

PUESTA EN SERVICIO DE UNA GIGANTESCA BATERIA DE ESCLUSAS COMO "GRIFO" DE HOLANDA (*)

(EL HARINGVLIET PUEDE CERRARSE O ABRIRSE)

Con el cierre del brazo de mar Haringvliet, en septiembre de 1970, se ha alcanzado en Holanda uno de los más importantes vértices de la titánica obra llamada Plan del Delta, ya que la intención de este cierre primario es también de que sirva de "grifo maestro" en el futuro régimen de agua dulce holandés.

Ya anteriormente se ultimaron proyectos significantes en el margen de los trabajos del Delta como el cierre del lago de Veere, la construcción de la represa de Grevelingen y el formidable conjunto hidráulico en el estuario del Volkerak.

Hace casi trece años que un grupo unido de contratistas holandeses emprendió el levantamiento de un dique para rodear y cerrar un puerto-ista de trabajo, en medio de la desembocadura del Haringvliet. En esta hondonada, de 1 400 metros de longitud y 600 metros de anchura, se construyó, al vuelo de los años, una enorme batería de esclusas de desagüe, capaz de resistir, por un lado, en caso de temporal, el ataque de fuerzas hidráulicas de 220 000 Kg. por metro corriente y, por otro lado, dejar fluir por segundo 20 millones de litros de agua.

Panorámica de los trabajos del Delta (véase la carta).

Poco tiempo después de ocurrir en el país las gravísimas inundaciones de 1953, se instituyó la Comisión del Delta, que asumió el estudio de las medidas pertinentes para impedir la repetición de un tal siniestro en el futuro. Esta Comisión recomendó en definitiva el endicamiento de los grandes brazos de mar holandeses, salvo el Escalda occidental, que debía quedar abierto a la navegación marítima que se dirige a Amberes (Bélgica).

En el Plan del Delta conviene hacer una distinción entre las represas primarias, o cierres principales, y las represas secundarias, ubicadas más tierra adentro. La construcción de represas secundarias en los estuarios interinsulares que llevan por nombre Zankreek, Grevelingen y Volkerak, era necesaria para no despertar

corrientes harto rápidas en estas aguas por el cierre de los brazos de mar.

Cuando las obras del delta queden terminadas hacia 1978, no solamente se habrá aumentado la seguridad en el territorio detrás de los diques, sino que también se habrá acortado de 700 a 20 Km. la línea de defensa contra el mar.

Son de revelar las sustanciales ventajas marginales siguientes:

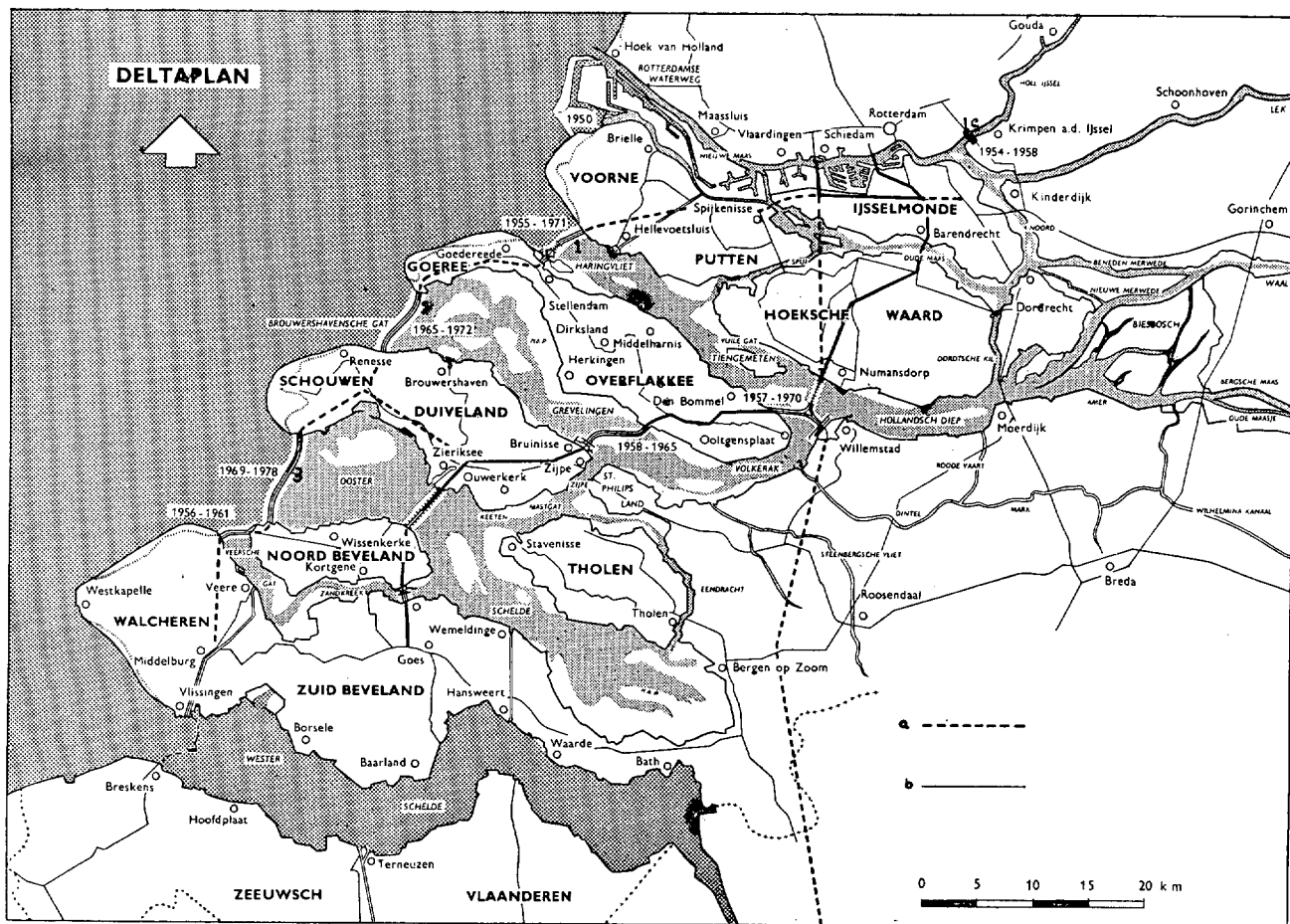
a) La creación de embalses de agua dulce, constituyendo un depósito de reserva para la agricultura en tiempos de sequía.

b) La posibilidad de un acertado control del régimen de agua dulce en Holanda y de rechazar el "límite salino", empujándolo hacia atrás a lo largo de Rotterdam.

c) La apertura de una zona isleña, que hasta la fecha tenía encauzados sus quehaceres principalmente dentro de la agricultura.

d) El nacimiento de un área para practicar el deporte náutico, que será la más vasta de Europa occidental.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de enero de 1971.



Panorama de los trabajos del Delta.—1. La represa y la batería de esclusas de desagüe en el Haringvliet. 2. El dique en el brazo de mar Brouwershavensche Gat, donde se están haciendo los preparativos necesarios para tapan los dos últimos brechas de cierre. 3. El dique de cierre en el Escalda Oriental, que verá su ultimación hacia 1978. Aquí se construyen ahora algunos puertos-islas de trabajo. a, Esquema de caminos nuevos. b, Caminos principales existentes. c, Represa móvil contra los temporales.

El cierre del Haringvliet.

La represa en el Haringvliet ha sido construida entre Voorne y Goeree, a 4,5 kilómetros aproximadamente al oeste de Hellevoetsluis, en el lugar donde el Haringvliet tiene una anchura de 4 500 metros. Aunque esta represa sea de las cuatro primarias, en cuanto a su longitud la tercera en orden de importancia, por los efectos de su construcción es más importante que las otras que forman el Plan del Delta: efectivamente, en ninguna otra represa el número de kilómetros de dique que viene a situarse dentro del cierre en la segunda línea de defensa (diques durmientes) protege tanto como la represa erigida en el Haringvliet.

Aparte de esto, esta represa, comparada con las otras, influye notoriamente en el régimen de agua dulce en una gran extensión del país, ya que, tan pronto como el cierre sea un hecho, puede impedir el derrame inútil de más o menos la mitad de las aguas del Rin y del Mosa.

Por el cierre de las esclusas de desagüe en el Haringvliet se hace subir el nivel de esta agua fluvial, resultando de ello que se obliga al caudal que va llegando a seguir un curso más hacia el norte a través de Rotterdam. Aquí el agua dulce puede ayudar también a repeler la sal, que ganaba terreno y avanzaba por las desembocaduras de los ríos, penetrando en ellas desde el canal, excavado siempre a mayor profundidad,

que da acceso a las dársenas del puerto de Rotterdam.

El mejor aprovechamiento del agua de los grandes ríos ha facilitado igualmente la puesta en servicio de tres represas en un afluente del Rin. De esto se ha beneficiado una parte de la navegación sobre el Rin, y se ha creado al mismo tiempo la posibilidad de encauzar un mayor caudal del Rin hacia el lago de Yssel, dirigiéndolo por el río del mismo nombre. Desde allí puede ser utilizada para el abastecimiento de agua dulce de Holanda septentrional.

Por consiguiente, los efectos del "grifo" de la economía de agua dulce holandesa son, bien es cierto, trascendentes, desde el confín suroeste hasta el límite nordeste del país.

Las obras individuales.

El cierre de Haringvliet es la síntesis de un número de obras ejecutadas aparte. En primer lugar ha tenido que abrirse una excavación de fundación y construirse la batería de esclusas de descarga, midiendo una longitud de 1 050 metros. Se alzó también una esclusa de cámaras, que enlaza el mar con el puerto en el interior de la represa, acomodado para flotas pesqueras. Se levantó asimismo un dique entre las esclusas de descarga y la esclusa de cámaras y entre ésta y Goeree. Inmediatamente, al Sur de la esclusa de cámaras el dique sigue, como camino de tráfico, todo derecho, en una longitud de 1 250 metros, para torcer a continuación, como muro de retención de agua de marea viva, en ángulo recto, en dirección Noroeste y, finalmente, empalmar con las dunas de Goeree.

Entre la batería de esclusas y Voorne se ha construido un dique de 1 300 metros de longitud, que alcanza una altura de 18 metros en las proximidades de la misma. Sobre este último dique las esclusas de descarga y la esclusa de cámaras, se tiende una carretera de 22 metros de ancho, formada por una autopista de cuatro bandas de circulación y un camino secundario.

La construcción de la excavación de fundación.

Para permitir el levantamiento de la batería de esclusas de descarga, en el centro del anchuroso Haringvliet, se habilitó en el lugar de la obra un puerto-isla de trabajo (pozo-funda-

ción a cielo abierto). Esta zanja de cimentación es un rectángulo formado por un dique de circunvalación, de 1 400 metros de largo al través de la dirección de la corriente, y de unos 600 metros de ancho.

Diferentes razones han presidido la erección del dique de circunvalación en medio de la ría del Haringvliet, en un lugar aplacerado. La primera era que, haciéndolo así, quedaban las vaguadas profundas a ambos lados de la excavación de fundación abiertas para el movimiento alternativo de las corrientes de marea, y la segunda, que se explica por sí sola, se basaba en el argumento de que, obviamente, la construcción de 4 000 metros de dique resultaba más barata y más rápida en agua de bajo fondo que en un lecho profundo.

El 11 de marzo de 1958, nueve meses después de haber emprendido los trabajos, se había acabado el enorme desplazamiento de arena. Se cerró entonces el dique de circunvalación, quedando interceptado por espacio de once años. Este murallón fue ensanchado en el lado Este con la arena que se había recogido por aspiración, convirtiéndolo en un vasto terreno de obra, con puerto de trabajo adyacente. En el terreno de obra se construyeron entre otros menesteres una central diesel-eléctrica, que ha abastecido de electricidad la obra entera durante su ejecución y ha servido también para el accionamiento de las bombas de drenaje. Estas últimas funcionaron a un régimen conjunto de entre 3 000 y 4 000 m.³/hora. Con ayuda del llamado drenaje abierto, el agua en la excavación de fundación había bajado, a fines de noviembre de 1958, lo suficiente como para dar comienzo al levantamiento de la gigantesca batería de esclusas.

La batería de esclusas (véase el dibujo en corte).

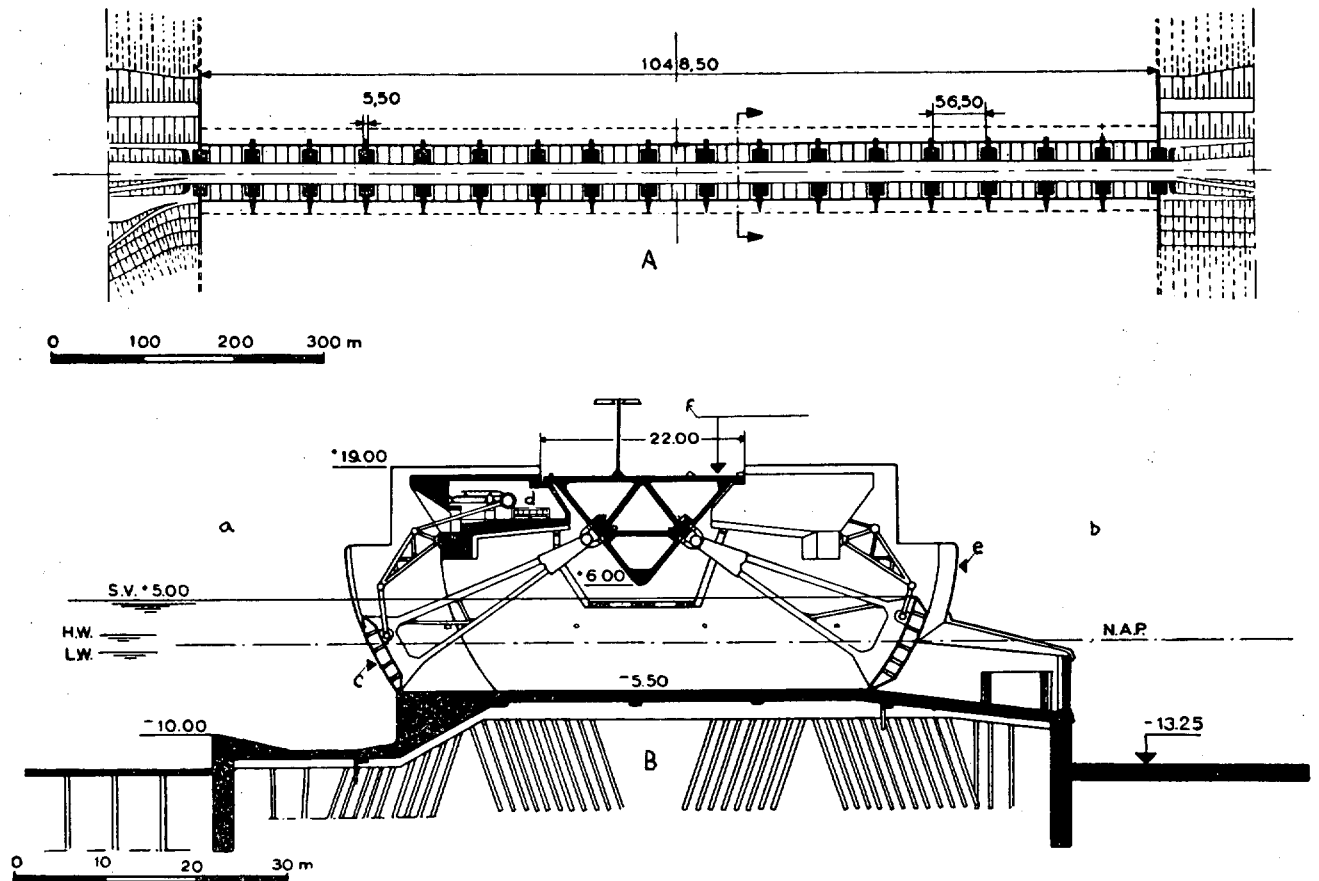
El levantamiento de la batería de esclusas de desagüe, las mayores del mundo en su género, es representativa para la vertiente holandesa de construcciones hidráulicas, mecánicas y estructuras de acero. Durante cuatro años ocho empresas holandesas han trabajado en la fabricación de 34 compuertas de acero y sus órganos de movimiento. Las 34 compuertas, cada una de un peso de 420 toneladas, han sido aplicadas en 17 aberturas pasantes, de un ancho de 56,5 metros todas ellas. Un tablero pesado de

hormigón, de sección triangular, ha sido tendido sobre las pilas de cada abertura pasante. Ese puente es internacionalmente conocido con el nombre de "traviesa nabra".

Cada una de las 17 traviesas nabra pesa 8 700 toneladas y está compuesta de 22 soleras (placas prensadas), de 230 toneladas cada una, dos

metros de largo, en puntos de articulación giratoria que se encuentran en los lados inclinados de las traviesas nabra. En los puntos de articulación giratoria se han aplicado cojinetes de rodillos en fila doble, cuyo diámetro exterior asciende a 1 150 mm.

Ante la expectativa de que las compuertas



Vistas seccionales de las esclusas de desagüe.—A, Vista en alzado de la batería de esclusas de desagüe con, dentro de ellas, 17 aberturas pasantes, cada una de un ancho de 56,5 metros. B, Secciones transversales de la esclusa de desagüe. a, Lado del mar. b, Lado de la ría. c, Compuerta. d, Sala de máquinas. e, Pila. f, Traviesa nabra. N. A. P., nivel medio del mar. L. W., bajamar. H. W., pleamar. S. V., temporal.

apoyos extremos (estribos), de 850 toneladas, 23 juntas de un ancho de 50 cm. y 193 cables tensores gruesos, los cuales, con una fuerza de más de 26 000 toneladas, oprimen en un conjunto los estribos, las placas prensadas y las juntas.

Se han previsto 17 compuertas en el lado del mar y 17 compuertas en el lado de la ría del Haringvliet. Cada una de estas compuertas se halla montada con cuatro brazos de 25 me-

de acero no asegurarían nunca un cierre estanco sobre hormigón, se proveyeron en el lado de la ría del Haringvliet, abajo y en todo su ancho, de un grueso perfil de caucho.

A causa de las diferencias de temperatura que se producen, las compuertas, de 57 metros de anchura, estarán también expuestas a contraerse y dilatarse. Para evitar vías de agua en las partes laterales, las compuertas fluviales están provistas de tubos de aire inflables, los cua-

Foto 1.—La excavación de fundación; dentro de ella, la batería de esclusas de desagüe casi terminada. Se ve claramente la protección del suelo delante y detrás de la batería.

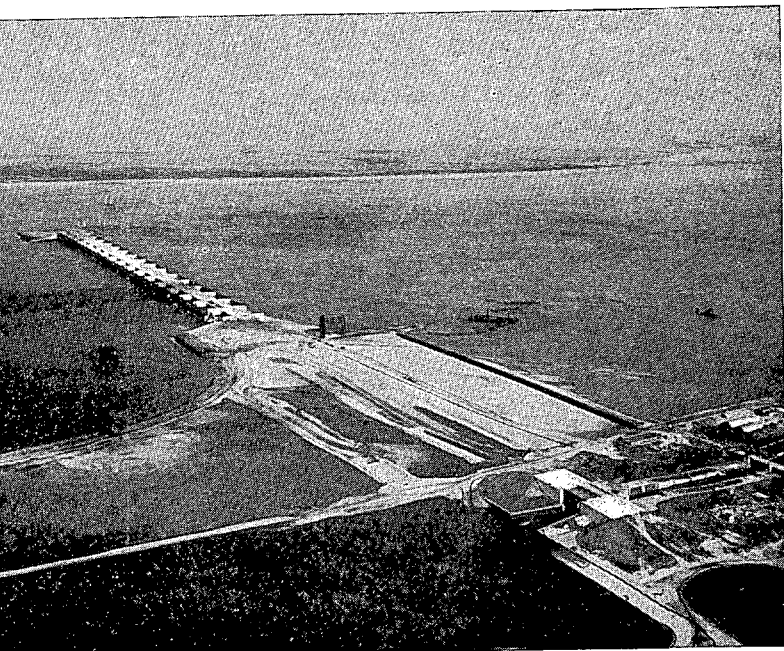
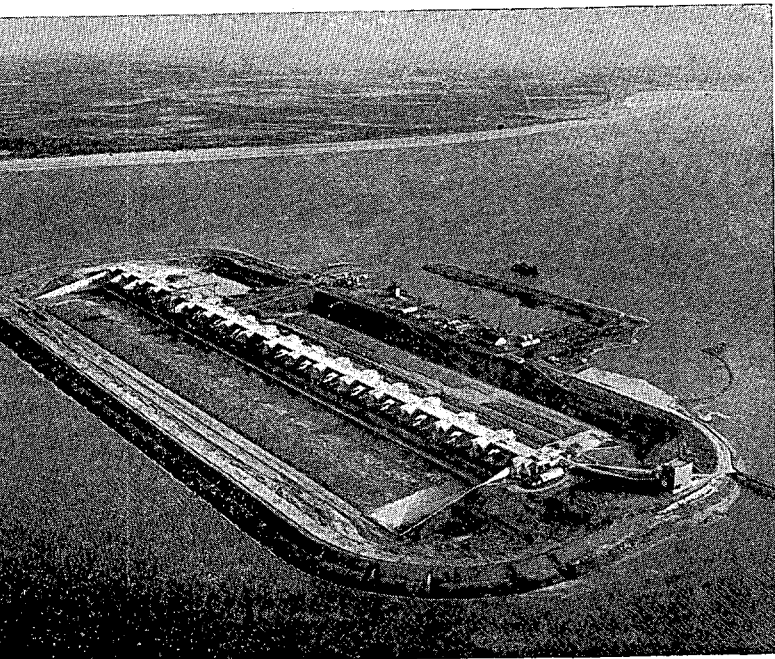


Foto 2.—La situación, tal como era en abril de 1969; la batería de esclusas de desagüe lista y el dique de circunvalación removido por dragado casi totalmente. En primer término, a la derecha, la esclusa de cámaras para barcos pesqueros y, en último término, el teleférico de cables para el vertimiento de los bloques.

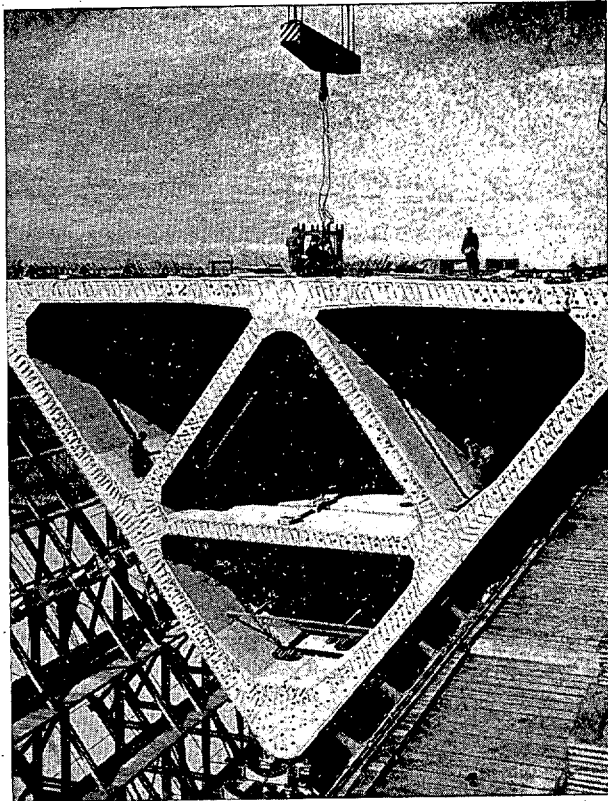


Foto 3.—Un segmento de una traviesa naba, de un peso de 230 toneladas, se acopla a un segmento anterior. Una traviesa naba completa está formada por 22 de estos segmentos.

Foto 4.—El montaje del sistema de barras de forma triangular (percha) en una de las compuertas. Las dimensiones de esta estructura quedan bien expresadas proporcionalmente a la talla del hombre sobre la barra superior.

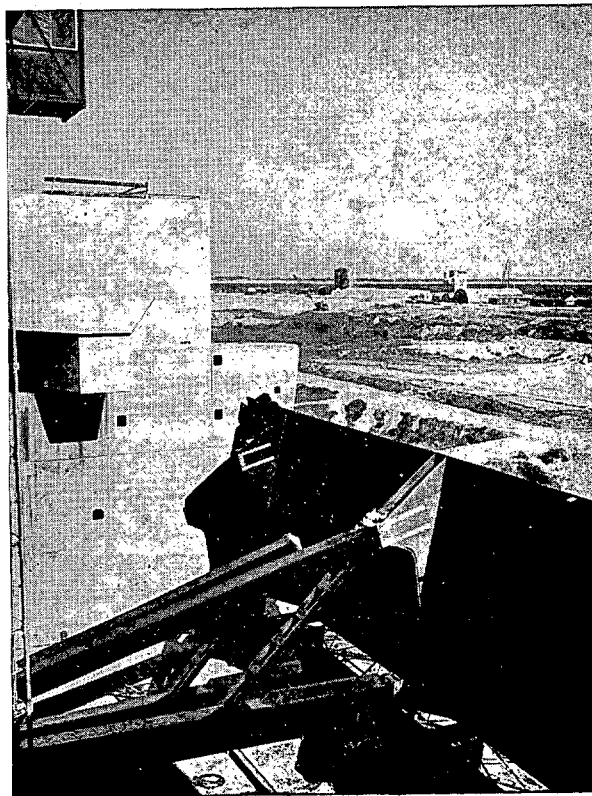


Foto 5.—El punto de salida de las góndolas; a la izquierda, las medias ruedas, que tienen un radio de 9 metros. Cada cable estaba unido a través de estas ruedas a un contrapeso de 300 toneladas, que podía moverse de arriba a abajo en un hueco de 20 metros de profundidad.

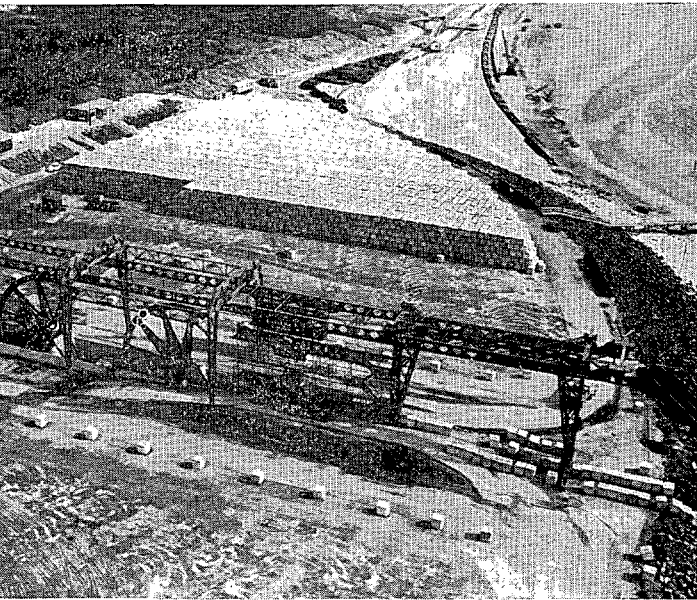


Foto 6.—Dos góndolas saliendo, cada una de un peso propio de 20 toneladas, con cuatro bloques de hormigón en la armadura, por lo que el peso total ascendía a 30 toneladas.

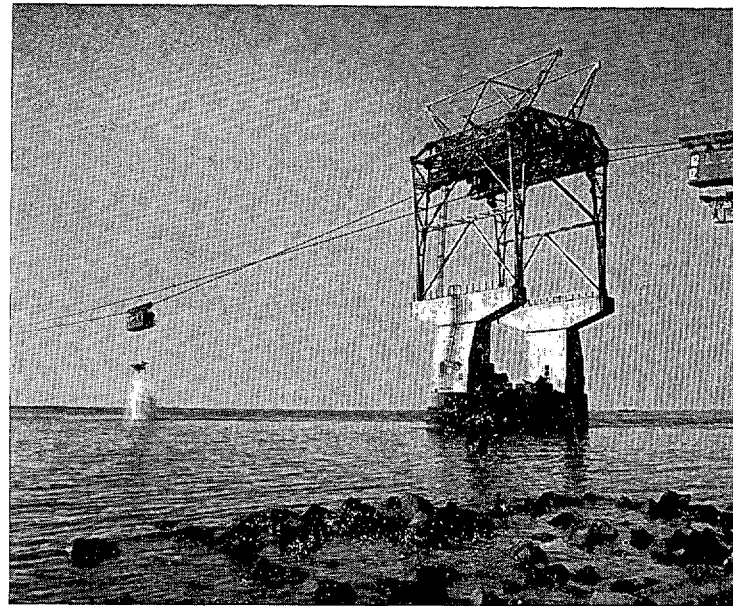
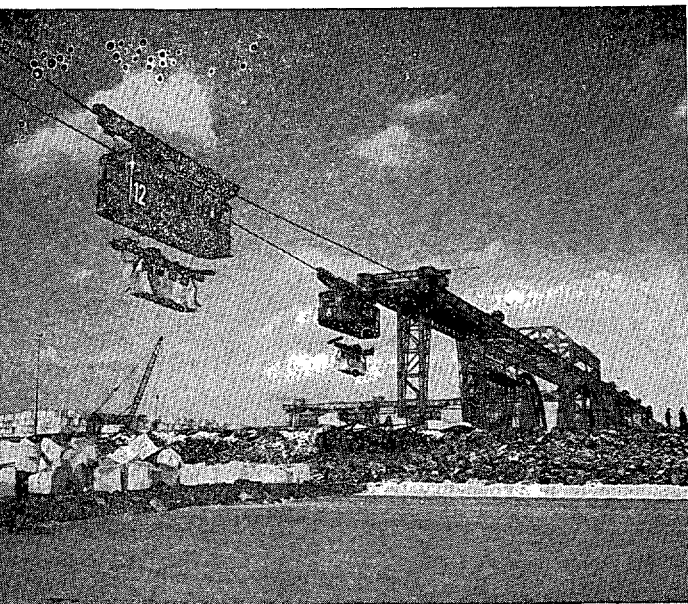
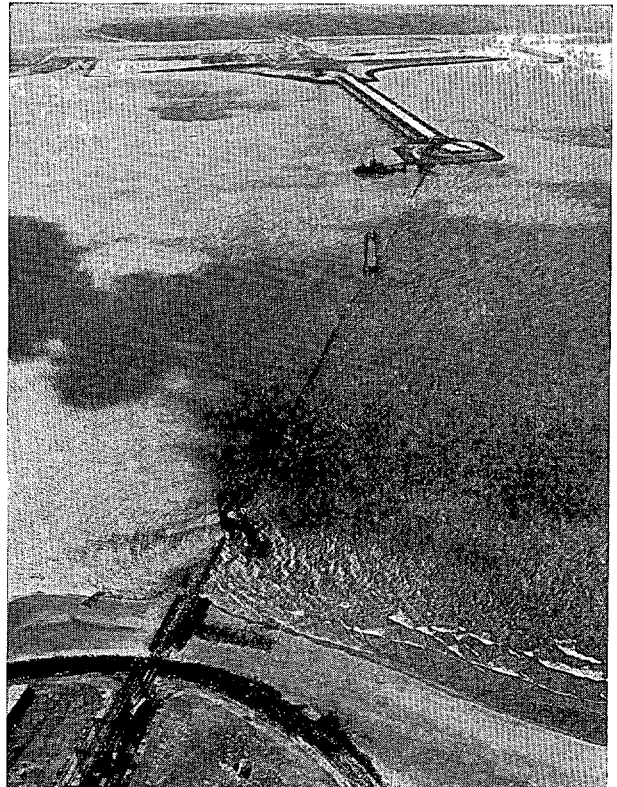


Foto 7.—El lugar donde había que descargar los bloques era fijado al pasar una señal de luz roja a la blanca, lo que era observado por el gondolero a través de una visera. Esta baliza luminosa se había colocado a un kilómetro fuera de la costa de Voorne.

Foto 8.—La situación en mayo de 1970. El dique de bloques, de 1 300 metros de longitud, se halla casi terminado. Después de su ultimación se vertió sobre los bloques de hormigón una especie de piedra gruesa desmenuzada y asfalto, lanzándose tras esta operación a chorro contra el cierre así formado, aún 11 millones de m.³ de arena.



les, con una presión de 1,5 atm. se empujan contra los topes de metal, que pueden ser precalentados eléctricamente en baño de aceite, hasta alrededor de 10° C, para que las heladas no los inmovilicen.

Las compuertas del lado del mar sirven exclusivamente de escudo contra los temporales. De ahí, que no fuera necesario recurrir a una empaquetadura tan costosa.

Las compuertas, hechas de acero al niobio-52, que posee un alto valor de resistencia a las entalladuras por choque, son mantenidas en buen estado con una capa de cinc, de aluminio o de pintura de alquitrán mezclado con resina epóxica, estando, además, dotadas de una llamada protección catódica. A este efecto se han previsto sobre las 34 compuertas ánodos de titanio platinados, conectados con rectificadores a través de cajas de medición.

Cada compuerta tiene dos arietes elevadores hidráulicos alojados en las salas de máquinas, edificadas formando un conjunto con las pilas. Cada ariete elevador está compuesto por un motor eléctrico de 60 CV., una bomba de aceite, dos cilindros hidráulicos en montaje paralelo, de un diámetro de 900 mm., dos ruedas-guías sobre un sólo eje y dos caminos de riel para estas últimas.

Los émbolos buzos de los cilindros hidráulicos son impelidos hacia afuera a una presión de trabajo de 75 atm. (presión máxima, 150 atm.), en tanto que las ruedas se mueven sobre los caminos de riel acompañando su trayectoria. Al eje de las ruedas se han montado una biela que tira hacia arriba, contorneando un punto de articulación giratoria, un sistema de barras de forma triangular (percha). Cada compuerta está unida por medio de dos vástagos con dos de estos sistemas de barras y puede así elevarse hasta un máximo de 12 metros.

La previsión es que las compuertas serán elevadas y bajadas en un promedio de 200 veces al año. Con objeto de proteger los émbolos buzos de los cilindros hidráulicos contra la oxidación al correr hacia afuera, se ideó un dispositivo que cubre automáticamente la superficie de los mismos con un anticorrosivo.

En el lado de la ría se han tomado las disposiciones convenientes en las pilas para favorecer la evacuación de témpanos de hielo. En cinco de las pilas se encuentran túneles con válvulas para dejar pasar a las angulas con ayuda de una llamada corriente reclamo. En

los dos contrafuertes se han colocado, además, unas regueras profundamente ubicadas para la descarga del agua salina desde un hondo colector de ésta practicado en el lado de la ría.

Para impedir la erosión del fondo, se ha previsto en el lado del mar de la batería de esclusas una losa de hormigón de 65 metros de ancho y un metro de espesor, descansando sobre 6 900 pilotes de concreto. Esta losa de hormigón eslabona con un paramento de la represa, de acero, debajo del borde exterior del umbral de la esclusa. La losa de hormigón pasa al estado de lecho de piedras amontonadas, con una capa de grava y arena debajo del mismo, y entre ésta un revestimiento constituido por una tela de malla plástica. Una estructura semejante se ha aplicado igualmente en el lado de la ría, pero sin fundación de pilotes debajo de la losa de hormigón.

La batería de esclusas es gobernada desde un edificio de mando central, en el que se han incorporado también aparatos electrónicos para el proceso de los datos que van llegando acerca de los niveles y de las evacuaciones del agua, como así de la fuerza y dirección del viento. En base a esta información se establece el momento de la apertura y del cierre de las esclusas y la altura de elevación que ha de ajustarse. En un tablero de control se puede visualizar la posición de las compuertas en cualquier instante.

En la batería de esclusas, fundada sobre cerca de 22 000 pilotes de hormigón, se han utilizado unos 750 000 m.³ de hormigón.

Las represas.

Al Sur de la batería de esclusas, la conexión con Goeree, la represa está formada por alrededor de 2,5 millones de metros cúbicos de arena extraída por aspiración del dique que rodea la excavación de fundación.

El tramo Norte de la represa, la conexión entre las esclusas de desagüe y Voorne, ha sido elevado a la altura requerida con ayuda de bloques de hormigón, de los que se confeccionaron 140 000, cada uno pesando 2,5 toneladas. Para la construcción de este tramo de la represa se hizo uso de un teleférico bicable, con polea giratoria, del que se movían 12 góndolas para verter los bloques. Los cables aplicados en esta operación tenían un diámetro de 93 mm. y una fuerza de ruptura de 850 000 kilogramos.

La tara de las góndolas era de 20 toneladas y salían invariablemente con cuatro bloques al mismo tiempo, lo que permitió verter por hora 300 toneladas de bloques y hacer transcurrir el cierre con gran fluidez.

El cable portante de estas góndolas pasaba por tres castilletes de apoyo. Una extremidad del cable se hallaba fijamente anclada, la otra extremidad era tenida por un contrapeso de 300 toneladas, el cual podía deslizarse de arriba abajo, a través de medias ruedas, con un radio de 9 metros, en un hoyo de 20 metros de profundidad. Se optó por esta construcción, de una parte, porque de esta manera los cables quedaban suficientemente tensados, mientras que, de otra parte, podía fácilmente reabsorberse una cierta flexión.

Los bloques, de forma cúbica, con aristas de un metro aproximadamente, colgaban cuatro a la vez de una armadura debajo de las góndolas. Esta armadura se alargó un trecho antes del vertimiento, porque si no la altura de caída hubiera sido excesiva. A pesar de esta precaución hubo un 10 por 100 de roturas durante el vertimiento, sin importancia alguna por lo demás, puesto que con ella se calafateaban los "pequeños agujeros" en la represa. Mediante señales de luz se indicaba a los gondoleros el lugar donde tenían que verterse los bloques. A un kilómetro de distancia del litoral de Voorne se había instalado una baliza luminosa, que emitía un haz de rayos rojos y otro blancos. Los rojos eran la señal avanzada, los blancos el momento en que debían soltarse los bloques. El gondolero recibía, a través de una visera, primero los rayos de luz rojos, frenaba entonces y dejaba caer, exactamente en la transición de las luces rojas y las blancas, los bloques a cortos intervalos. La operación entera del vertimiento no embargaba más que 7 segundos.

Cuando en mayo de 1970 quedó lista la represa de bloques, se vertió sobre los bloques

de hormigón piedra gruesamente desmenuzada y asfalto, lanzándose después a chorro contra el cierre así obtenido 11 millones de metros cúbicos de arena. El endicamiento del Haringvliet se había definitivamente ultimado. Se procedió entonces al cierre de la batería de esclusas para la iniciación de su tarea reguladora.

Cantidad de materiales utilizada.

Para dar una impresión de la apretada cantidad de materiales que ha debido utilizarse en la excavación de fundación, en las represas, en ensenadas, en los pasos de acercamiento y en la batería de esclusas, se mencionan a continuación algunas cantidades globales.

Arena	50 000 000 de m. ³
Piedra de cantera	900 000 toneladas
Canto rodado vertido	1 500 000 toneladas
Grava gruesa	1 100 000 toneladas
Fajinas sumergidas	950 000 m. ²
Tela de malla plástica	550 000 m. ²
Hormigón asfáltico, asfalto de grava y arena	350 000 toneladas
Asfalto colado	50 000 toneladas
Bloques de talud (hormigón, escoria de cobre, etc.)	42 000 m. ²
Capas de azobé	50 000 m. ²
Hormigón (concreto)	750 000 m. ³
Hormigón (concreto) para bloques de cierre	140 000 m. ³
Acero de blindaje	70 000 toneladas
Acero pretensado	4 000 toneladas
Paramento de la represa de acero.	24 000 toneladas

En otoño de 1971 se inaugurará la calzada de tráfico sobre el Haringvliet, que forma parte del llamado camino de represas.

El cierre del Haringvliet, en el que se ha trabajado casi quince años, supondrá una inversión de unos 720 millones de florines. Dos terceras partes de los cuales corresponden a la batería de esclusas.