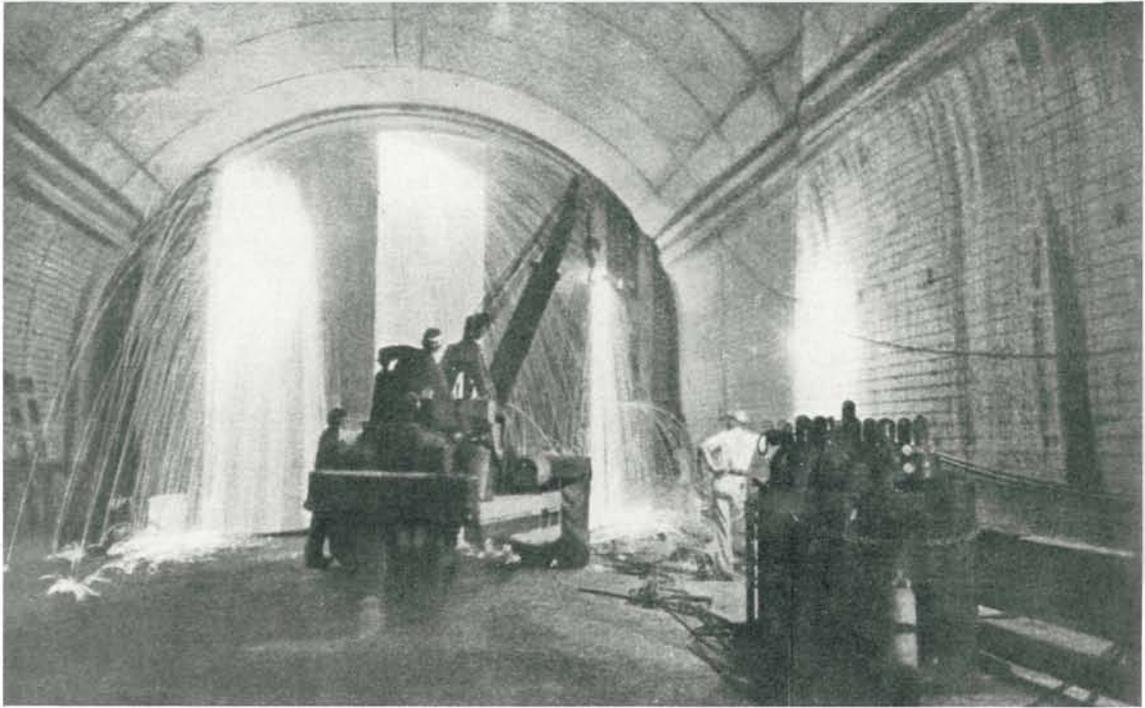
El recinto creado por este dique se rellenó luego con arena hasta formar la segunda capa de la isla.

Después se colocó una capa, de 1,2 m de espesor, formada por escollera, de peso comprendido entre 227 y 91 kg, por la parte exterior del dique ya construido, y se protegió con una capa, de 1,5 m de espesor, de escollera con cantos de peso superior a 10 toneladas.

Esta última capa, con cantos que llegaban a las 25 t, actúa como una coraza protectora de la isla terminada.

El proceso de construcción del recinto, la colocación del relleno y de los otros mantos de escollera se repitió hasta que la isla alcanzó su cota final de 9 m por encima de la B. M. V. E. (fig. 19).

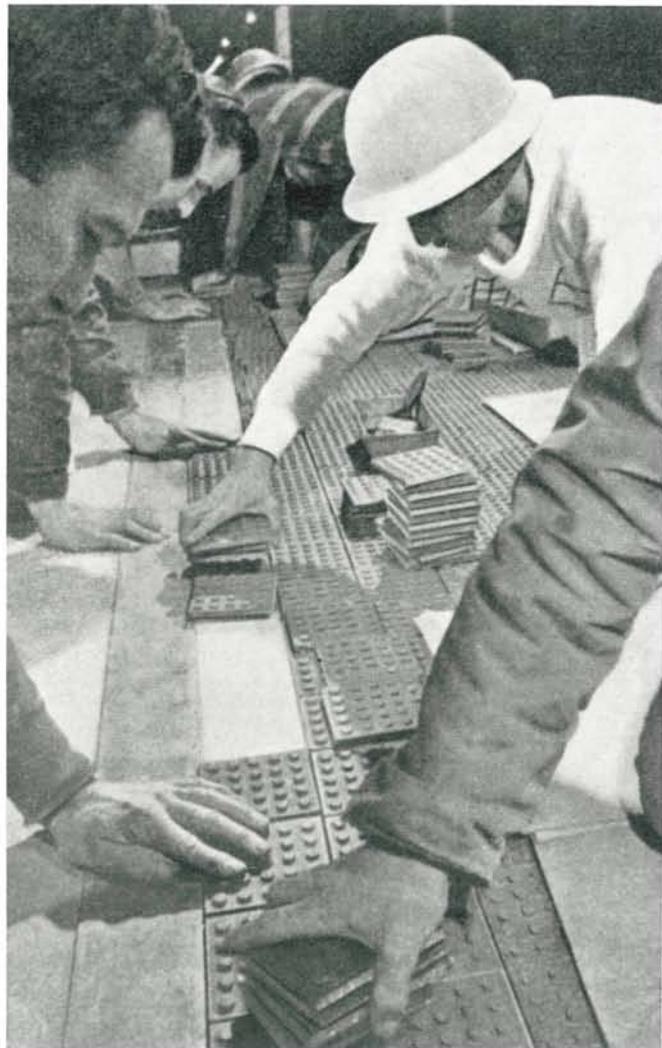
Sobre la isla terminada, los mantos de escollera se extienden desde 6 m bajo el nivel de la baja mar hasta 6 m por encima, y la experiencia obtenida, después de varios temporales, ha demostrado que esta protección es suficiente.



**14**

**16**

Desde la cota + 5,00 m a la cota + 8,5 m se construyó un muro de hormigón con un botaaguas alrededor de todo el perímetro de la isla, con objeto de protegerla contra la posibilidad de que las olas saltaran por encima.



**15**





**17**



**18**

### **Puentes sobre el Canal Norte**

La longitud total de este puente es de 1.158 m, dando lugar a un canal de navegación de 91 m de anchura, con una luz libre de 23 m por encima de la B. M. V. E. para el paso de los barcos de pesca locales.

Las pendientes máximas son del 3 %.

El tramo principal del puente está formado por un vano en celosía, y los de aproximación están compuestos por dos tramos continuos, de cuatro vanos, formados por vigas de acero roblonadas con una calzada de hormigón armado.

El puente se encuentra en una zona en que el calado llega a 18 m y donde hay muchas variaciones en el fondo de la bahía, debido a varios canales existentes.

Las pilas consisten en cajones metálicos rellenos con hormigón sumergido desde 1,5 m bajo el nivel del mar hasta el fondo de la bahía, donde están cimentadas sobre pilotes de acero (doble T de 356 mm) y de 40 m de longitud, hincados en el fondo hasta una capacidad de carga de 80 t cada uno.

Los cajones se construyeron sin recintos tablestacados.

Esto se consiguió excavando hasta una cota ligeramente inferior al fondo teórico de la pila. Sobre este foso se colocó una plantilla prefabricada, soportada sobre pilotes provisionales de madera y situándola en el lugar exacto de emplazamiento de la pila.

Los pilotes metálicos (doble T de 356 mm) se hincaron hasta que adquirieron la capacidad de carga necesaria, a través de los huecos que habían sido previstos en la plantilla, dejando una longitud de 3 m de pilote por encima de la cara superior de la misma.

Una vez que los pilotes fueron hincados se colocó el cajón de acero con todas las armaduras ya preparadas y soldadas en su interior, y se unió a la cara superior de la plantilla en la posición exacta de la pila.

**19**



En ese momento las aberturas en la plantilla de hormigón, a través de las cuales se habían hincado los pilotes, se cerraron con chapas de acero por medio de un buzo, y luego el cajón metálico se relleno con hormigón sumergido.

Cuando se llegó con la pila a la superficie del agua, el resto de la estructura por encima de dicho nivel se terminó por procedimientos normales de construcción.

### **Puente de la Boca del Pescador**

El puente de la Boca del Pescador, situado sobre uno de los canales dragados, tiene una longitud total de 140 m. La zona central de la estructura está formada por un tramo recto, continuo, de tres vanos, formados por vigas de acero de alma llena soldadas y una losa de hormigón armado.

El vano central, de 53 m de luz, permite una luz libre de 33 m y 12 m de altura sobre la B. M. V. E.

Las pendientes de acceso son de un 3 % y están formadas por tramos rectos, de hormigón, igual a los de la mayor parte del viaducto.

El vano principal del puente está soportado sobre pilas formadas por pilotes cilíndricos de hormigón pretensado, de 137 cm de diámetro, unidos por medio de un encepado hormigonado in situ.

### **La calzada de la Isla del Pescador**

Entre el puente del Canal Norte y el puente de la Boca del Pescador, la calzada cruza la isla del Pescador por medio de un terraplén de 4,5 m de altura por encima de la B. M. media (fig. 20).

El pie de los taludes del terraplén se halla protegido de la acción de las olas y de la erosión, por medio de una capa de escollera.



**20**

## Servicios

Las casetas para el cobro del peaje están situadas en los dos extremos de la obra (fig. 21).

El edificio de administración y servicio de conservación se halla al N. de la obra, en la costa oriental de Virginia, al lado de Wise Point, en Cabo Carlos.

Todo el viaducto está iluminado de extremo a extremo por medio de lámparas de vapor de mercurio color corregido, de 400 W y 20.000 lúmenes, montadas sobre postes, de hormigón pretensado, situados a trespelillo a ambos lados de la calzada (fig. 22).



**21**

Se hizo un estudio de varios tipos de postes sometidos a fuertes velocidades de viento, y el resultado obtenido fue que los postes de hormigón pretensado resistieron mejor las vibraciones producidas por el viento y, por lo tanto, se redujo el número de fallos en las lámparas y el coste de conservación del alumbrado.

La obra incluye un sistema de luces de navegación y señales para el tráfico marítimo, de acuerdo con las normas americanas.

A intervalos de cada 800 m y a lo largo de toda la obra se han colocado teléfonos de emergencia.

Todo el sistema completo de conducciones eléctricas, incluyendo el alumbrado de túneles, luces de carretera y de navegación, así como los cables de teléfono, se llevó a lo largo de la obra por medio de unas bandejas de aluminio colocadas por el lado exterior de los tramos de hormigón del viaducto y de los puentes.

Este tipo de construcción da lugar a una instalación y conservación muy fácil.

*Adaptación de Miguel Poole, Dr. ingeniero de caminos.*



**22**

Fotos: DAVID S. BOYER

### **Passage routier à la baie de Chesapeake - Etats-Unis**

Sverdrup et Parcel

Cet ensemble comprend 20 km de passage surélevé, deux tunnels de 1.500 m, deux ponts proprement dits, quatre îles artificielles, une route de 2.000 m sur digues et environ 9 km de chemins d'accès. La longueur totale de l'ouvrage est de 26 km et la largeur de la chaussée est de 8 m 50.

Les supports du passage surélevé sont constitués par des palissades de trois pieux, cylindriques, en béton armé, contreventés par une traverse.

Les deux tunnels furent préfabriqués par tronçons en atelier, puis, une fois fermées les extrémités de chacun d'eux à l'aide de diaphragmes, ils furent transportés par pontons, placés au fond d'une tranchée préalablement drainée, sur leur emplacement définitif. Quand les joints furent scellés on rouvrit les diaphragmes.

Cet ouvrage est d'un intérêt incontestable pour sa variété, son volume et sa longueur et pour les difficultés que représente la réalisation des travaux maritimes dans des eaux relativement profondes.

---

### **Road across the Chesapeake Bay, U.S.A.**

Sverdrup and Parcel

The total project involves 20 km of road over shallow waters two tunnels, each 1,500 m long, two bridges, four artificial islands, 2,000 m of road over dykes, and approximately 9 km of approach roads. The total length of the work is 26 km, and the width of the pavement is 8.50 m.

The supports for the elevated road, over the bay water, consist of palisades of three cylindrical, reinforced concrete, piles, connected with a cross member.

The two underwater tunnels were prefabricated in sections, at the workshop, and were then transported in pontoons, and placed at the bottom of a trench, which had been previously dredged out. Finally the joints were sealed, and the diaphragms which initially closed the ends of each section were opened, when the structure was in its final position.

The project is undoubtedly interesting because of its variety, size and length, and also on account of the difficulties of undertaking the sea works in relatively deep waters.

---

### **Strassenbau ueber der Bucht von Chesapeake - U.S.A.**

Svredrup und Parcel

Der Komplex besteht aus 20 km von Oberbahn, zwei Tunnel von 1500 m, zwei Brücke, vier künstliche Inseln, 2000 m von Strassen auf Dämme und ungefähr 9 km von Zuganswege. Das Werk hat eine Gesamtlänge von 26 km und die Strassebreite 8,50 m. Die Stütze der Oberbahn bestehen aus Zäune von drei zylindrischen Stahlbetonpfähle mit einem Holm verstrebt.

Die zwei Tunnel wurden mit vorgefertigten Feldern gebaut, die durch Brückenkähne auf dem Boden einer vorher gebaggerten Baugrube befördert wurden und endlich die Fuge abgedicht und die Blende geöffnet, die die Ende jedes Feldes vor der Senkung in ihrer bestimmten Stellung schliessen.

Das Werk ist von grosser Interesse wegen seiner Mannigfaltigkeit, seines Volumens und seiner Länge und seiner Schwierigkeiten, die die Meearbeiten in tiefen Wasser einschliesst.