

EL LABORATORIO DE HIDRAULICA NEERLANDES

(Un instituto de investigacion de significancia internacional).

Introducción.

En Holanda, donde se lucha contra el agua por veinte siglos ya, se ha recogido gran experiencia en la dominación de las fuerzas hídricas.

Los ríos caudalosos están protegidos en aquel país por diques en casi toda su longitud, y en la faja costera se han levantado diques aún más largos y más pesados. También se han conquistado al agua vastas extensiones de tierra, y en la actualidad, se brega todavía con irreductible afán en dos proyectos de notoriedad mundial: la desecación, en curso desde hace tiempo, del antiguo Zuiderzee y el cierre de cuatro brazos de mar en la región sudoeste (Plan del Delta).

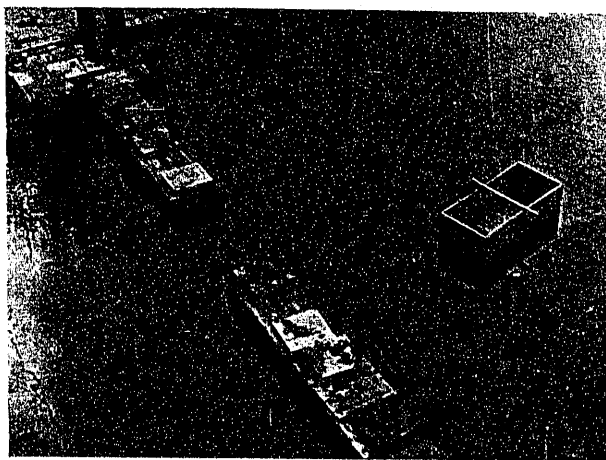
Originariamente la ingeniería hidráulica descendía en Holanda en intuición y experiencia, pero al vuelo de los años se ha echado una base científica. En nuestros días se dispone de una nutrida falange de especialistas, así para proyectar como ejecutar obras civiles hidráulicas.

Los expertos que se ocupan en proyectar se esfuerzan en hallar para cada proyecto una forma eficaz, que al mismo tiempo garantice una seguridad justificable y reduzca a un mínimo el mantenimiento futuro de las obras. Los problemas hidráulicos que en esta labor se presentan son estudiados — en cuanto no puedan resolverse por medio de cálculos — desde hace muchas décadas con ayuda de modelos reducidos. Pues bien, el Laboratorio de Hidráulica de Delft es el punto céntrico de estos estudios. También se ha desarrollado allí un centro para diseñar instrumentos con los cuales se puedan hacer en la naturaleza las observaciones que a menudo constituyen la base de los estudios modelistas.

El Laboratorio de Hidráulica de Delft.

Fué en 1927 cuando el ingeniero civil holandés J. Th. Thijsse empezó a construir modelos para la investigación hidráulica. Sus primeros ensayos los hizo en un sótano del Departamento de Ingeniería Civil de la Escuela Universita-

ria de Altos Estudios Técnicos de Delft, cimentando así el Laboratorio de Hidráulica Neerlandés. Este instituto, del que fué nombrado director el ingeniero Thijsee (más tarde, Prof. Thijsse), dispone para sus investigaciones a modelos



Cierre del Veerse Gat: El último cajón de paso, aprestado para hacerlo navegar en la abertura de cierre. Obsérvense las corrientes en la abertura de cierre, y a la derecha, en los cajones de paso ya colocados.

desde 1933, de un laboratorio en Delft, y desde 1953, de un laboratorio al aire libre en el Pólder Nordeste.

El Laboratorio de Mecánica de Suelos, que se ocupa en investigar las propiedades de la tierra y la constitución del subsuelo, y el Laboratorio de Hidráulica han gestado juntos la fundación del Laboratorio de Ingeniería Hidráulica.

La colaboración perenne con el Departamento Estatal de Obras Hidráulicas, la Escuela de Altos Estudios Técnicos de Delft, la Organización Central TNO para la Investigación de Ciencias Naturales Aplicadas, la Estación Experimental de Construcciones Navales de Wageningen y el Real Instituto Meteorológico Neerlandés de De Bilt, imprime a los trabajos en el Laboratorio de Hidráulica un sello ecléctico.

El Laboratorio de Hidráulica cuenta en total un personal de 250 hombres. El núcleo cien-

tífico consta de 45 ingenieros y 25 egresados de la Escuela Superior Técnica. La dirección está encomendada al ingeniero H. J. Schoemaker, el cual, en 1960, sucedió al profesor Thijsse como director.

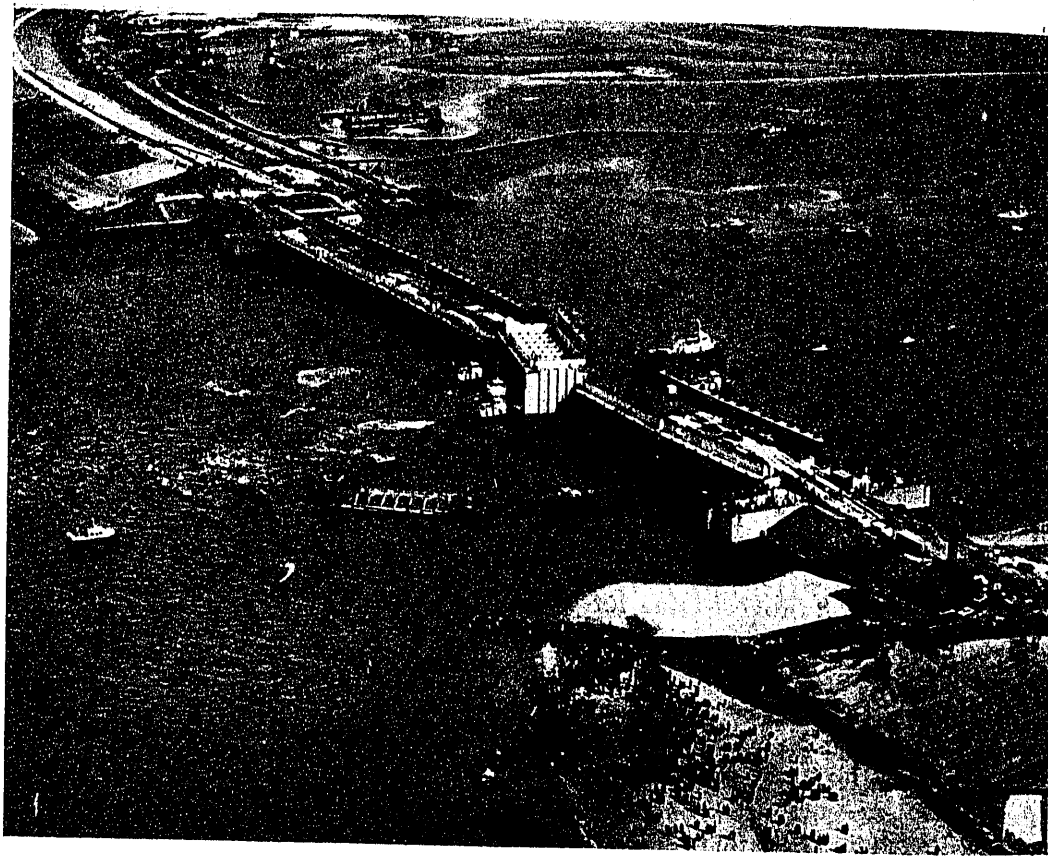
Las tareas del Laboratorio.

Las tareas del Laboratorio de Hidráulica han sido en su creación definidas como sigue:

— emitir dictámenes en el campo de los proble-

Para llevar a cabo estas tareas, se escogió la fundación como tipo de organización. El Laboratorio actúa, por lo tanto, como un organismo autónomo. Los recursos se obtienen, entre otras maneras, cargando en cuenta los gastos directos de la investigación, aumentados con una parte proporcional de los gastos generales. No se persiguen fines lucrativos, puesto que los estatutos de la fundación se oponen a ello.

Las actividades primordiales del Laboratorio consisten en impartir asesoramientos. Los



Cierre del Veerse Gat: La entrada navegando del último cajón de paso en la realidad. La marea ha alcanzado su nivel más elevado y las corrientes han sido temporalmente abatidas.

- mas hidráulicos a solicitud de organismos públicos y de particulares;
- realizar investigaciones fundamentales;
- desarrollar instrumentos, tanto para usarlos en el Laboratorio como para efectuar mediciones en la naturaleza, y
- ofrecer a la enseñanza técnica superior oportunidad de compartir experiencia en el Laboratorio.

respectivos dictámenes se fundan en la investigación a modelo, en cálculos o mediciones realizados en la naturaleza y con frecuencia en una conjugación de estos tres elementos consultivos. A veces, se emiten también dictámenes partiendo tan sólo de conocimientos empíricos.

Al principio los estudios de proyectos nacionales ocupaban el lugar más destacado. El saber atesorado era, empero, tan universal, que muy

pronto se recibieron asimismo encargos del extranjero. Problemas costeros, proyectos de puentes completos, estructuras expuestas a los embates de las olas, la lucha contra la salinización, el cierre de estuarios o bocas de salida al mar, los trazados fluviales, el diseño de presas y problemas de navegabilidad constituyen la meta de los quehaceres actuales.

El trabajo con modelos reducidos.

El aliciente y la dificultad del proyectar obras hidráulicas residen en la gran diversificación de las circunstancias. Ninguna situación es seme-



La presa en el Rin, cerca de Hagestein: Ensayos modelo con una compuerta tipo visera.

jante en el libre juego del agua y el viento y en una misma situación los diferentes factores están expuestos a un cambio perpetuo.

En consecuencia, falta saber si los datos que pueden extraerse de un objeto existente sirven como fundamento para un proyecto nuevo y si se responsabiliza el tener fe ciega en el conocimiento y experiencia.

En el caso de una obra sencilla y de escaso valor, la investigación profunda poco sentido tiene, pero si se trata de un proyecto vasto y costoso vale ciertamente la pena de estudiar el juego de las fuerzas, utilizándose entonces el modelo llamado de escala, es decir, una reducción geométrica del proyecto.

La técnica modelista, aplicada hace medio siglo, es capaz de producir una riqueza de datos; no obstante, el hecho de haber límites en los

cuales la esencia de los acontecimientos ocurrientes están envueltos en un tupido velo. Al ingeniero de laboratorio se le presenta entonces una ocasión propicia de edificar empíricamente a través de un pensar exacto, y con ayuda de su intuición un conocimiento tal que a los resultados de la investigación a modelo se les puede conferir una justa interpretación.

Los datos básicos que de rigor han de presidir a una investigación a modelo puede proporcionarlos, a veces, el diseñador. En otros casos, el acopio de estos datos constituye, por ejemplo, cuando se verifican observaciones locales, una parte accesoria de la investigación. Aun cuando las observaciones han de extenderse con frecuencia sobre un largo período, esto no impide el proceder casi en seguida a la concepción del modelo.

Si un estudio se refiere, verbi gracia, a la construcción de un puerto ubicado en la desembocadura de un río abundante en fango, en tal caso debe trazarse esa desembocadura primero, en mapa, siendo indispensable conocer su régimen fluvial y las propiedades del fango.

El modelo, reproduciendo la zona a investigar, se confecciona entonces de acuerdo con las escalas que se establecen para el largo, el ancho y la profundidad.

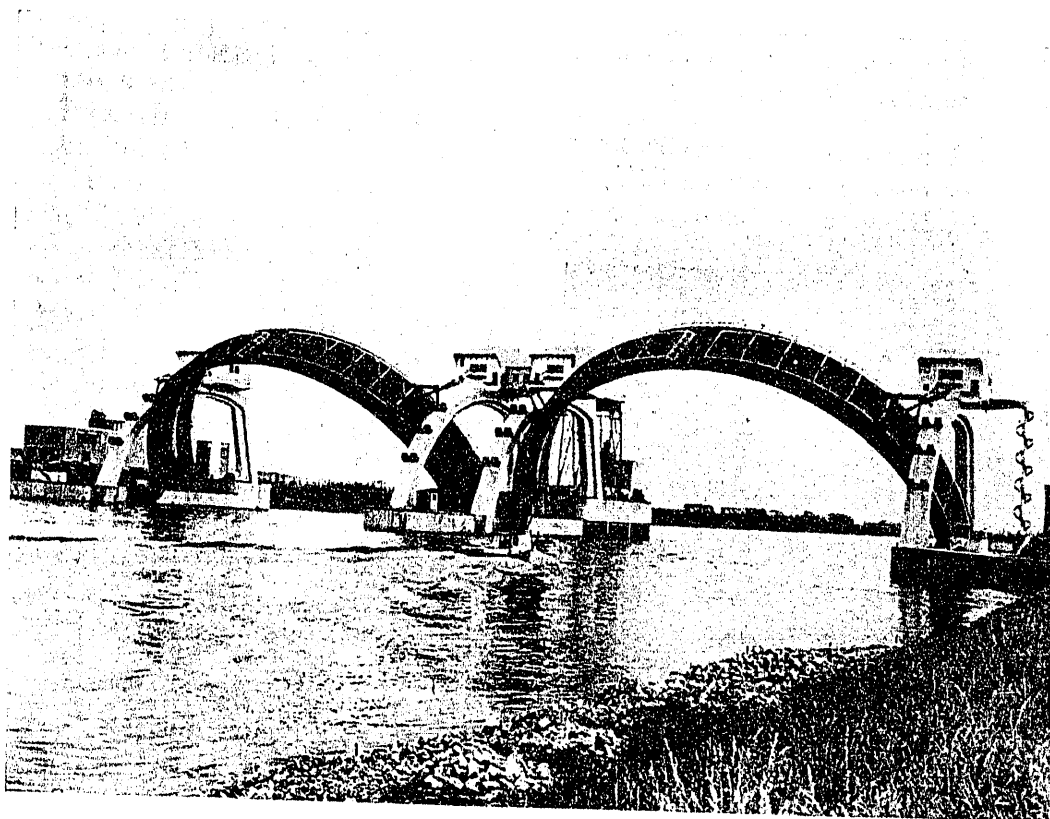
A continuación pueden imitarse en el modelo, partiendo de determinadas reglas de escala, las corrientes en el río, las corrientes de marea eventuales, las corrientes a lo largo de la costa y el movimiento ondulatorio del agua agitada por el viento. Si estos fenómenos se reproducen bien, se puede entonces, por ejemplo, averiguar cuáles serán las consecuencias de la construcción del puerto y si es posible salvar influencias desfavorables eventuales, modificando el plan o adoptando disposiciones especiales.

En todo esto desempeña un papel importante el problema de la sedimentación fangosa o del embancamiento de una parte del área portuaria o la invasión de arenas en la desembocadura fluvial. De una importancia por lo menos igual es la fuerza ejercida por la corriente en los barcos entrantes y salientes.

Como la diferencia en el peso específico del agua fluvial dulce y del agua marina salobre es uno de los factores determinantes de la imagen de la corriente en la desembocadura, es necesario trabajar en el modelo, asimismo, con agua dulce y agua salada.

Las sedimentaciones de fango o de arena pueden ser estudiadas imitando en el modelo la movilidad del material de fondo. En lugar de granos de arena suelen usarse a menudo materiales de peso específico más bajo, por ejemplo, gránulos de plástico, que el agua más fácilmente arrastra consigo.

cuenco lo más rápidamente posible sin estorbar los barcos que en él están fondeados), pilas de puente, esclusas y presas (desmoronamientos de tierras y vibraciones), cruces de un río con un canal (peligro de embancamiento), perfiles de diques (ataque y desbordamiento de la ola) y rompeolas (estabilidad).



La presa en el Rin, cerca de Hagestein: La presa terminada, con compuertas, tipo visera, abiertas

La fuerza ejercida en los barcos puede ser estudiada ejecutando maniobras con modelos de barcos navegando libremente.

Si además de esto se tiene interés en conocer la penetración de olas en el puerto, en tal caso puede ésta investigarse, quizá en el mismo modelo o si no en un modelo de detalle, con ayuda de máquinas de oleaje artificial y midiendo el patrón de la ola en el puerto.

Está claro que la investigación completa anteriormente descrita exige un modelo muy grande y puede durar años.

Los estudios que se relacionan con la forma estética de las estructuras arrojan resultados más rápidos. Así, por ejemplo, se han hecho estudios de esclusas de cámaras (el llenado del tramo o

Túneles de viento y canal hidrodinámico.

Para efectuar investigaciones relacionadas con el ataque de la ola a estructuras tales como diques, rompeolas, esclusas de desagüe y plataformas de perforación, el Laboratorio de Hidráulica dispone de dos túneles en los que se generan olas por corriente artificial de aire. Para mayor comodidad denominanse estos túneles "de viento".

Para obtener en la sección medidora de los túneles una altura de ola regular el fetch, o sea la distancia sobre la cual el agua sufre los efectos del viento, tiene que ser muy largo. Es por esta razón que ambos túneles miden una longi-

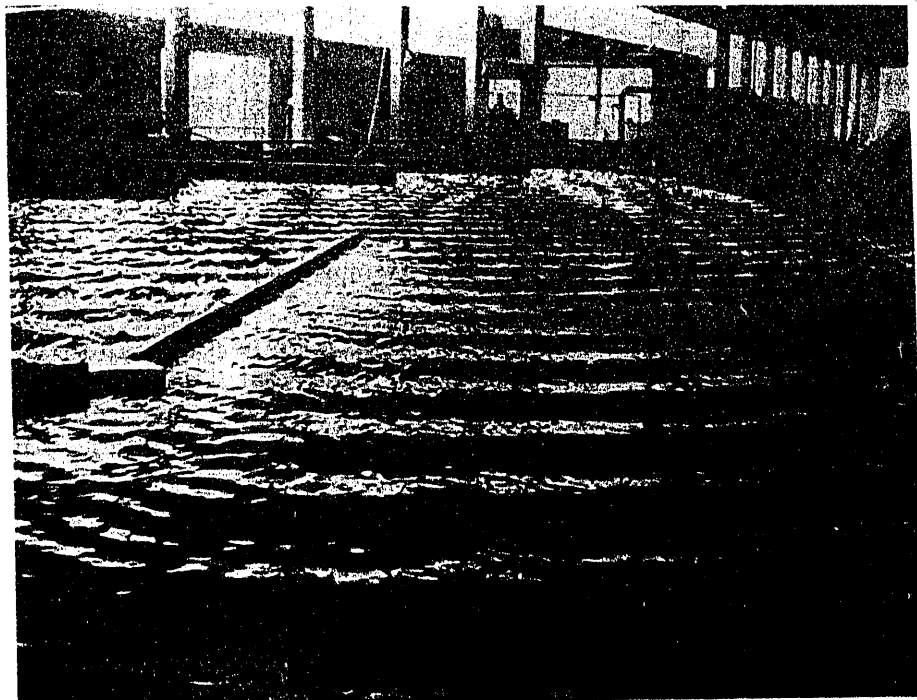
tud de 50 y 100 metros, respectivamente, por 4 metros de ancho.

La ventaja primordial de las olas modelo generadas es, sin duda alguna, que su carácter puede hacerse idéntico a las olas creadas por el viento en la naturaleza.

En tanto que una máquina de oleaje artificial produce regularmente olas que una estruc-

námico se presta igualmente para maniobrar con modelos de objetos navegando libremente, como ser pontones de perforación.

Diferentes problemas que guardan relación con la morfología fluvial, la erosión local, la protección del fondo, la construcción de ataguías, azudes, represas, diques o muros de retención en corrientes de agua, etc., conviene estudiarlos



Ensayos con un modelo de la embocadura del puerto de Sansun.

tura llana hace rebotar, puede una ola golpear en un túnel aerodinámico de vez en cuando la estructura con gran violencia, siendo capaz de provocar cargas muy elevadas. Es posible valuar estadísticamente la manifestación de tales cargas, de suerte que uno puede formarse una idea del riesgo que una obra de arte corre bajo determinadas condiciones de oleaje.

La utilidad de un túnel aerodinámico se hace también patente cuando se estudia el desbordamiento de la ola. Este desbordamiento no llegarán justamente a causar olas regulares, pero si olas irregulares generadas por el viento. El transporte de agua sobre un talud de dique flojo, a consecuencia de la presión del viento, se traduce claramente en un túnel aerodinámico.

Indiquemos, por último, que el túnel aerodi-

preferentemente en circunstancias, tanto como sea posible, similares a la realidad. Para este fin se ha construido un canal hidrodinámico de 3×3 metros y 100 metros de largo. El desplazamiento de agua en este canal puede ser elevada hasta 12 metros cúbicos por segundo.

En el canal hidrodinámico (o de corriente de agua) se han realizado muchos ensayos en conexión con las Obras Neerlandesas del Delta, habiéndose ejecutado también en él estudios de carácter más fundamental. Así, se ha llevado a cabo en ese un vasto estudio de los resultados de medición obtenidos con distintos instrumentos medidores del transporte de fondo. Precisemos que resulta en extremo difícil efectuar este estudio en la naturaleza misma.

Investigación fundamental y matemática.

Además de ensayos dirigidos con modelos y otros elementos similares, se hacen en el Laboratorio de Hidráulica también experimentaciones fundamentales importantes. Así, a causa de los muchos problemas que en la práctica plantea la lucha contra la salinización, se presta una



Fotografía de un modelo en el que se estudia la distribución del arrastre de arena en los ríos Rin (a la izquierda), e Yssel (a la derecha).

atención cada vez más profunda a las corrientes que se producen por la diferencia en densidad del agua salobre y el agua dulce.

Otras investigaciones fundamentales se refieren, entre otros estudios, a las propiedades estadísticas de ondas, al análisis de mareas, a los fenómenos de vibración en construcciones para detener las aguas, desmoronamientos de tierras locales, segregación de material de fondo en ríos, métodos de los elementos trazadores, la llevada de arena en tuberías, morfología fluvial y problemas de navegación.

Las posibilidades que el moderno desarrollo de las matemáticas aplicadas ofrece, constituyen un apoyo sustancial, haciéndose por lo demás uso en escala siempre más grande de medios auxiliares electrónicos.

Cursos internacionales.

Desde hace algunos años se organizan cursos internacionales de Ingeniería Hidráulica en la Escuela de Altos Estudios Técnicos de Delf. Los cursantes pueden tomar parte en los ensayos en el Laboratorio de Hidráulica, y lo hacen por cierto con gran entusiasmo.

Algunos proyectos importantes.

Numerosos grandes proyectos hidráulicos en Holanda, como la desecación proseguida del antiguo Zuiderzee, el cierre de los brazos de mar en la región sudoeste del país, el cierre del Lauwerszee, la extensión de los puertos de Rotterdam e Ymuiden, las represas fluviales para la distribución del agua del Rin y el ajuste de las esclusas en aguas interiores a la navegación con lanchones de empuje, han sido ejecutados o se ejecutan ateniéndose también a dictámenes formulados por el Laboratorio de Hidráulica.

Asimismo en el extranjero se utilizan los servicios del Laboratorio. En este orden de ideas son de mencionar las investigaciones a modelo sobre la erosión de la playa en el Este del puerto de Lagos (Nigeria) y de las playas en el Norte y Sur del Canal de Thyborn (en la costa occidental de Dinamarca); mediciones en una desembocadura fluvial en la costa de Guayana Británica; una investigación a modelo sobre la elevación conveniente del dique que bordea el Lago de Maracaibo (Venezuela); una investigación sobre la formación de una barra ante el puerto de Abidjan en la Costa de Marfil; una investigación a modelo sobre la esclusa de cámaras de Kainji y de la posibilidad de establecer en el Níger la navegación con lanchones de empuje; una investigación sobre el embancamiento de los canales por dragar aún en la Bahía de Albatros (Australia); un "estudio en el campo" y una investigación a modelo sobre el enfangamiento del canalizo de acceso al puerto de Bangkok; investigaciones sobre diferentes rompeolas y el emban-

amiento de puertos en Turquía y una investigación sobre las causas del enfangamiento acelerado de un canal dragado en el Estero Salado (Ecuador).

Ventajas.

La integración del Laboratorio de Hidráulica reporta por lo común las siguientes ventajas:

- un empleo justificado de los medios económicos disponibles, por cuanto se puede hallar la forma más adecuada para cada proyecto;
- un ahorro en los gastos de construcción, por cuanto pocas sorpresas se producirán durante

la construcción, y no será necesario cambiar los planes en el intermedio:

- ahorro de gastos de mantenimiento (por ejemplo, trabajos de dragado);
- una mayor seguridad (por ejemplo, para la navegación y buques anclados);
- ahorro de tiempo, por cuanto la mayoría de los problemas pueden resolverse dentro de un espacio de tiempo prudencial.

Las fuerzas del agua y del viento no pueden contenerse de la noche a la mañana, mas sí es posible detenerlas y torcer su curso, con tal que se haga juiciosamente. En este guiar y dominar con tino y prudencia las fuerzas de su adversario hallan los holandeses inmensa satisfacción.