

EL DIQUE DE RAZZA EN IRAK

Ing. C. C. P. P. L. CUESTA
Dr. Ing. Minas R. FERNANDEZ

1. PROPOSITO

Pretendemos exponer aquí un relato vivo, dentro de una visión panorámica y un tanto colorista, que enmarque lo que ha sido la intervención española en la erección del gran dique de Razzaza. Remitimos al lector con mayor avidez científica a las comunicaciones presentadas por José Torán, Santiago Uriel y Pedro Suárez Bares al congreso de Montreal del ICOLD, donde podrá encontrar información referente a algunos de los problemas técnicos específicos planteados que, indudablemente, no agotan el tema, por lo cual algún día acudiremos a estas mismas páginas para ampliar aspectos técnicos, cuya difusión es sin duda interesante.

2. PANORAMA FLUVIAL DEL IRAK

Las amplias llanadas de la Mesopotamia que, gracias a la acción inseminadora de los cuatro ríos del Paraíso, alcanzaron el más temprano amanecer de la Historia, pagan como doloroso tributo su periódica acción destructora.

Tigris y Eúfrates, arterias dominantes en el esquema fluvial del país drenan con sus largos cursos de 1 900 y 2 700 Km., una cuenca de 670 000 Km.², que se extiende desde las montañas de Armenia, a más de 4 000 m. de altura, hasta las pantanosas llanuras de la baja Mesopotamia.

Sus aguas atraviesan los más variados paisajes: blanco en su curso alto, rápido y torrencial (de donde el Tigris toma su nombre); pardo, con ocasionales manchas verdes en su curso medio (simbiosis de desierto y llanura aluvial); azul-verde en su tramo final, donde los dos ríos se reúnen para formar el Shatt-al-Arab el cual, antes de rendir sus aguas al Golfo Árabe, recibe los decisivos aportes del Karum.

Las crecidas de este último tributario al remansar las aguas del Shatt-al-Arab, agravan las perspectivas de evacuación de las subsiguientes crecidas del Eúfrates y Tigris.

Es en primavera, al fundirse las nieves de las montañas de Asia Menor, cuando estos ríos comienzan a crecer, alcanzando su máximo nivel en abril (Tigris) y mayo (Eúfrates). Si el deshielo coincide con precipitaciones en los cursos medio y alto, las crecidas superan la capacidad de los cauces, y se produce el desbordamiento sobre la inmensa llanura por la que discurre el río. Este fenómeno

se ve agravado por la anómala situación de estos ríos, especialmente el Tigris, que han excavado parte de su cauce en los terrenos altos del gran geosinclinal de Mesopotamia, por lo que al desbordarse, inundan grandes extensiones y, en ocasiones, cambian radicalmente la ubicación del cauce.

Así, cuando tras un invierno particularmente duro, el deshielo coincide con grandes precipitaciones, las crecidas duran más de un mes. Sus puntas, que pueden llegar a 10 000-12 000 m.³/seg. (Eúfrates) y 25 000-30 000 metros cúbicos por segundo (Tigris), superan ampliamente la capacidad del cauce (2 500 y 5 000 m.³/seg., respectivamente). Estas crecidas pueden alcanzar volúmenes de 15 000-20 000 Hm.³ en el caso del Eúfrates y 30 000-40 000 hectómetros cúbicos en el del Tigris.

Como se ve en la primavera, para los habitantes de la baja Mesopotamia, no está exenta de emociones, pues en una región donde las pendientes del terreno se miden en cienmilésimas, son normales crecidas de 5-6 m. y las de más de 10 m. son conocidas. Los diques de contención se rompen a menudo y superficies inmensas, las más ricas y pobladas, se inundan periódicamente.

3. EL DILUVIO Y OTROS ANTECEDENTES HISTORICOS

Los registros de las crecidas de los ríos Tigris y Eúfrates son numerosísimos. Sólo Bagdad, en sus doce siglos de historia, ha sufrido 67 inundaciones, tres de ellas catastróficas.

La más famosa y grave de todas las inundaciones conocidas fue el Diluvio Universal. La Biblia ha sido el portavoz oficial de la noticia. Sin embargo, no es el único, ni el más antiguo de los documentos que describen estas inundaciones. En la biblioteca de Asurbanipal, en Nínive, y más tarde en las excavaciones de otras ciudades, se han encontrado tablillas de arcilla (algunas con más de cuatro milenios de existencia), fragmentos de un poema común, la Epopeya de Gilgamesh, cuyo héroe fue un príncipe que reinó poco después del Diluvio en la ciudad-estado de Erech. En uno de sus doce cantos, el undécimo, se describe una inundación exactamente en la misma forma y a veces con las mismas expresiones con que lo hace la Biblia (fig. 1).

En 1929 Sir C. L. Woolley, buscando restos de los primeros colonizadores de Ur encontró, debajo de la Tumba de los Reyes, una capa de arcilla de 3 m. de espesor de origen claramente fluvial. Esta capa, que separaba

otras con restos de objetos humanos pertenecientes a dos épocas distintas, se extendía bajo todo el área excepto los altozanos que, al no haber sido cubiertos por las aguas, no tenían dicho sedimento. Atribuyó esta prueba a la realidad histórica del Diluvio. Gradualmente, a través de excavaciones en otros puntos de Mesopotamia, se definieron mejor los límites de las tierras afectadas por el Diluvio. Una superficie de 600 Km. de largo por 150 de ancho fue cubierta por las aguas (fig. 2).

La fecha: cuatro mil años antes de Cristo.

De entonces acá las circunstancias que provocaban las crecidas no han variado mucho.

El mar, que en aquellos tiempos llegaba hasta Ur, aho-

ra está a 100 Km. al Sureste. Los ríos han cambiado varias veces de curso. Grandes extensiones que antes eran

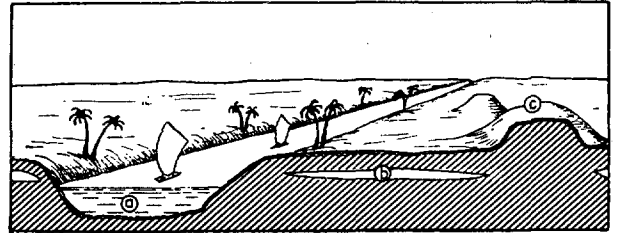
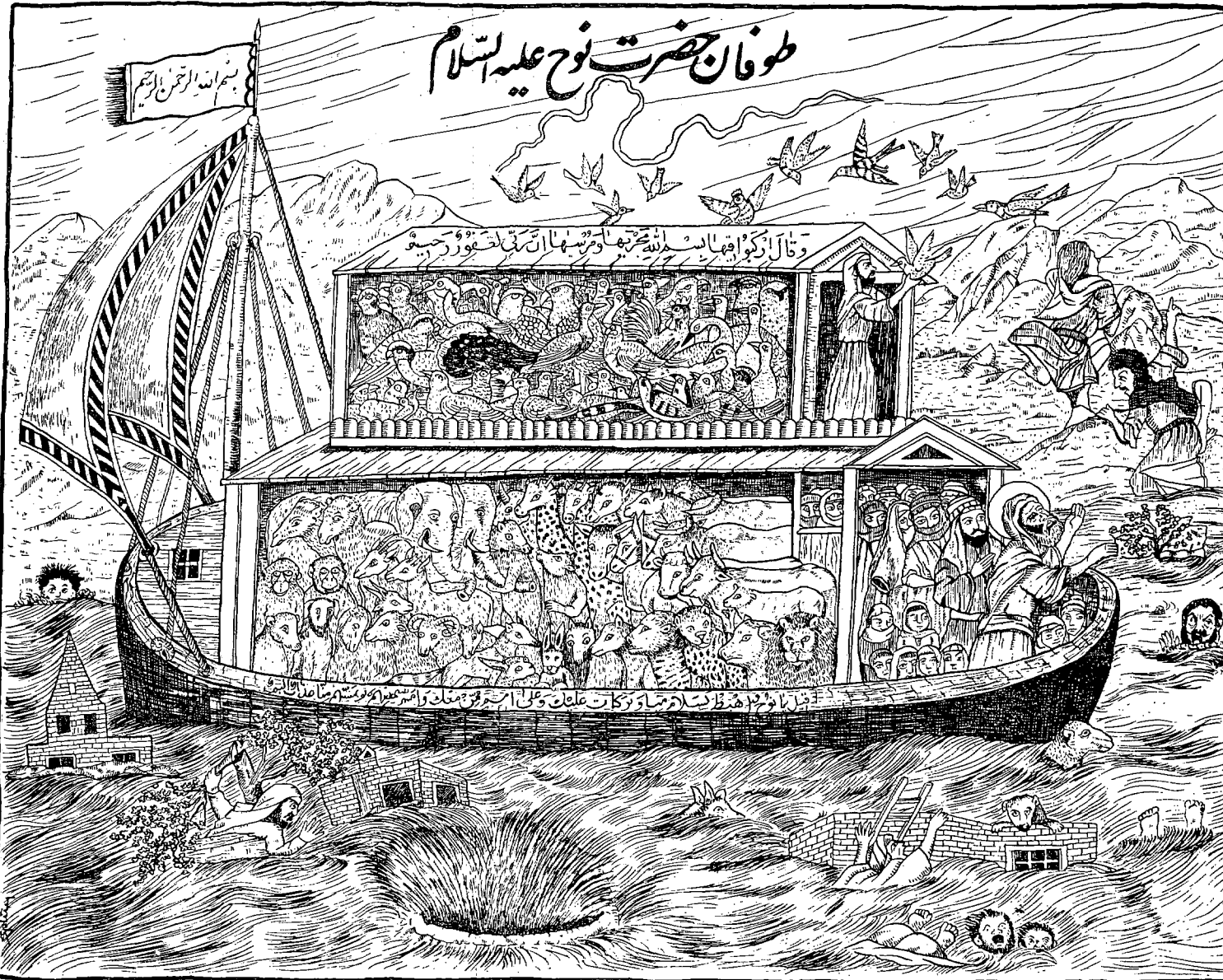


Figura 2.

Figura 1.



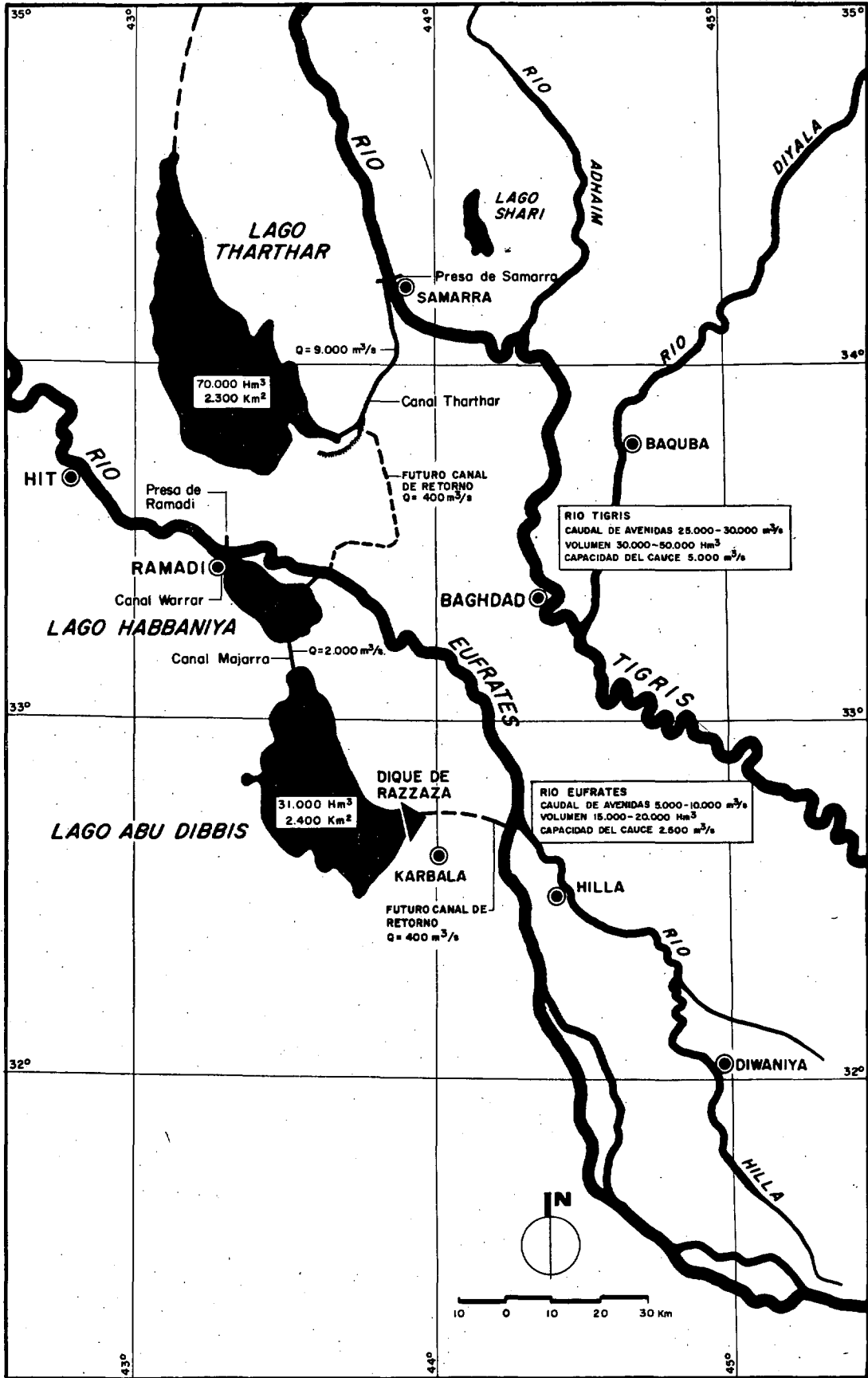


Figura 3.

feraces huertas hoy son desiertos. Sin embargo, las causas que dieron lugar al Diluvio subsisten y producen similares efectos. Lo único que ha variado, atenuándose, es la virulencia.

4. ESTRATEGIA DEFENSIVA

Dados los volúmenes de agua implicados en estas crecidas, la defensa tiene que cifrarse en la laminación de las puntas de embalse en el curso medio, y el obligado desvío del grueso de la crecida (imposible de digerir por un embalse convencional), hacia depresiones naturales que, situadas en pleno desierto, permiten crear embalses de gran superficie y capacidad a mínimo coste.

De esta forma el exceso de caudal sobre los 5 000 metros cúbicos por segundo de que es capaz el río Tigris se desvía a la depresión del Tharthar por medio de la presa de Samarra y un canal de 60 Km. de longitud que puede transportar 9 000 m.³/seg.

Los 20 000 Hm.³ desviados durante las crecidas de 1969, llenaron totalmente la depresión formando un lago artificial de 2 300 Km.² de extensión y 70 000 Hm.³ de agua embalsada. Sus aguas, que anteriormente tenían una concentración salina tan alta que las hacía impropias para la agricultura, se convirtieron en dulces (menos de 1 000 partes por millón), según podemos certificar por la confección de suculentas paellas.

Al ser la evaporación (2 000 mm. por año) la única salida del agua, ha sido necesario incrementar la capacidad del lago hasta 80 000 Hm.³, mediante la construcción de un dique de 4 m. de altura, al mismo tiempo que se vacían en el Éufrates los últimos 10 m. de agua, mediante un canal de 60 Km. y 400 m.³/seg.

El sistema de control de crecidas del Éufrates es semejante al anterior. El exceso de caudal del río se desvía, mediante la presa de Ramadi y el canal de Warrar, al lago Habbaniya de 3 000 Hm.³ de capacidad que sirve como embalse de regulación, ya que el agua almacenada durante el invierno y primavera se reincorpora al río durante el estiaje, aumentando con ello el caudal y mejorando su quimismo (fig. 3).

Pronto se comprobó que Habbaniya era demasiado pequeño para los volúmenes de agua de una crecida (hasta 20 000 Hm.³). Sin embargo, al Sur de este lago, existía la depresión de Abu Dibbis que, desde antiguo, se venía utilizando como cuenco de evaporación para el drenaje de los regadíos de la huerta de Karba'a y que, fácilmente, podría acondicionarse para compensar el defecto de capacidad de Habbaniya. A tal efecto se construyó un regulador y un canal de 2 000 m.³/seg. que permitía transvasar el agua de uno a otro. En 1941 embalsó Abu Dibbis por primera vez parte de la crecida del Éufrates, formándose un lago de 200 Km.² de superficie. Siete años más tarde fue necesario construir el primer dique periférico en Razzaza con la coronación a la cota 28 (se partía del terreno a la cota 26).

En 1954 Abu Dibbis embalsó 5 000 Hm.³. Apresurada-

mente se recreció el dique hasta la cota 33, creando ya un embalse capaz para 9 500 Hm.³.

Durante el período 1966-1968 el Éufrates tuvo grandes crecidas y, en consecuencia, el volumen de agua entrado superó ampliamente al consumido por evaporación. Así, en 1967, se desviaron al lago 6 000 Hm.³, subiendo su nivel a 29,50 lo que obligó, con el fin de tener una reserva ante la posible entrada del año siguiente, a recrecer el dique de Razzaza por tercera vez, hasta la cota 35, creando un embalse de 12 000 Hm.³. Pero al año siguiente 4 500 Hm.³ de agua entraron en el embalse de Abu Dibbis, alcanzando el agua esta vez, la cota 31,80 por lo que el país se encontró, de nuevo, sin defensas ante la posible crecida de 1969.

Por tercer año consecutivo se cernía la amenaza sin un embalse donde poder acomodar la crecida. Por otra parte, el dique, producto final de tres recrecimientos realizados apresuradamente, sin un control adecuado, se encontraba en precario estado de salud. Se había erigido directamente sobre arenas eólicas y fluviales, albarda sobre albarda, y englobaba incluso los antiguos drenes y tuberías de bombeo carcomidas ya por la herrumbre. El encachado que servía como protección al último recrecimiento estaba abarrancado por las tormentas. El dren de aguas abajo no funcionaba adecuadamente, surgía el agua arrastrando arenas, y grandes lagunas a poca distancia de la presa, indicaban sifonamientos a través de unos cimientos excesivamente permeables para las cargas de agua impuestas. La presencia de yeso en grandes proporciones en todos los horizontes y especialmente en las arenas, hacía temible el desarrollo de estas vías de penetración del agua por disolución y arrastre.

5. EL PRIMER MANDATO

En estas circunstancias un Consultor español, Torán y Compañía, recibió de la Administración iraquí el encargo de coordinar, proyectar y dirigir la rehabilitación y recrecimiento de un dique de 1 500 m. de longitud, sobre un cimiento de arena y yeso, para acomodar la crecida que amenazaba a cinco meses vista.

La prueba debería ser dura, no sólo para este Consultor, sino también para los Contratistas, en cuya selección intervino.

Significaba que todos los trabajos pertinentes a realizar en un desierto: topografía, investigación geológica y geotécnica, ensayos de materiales, proyecto y construcción de una pantalla de impermeabilización de 40 000 m.² y el recrecimiento del dique, hasta alcanzar una longitud de 3 Km., con la consiguiente protección contra las olas, debía estar completado en un plazo de siete meses, estando en condiciones de poder embalsar agua durante la construcción, caso de que las circunstancias lo exigiesen.

La obra, confiada a la ingeniería española desde la formalización de los contratos internacionales hasta su terminación, se realizó en el plazo previsto de siete meses. En ella actuaron como contratistas Soletanche de París,

para la pantalla de impermeabilización, Geoteknika de Zagreb para los sondeos y ensayos geotécnicos, y Al-Lafi de Bagdad para la obra de tierra.

Y cuando, con vitola milenaria, llegó la crecida del Éufrates, agravada por las inundaciones provocadas por el Tigris y el Karum, fue posible embalsar detrás del dique que se estaba construyendo 10 500 Hm.³ que, en caso contrario hubieran hecho catastrófica la crítica situación hidrológica por la que atravesaba el país.

6. EL SEGUNDO MANDATO

Sin embargo, la historia volvió a repetirse. Al acabar el recrecimiento el embalse volvió a estar lleno y el país casi sin defensa ante las futuras crecidas, ya que la re-

7. PROBLEMATICA ESPECIFICA DE RAZAZA

7.1. El gran embalse.

La excepcional capacidad de embalse de Abu Dibbis, circunstancia que le hace idóneo para el control de las crecidas del Éufrates, presta un carácter peculiar con una problemática propia.

Es imposible un desembalse rápido. La única salida del agua, la evaporación, consume dos metros por año (3 500-4 000 Hm.³). Aunque pudiera contarse con desagües de fondo de gran capacidad, se tardaría más de un año en bajar 14 m. el nivel del agua. Como consecuencia:

- La puesta en carga no tiene posibilidades de recificación.

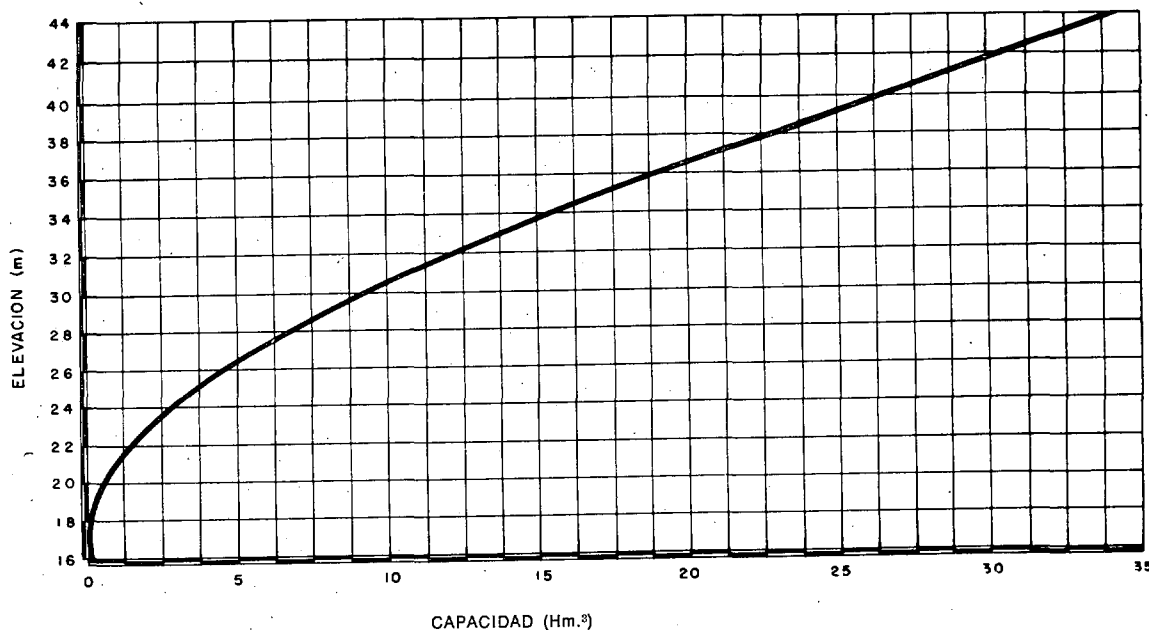


Figura 4.

serva proporcionada por el lago Habbaniya y la evaporación (6 000 Hm.³), era totalmente insuficiente ante una posible crecida similar a la del año en curso.

Por tanto, la Administración iraquí decidió recrecer de nuevo el dique hasta la cota 44 extensible hasta la 45 con un simple parapeto de hormigón. La capacidad hasta el máximo nivel de embalse normal (42,50 m.), sería así de 31 000 Hm.³, la superficie de 2 400 Km.² y la longitud de la presa de 4,8 Km. (figs. 4 y 5).

Se confió de nuevo al grupo español el correspondiente proyecto y supervisión. Los problemas, con ser parecidos, tomaban dimensiones nuevas. Era necesario un control más riguroso aun de impermeabilizaciones, la protección contra el efecto de oleaje tenía que ser más severa, y era necesario localizar nuevas depresiones con características hidrogeológicas y topográficas favorables para verter el drenaje de los riegos de Karbala,

- Es imposible aminorar por vaciados parciales los efectos de cualquier imprevisión o avería.
- Las consecuencias de un hipotético colapso serían de tremenda magnitud.

Era necesario, por tanto, considerar coeficientes de seguridad más altos que en una obra normal, al mismo tiempo que minimizar, con un programa muy completo de observaciones de control, la posibilidad de una avería.

Este programa, en desarrollo ininterrumpido, engloba las observaciones siguientes:

Meteorología.—Registro de temperatura, viento, lluvia, humedad y evaporación.

Agua.—Observación de niveles de agua en el lago, altura de olas, circulación en el dren de la presa, caudales en el dren de regadío, concentración de sales.

Dique.—Control del paramento de aguas arriba, coronación, paramento de aguas abajo, piezometría en las distintas secciones, humedad del terraplen, filtros, asentamientos y giros.

Observaciones que se registran periódicamente en los libros de la presa.

Por otra parte, las características de este embalse son decisivas también en el esquema funcional del control de avenidas, pues si un año el embalse se llena, las reservas contra las avenidas del siguiente son insuficientes. Esto se podría resolver fácilmente, pues en este caso el volumen a evacuar en ocho meses (4 000-8 000 Hm.³), requeriría un aliviadero y canal de conducción hasta el río, de capacidad no excesiva (200-400 m.³/seg.). La dificultad en este caso estriba en coordinar las sueltas de agua salada del lago, de tal manera que no se perjudiquen los cultivos situados aguas abajo.

7.2. Agua de drenaje.

Desde antiguo, la depresión de Abu Dibbis se venía utilizando como cuenco de evaporación para el drenaje de los regadíos de la huerta de Karbala. Este agua, con una elevada concentración de sal, se conducía a la depresión, mediante un dren que, al construirse el dique y elevarse el nivel del lago por encima del dren, quedó cortado, obligando así a construir una estación de bombeo que salvase el desnivel.

La primitiva estación de bombeo quedó inutilizada tras los primeros recrecimientos del dique, por lo que se construyó otra nueva con la tubería de impulsión apoyada sobre el espaldón a la cota 33; ésta quedó, igualmente, cubierta por dos recrecimientos sucesivos, creando un peligro para la seguridad del dique, como quedó demostrado con la impulsión de la primitiva estación de bombeo también abandonada en el cuerpo del dique y que, comida por las aguas selenitosas estalló, al ponerse en carga, durante los dramáticos momentos de la crecida de 1968. Su extracción, bajo el nivel del agua, fue uno de los primeros problemas que hubimos de abordar.

El agua de drenaje de riego que con un caudal de 3 m.³/seg. llega a la presa por el paramento de aguas abajo, había que acomodarla en alguna parte. La solución primitiva de bombearla al lago no era satisfactoria pues, a parte del peligro que representa para una presa de arena una impulsión de esta categoría sobre su espaldón, la altura de bombeo la hacía ya desventajosa. La solución desarrollada consiste en aprovechar la baratura del terreno y acomodar el agua en someras depresiones naturales, lo bastante extensas para alojar todo el volumen y de donde el sol, ampliamente generoso, se encargará de su evacuación.

7.3. Cimiento ignoto.

Las investigaciones geológicas y geotécnicas que realizamos aclararon totalmente la naturaleza de los materiales sobre los que estaba apoyado el dique, especialmente en lo que se refiere a litoestratigrafía, permeabilidad y consistencia. Sin embargo, hubo que decidir aspectos fundamentales de la obra (diafragma y configuración general

de la sección transversal) antes de conocer los resultados finales de las investigaciones.

No había tiempo de comprobar la efectividad de una impermeabilización mediante inyecciones. El único medio seguro, por tanto, era la realización de una pantalla de tipo continuo. Su espesor y profundidad deberían acomodarse a las condiciones del basamento, el tipo de mezcla a los materiales disponibles en el terreno (fig. 6).

La abundancia de yeso, además de proporcionar un excelente y variado muestrario de cristales, fue factor decisivo en la excavación de esta pantalla. La máquina PMP utilizada para la excavación del diafragma delgado, no es adecuada para atravesar las formaciones de arenisca cementada por yeso. Hubo que optar, por tanto, por el diafragma grueso (50 cm.), excavado por máquinas Kelly, con suficiente poder de penetración para llegar a los 20 m. de profundidad requeridos. En los estribos de la presa, donde la profundidad necesaria era solamente la mitad (10 m.), se decidió la utilización del diafragma delgado, pero incluso con profundidades tan pequeñas fue necesario en algunas partes abrir camino a la PMP, atravesando las duras formaciones yesosas con zanjas abiertas por Tranchesol y rellenadas a continuación con arcilla (fig. 8).

Más difícil de resolver fue la composición de la mezcla. No solamente intervenía el complicado panorama geológico de los horizontes a atravesar, sino también la gran concentración de sales en el agua del lago. Al no existir caliza en las proximidades, fue necesario acondicionar una mezcla blanda con la mínima proporción de cemento compatible con su estabilidad.

La estrategia de la sección transversal de la presa estaba dirigida a dos objetivos primordiales. Posibilitar el desarrollo simultáneo de los diferentes trabajos implicados en la construcción del diafragma y del terraplén y, sobre todo, acondicionar una base al núcleo impermeable de la presa de características conocidas y de confianza. Esto se consiguió con un núcleo inclinado que se apoyaba en el terraplén de arena, evitando los posibles conflictos que podía implicar un cimiento de características desconocidas.

7.4. Paramento de aguas arriba.

El embalse de Abu Dibbis está situado en una planicie sin relieve orográfico significativo, por lo que el viento sopla libre de toda perturbación. Dadas las grandes dimensiones del embalse (70 Km. de largo por 50 Km. de ancho) se intuía la posibilidad de formación de grandes olas. Afortunadamente, la poca profundidad del lago limita la formación de olas plenamente desarrolladas; aun así, la ola de cálculo con el nivel de embalse a la cota 37 es de 2,10 m., la cual requiere, para proteger el dique adecuadamente, una escollera con bloques de más de 300 Kg.

La prospección geológica evidenció la imposibilidad de conseguir, dentro de una distancia de transporte razonable, escollera de ese tamaño, por lo que se optó por una protección formada por dados de hormigón.

La solución proyectada y realizada consistió en una

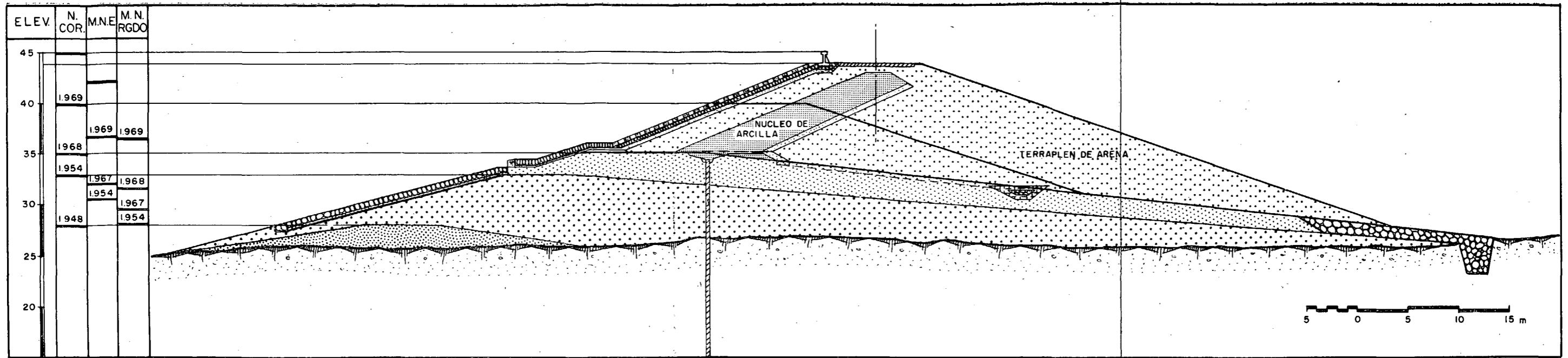


Figura 5.

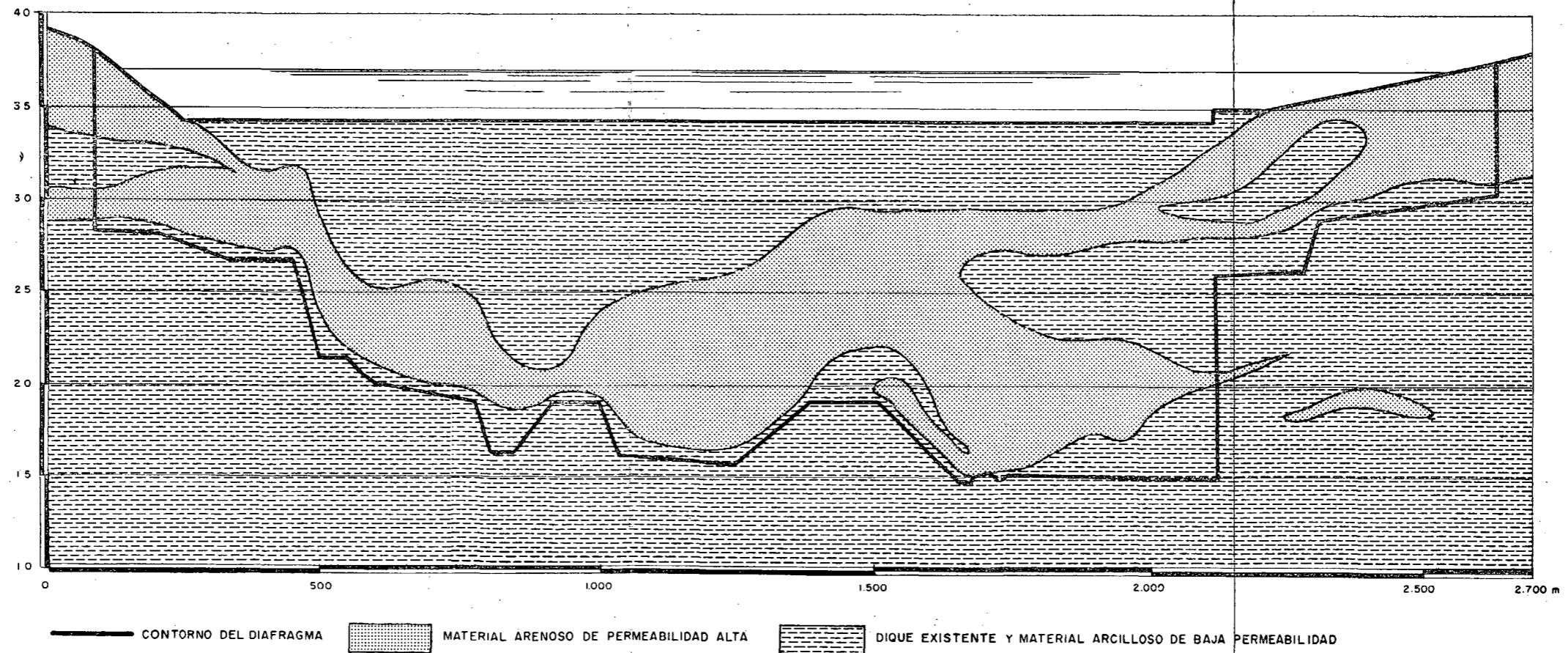
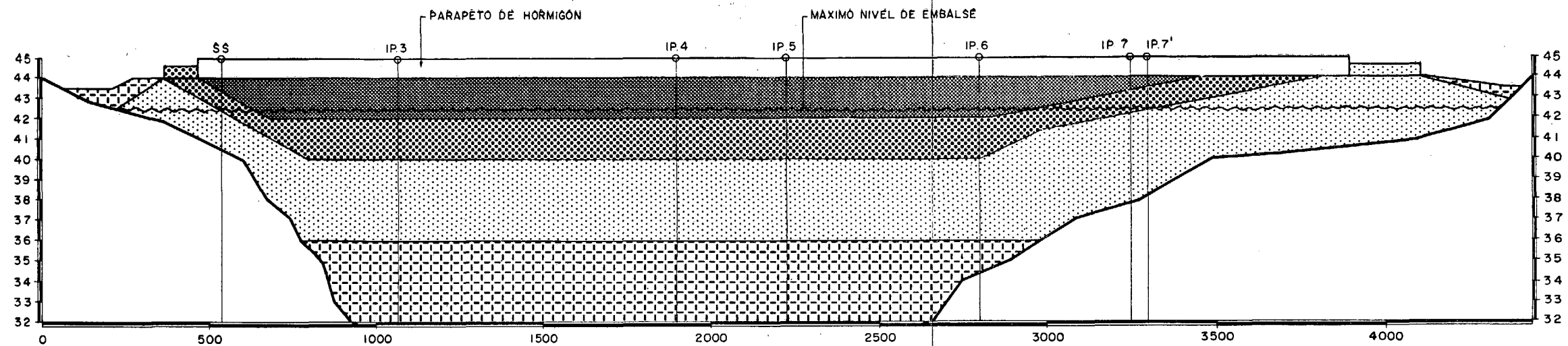
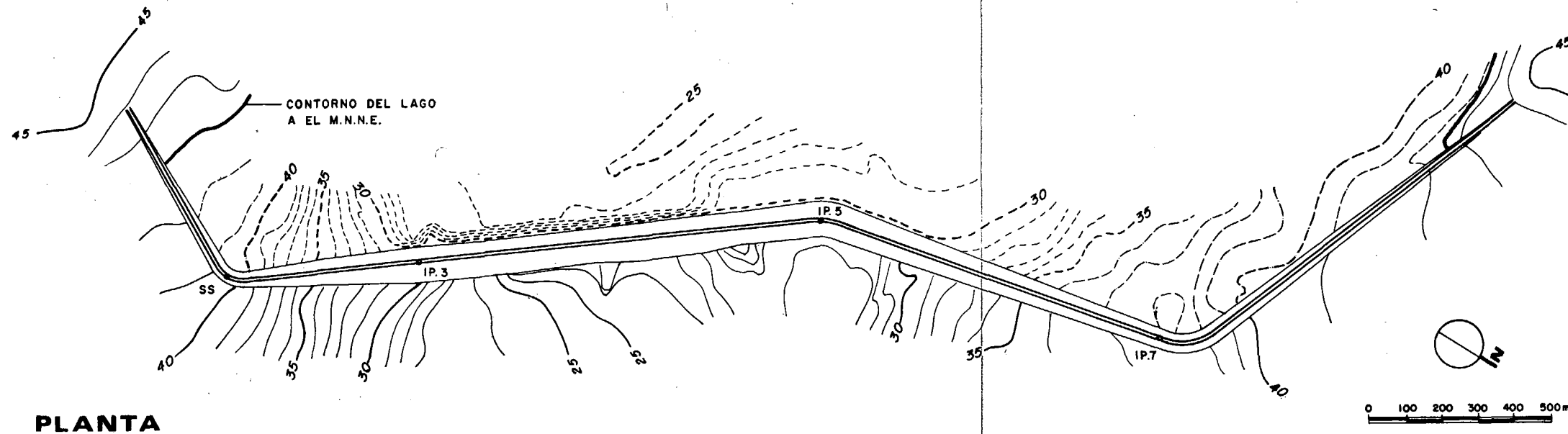


Figura 6.



RIP-RAP
 BLOQUES DE 330Kg
 BLOQUES DE 410 Kg
 BLOQUES DE 490 Kg

PERFIL



PLANTA

Figura 7.

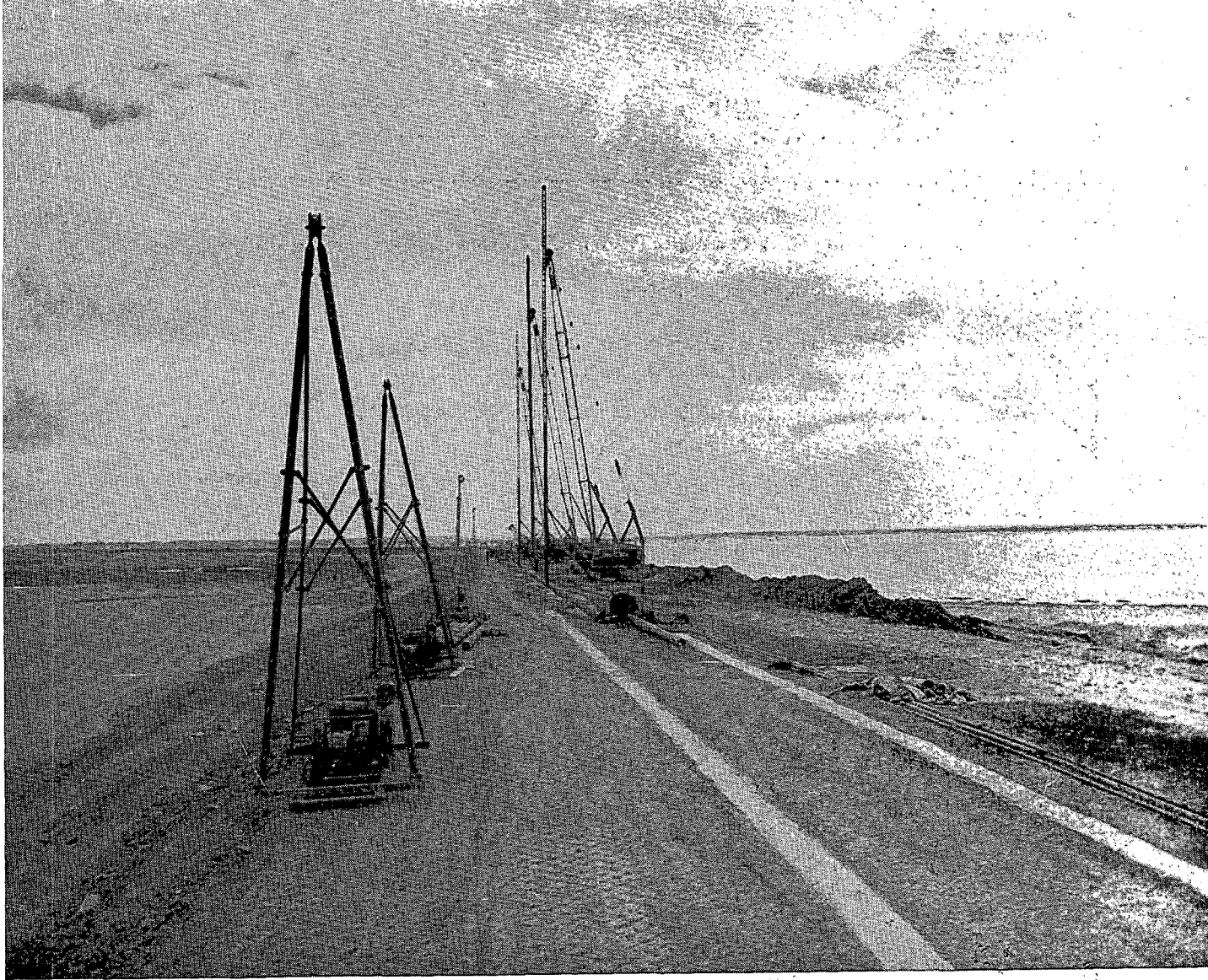


Figura 8.

protección de bloques paralelepípedicos, fabricados *in situ* de 300 Kg. de peso, sobre una capa de escollera colocada a mano, formando hileras a todo lo largo de la presa. Dentro de cada fila los bloques están separados por un hueco equivalente al tercio de su longitud, y dos filas consecutivas están colocadas de forma tal que el centro de los bloques de una de ellas coincide con el de los huecos de la otra, formando un aparejo geométrico que, además de grandes ventajas funcionales y de economía, ofrece un aspecto agradable (fig. 9).

Al recrecer el dique de nuevo (1970), y aumentar la profundidad del agua, el problema se complica, pues las olas se liberan parcialmente del efecto de fondo: con un nivel de embalse de 42,50 y una velocidad del viento de 75 Km./hora la altura de ola es ya de 3,20 m. En las proximidades del dique las olas, afectadas por la refracción inducida por la profundidad decreciente y la forma de la

costa, cambian de dirección y altura. El estudio del oleaje, permitió diferenciar zonas a lo largo del dique, con diferentes alturas de ola de cálculo. Así, con el embalse a la cota 37, esta altura es de 2,10 mientras que a la 42,50 es de 2,55 en el cuerpo central de la presa y de 2,20 en las alas.

Como quiera que el peso de los bloques tiene que ser proporcional al cubo de la altura de ola, en la parte superior de la presa se necesitaban bloques un 60 por 100 mayores que cinco metros más abajo y, para una misma elevación, más grandes en el centro del dique que en las alas, lo que aconsejó una división del paramento en tres zonas, donde según la altura de ola, se colocaron bloques de 330, 410 y 490 Kg. (fig. 7).

La misma razón, menor altura de olas en las alas que en el centro, permitió recortarla en los extremos, lo que la da un perfil característico en forma de lomo de asno.

Otra consecuencia de las grandes dimensiones del embalse es el fenómeno denominado marea meteorológica, que actúa subiendo el nivel sobre el que se desarrollan las olas.

El viento, al soplar sobre una superficie de agua produce, además de olas, una corriente superficial que forma con la dirección del viento un ángulo variable entre 45 y 20 grados, según la profundidad del agua. Frecuentemente la forma de la costa impide la circulación del agua,

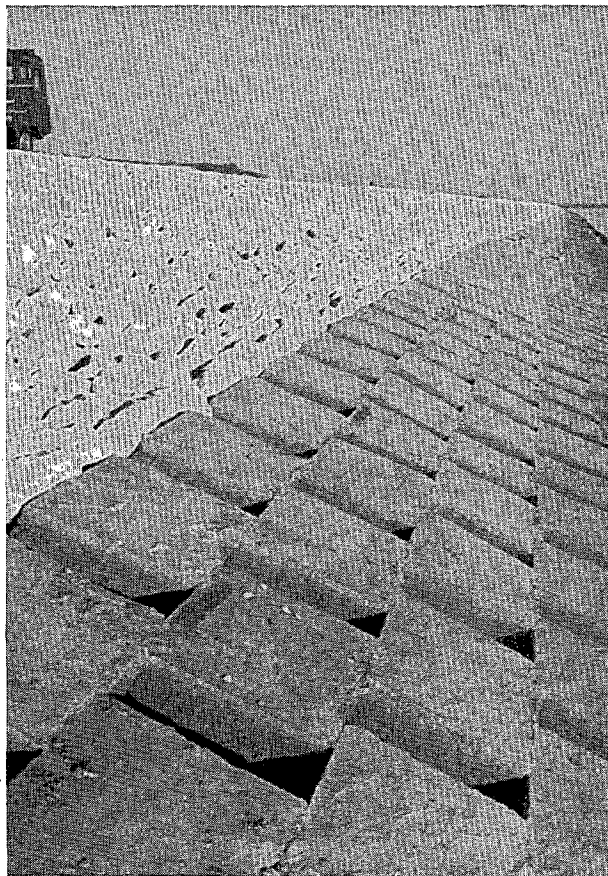


Figura 9.

produciendo como consecuencia una sobre elevación, función de la velocidad del viento y profundidad del agua, siendo máxima en las costas planas y en los lagos extensos y poco profundos.

El gradiente de la presión atmosférica contribuye también a esta sobre elevación. El efecto combinado de ambos fenómenos es lo que se denomina marea meteorológica que, en algunos casos excepcionales, puede alcanzar valores muy altos (por ejemplo, en la costa holandesa donde en 1953 superó los 4 m.). En el caso del embalse de Abu Dibbis, esta sobre elevación puede alcanzar 38 cm. que hay que añadir al nivel máximo de embalse, para hallar la zona batida por las olas.

7.5. Paramento de aguas abajo.

Igualmente, el paramento de aguas abajo también necesitaba protección. Las lluvias torrenciales, el sol (en verano la temperatura puede superar los 50° a la sombra), el viento y toda clase de animales son los elementos de los que el dique necesita protección.

El terraplén que forma este paramento está construido con arena eólica. Esta arena después de regada con agua del lago y compactada por el paso de los camiones forma un cuerpo homogéneo y de gran resistencia.

El principal factor aglutinante de los granos de arena es la humedad, por ello, la capa superficial, seca, aparece integrada por arena suelta, mientras que 50 cm. por debajo de la superficie la arena húmeda permite excavar, sin derrumbarse, taludes verticales. Era, pues, necesaria una capa protectora que aisle el terraplén del aire, evitando la evaporación de la humedad de la arena, y su desplazamiento por el viento, como si de una duna móvil se tratara, al mismo tiempo que la protege de la lluvia y los animales.

Una capa de tierra con cobertura vegetal no duraría mucho tiempo. Cabras y camellos darían buena cuenta de ella; estos animales comen con apetito insaciable no sólo todo lo que tiene color verde, sino incluso las banderolas, cuerdas y jalones empleados en la triangulación (figura 10). Se ensayaron diversos revestimientos a base de impregnación con sales, cloruros y carbonatos, pero no dieron resultado. Finalmente se decidió un resguardo de hormigón asfáltico protegido de los peripatéticos paseos de los camellos por una capa de grava.

Esta capa protectora no se llegó a ejecutar porque cuando se acabó la obra de tierra se presentaba la necesidad de recrecer de nuevo el dique. El revestimiento se sustituyó, pues, por una capa suplementaria de arena de medio metro de espesor, que protegiese el terraplén ya existente de los efectos de la evaporación.

8. PROBLEMAS DE CONSTRUCCION

Siete meses de plazo de construcción para un dique de 3 Km. de longitud y una pantalla de 40 000 m.², frente a un río amenazador, acarrearón problemas no previstos.

El desierto, a 6 000 Km. de España, impuso un modo de vivir frugal y austero. Hubo que crear, donde casi nada había, un habitat para las diferentes comunidades (española, francesa, yugoslava e iraquí) que participaban en el empeño.

La distancia obligó, por una parte, a la máxima utilización de recursos locales y, por otra parte, a instrumentar soluciones cuando los recursos disponibles fallaban.

Así, por ejemplo, la carencia de cal condujo a una dosificación de la mezcla del diafragma con una mínima proporción de cemento. La inexistencia de roca llevó a una solución original para la protección del paramento de aguas arriba. El no poder disponer a tiempo de una estación de hormigonado, obligó a fragmentar y multiplicar los equipos de hormigonado (hasta 18 equipos completos

estuvieron trabajando simultáneamente). La calidad irregular de algunos materiales requirió un cuidadoso control.

La única ventaja del desierto fue la abundancia de arena. Proporcionó un inmejorable material para la construcción de terraplenes, ya que, después de regada con el agua del lago cargada de sulfatos, y compactada con el continuo tráfico controlado de camiones, constituyó un terraplén homogéneo, extremadamente compacto y auto-drenante.

Toda la maquinaria utilizada para la construcción del diafragma: Tranchesol, Kelly, PMP, grúas, mezcladoras, tubería, maquinaria auxiliar, hubo que transportarla por ferrocarril desde Europa. En total 600 toneladas de equipo llegaron al desierto a través de ocho fronteras y 6 000 kilómetros.

Fiel reflejo de la heterogeneidad de los componentes de tamaño empeño fue la complicada organización contractual. Un contrato de la Administración iraquí, y responsable ante las leyes del país, fue formulado y administrado por españoles para franceses, yugoslavos e iraquíes.

9. SIGNIFICACION CUANTITATIVA DEL DIQUE DE RAZZAZA

El caso de Razzaza se sale del marco de una presa convencional. Su cuenca endorreica le asemeja más a un lago que a un embalse normal. La protección del paramento de aguas arriba guarda más relación con la hidráulica marítima que con problemas de tierra adentro. Por otra parte, la longitud de la presa (4 800 m.) la coloca entre las primeras del mundo. El volumen de agua embalsada (31 000 Hm.³) hace el número 21 entre los mayores embalses del mundo. Sin embargo, donde creemos que se han batido todos los récords es en el volumen de agua embalsada durante el período de construcción y en su ritmo. Basta decir que 10 500 Hm.³ fueron embalsados en cinco meses y de éstos, 5 000 lo fueron en un mes. Mayo de 1969 fue una época plena de emociones para los que pusieron su esfuerzo en Razzaza. Todos los días, de manera fatal, el nivel del lago subía 10 cm.; 170 Hm.³ de agua entraban diariamente en Abu Dibbis. Una dramática carrera contra reloj entre el creciente nivel del lago y el recrecimiento de la presa, permitió evitar que los 5 000 hectómetros cúbicos desviados del Éufrates durante el

mes de mayo tornaran en catastrófica la primavera de 1969.

La segunda etapa de trabajos, iniciada casi a embalse lleno, no tiene caracteres tan agobiantes, ya que el peligro de crecidas se presenta muy atemperado, en este año 1970.

Como datos interesantes conviene señalar que, en estas dos campañas, además de los 40 000 m.² de pantalla, se han colocado 210 000 m.³ de arcilla, 940 000 m.³ de arena, 23 000 m.³ de escollera y se fabricaron más de 126 000 bloques de hormigón para protección contra el oleaje.

10. EL FUTURO

El actual sistema de defensa contra las crecidas de los ríos tiene un fundamental defecto estructural. El agua embalsada se consume únicamente por evaporación. Las grandes crecidas obligan a desviar a los lagos grandes volúmenes de agua, que ocasionalmente llenan los embalses y desarman el sistema.

Además, el agua es un elemento demasiado precioso para dejarlo perder por evaporación. Hay que incorporarla al haber productivo del país, regularizando el caudal de los ríos mediante los embalses ya existentes.

La solución es sencilla. Canales que incorporen las aguas embalsadas en Abu Dibbis y Tharthar, durante las crecidas, a los pobres caudales de estiaje del Éufrates. Ni la longitud de estos canales (60 Km.), ni su capacidad (400 m.³/seg.), ofrecen dificultades insuperables.

EPILOGO

Toda obra de Ingeniería Hidráulica es una modificación de la Naturaleza. Rompe el equilibrio que ésta alcanzó en el devenir de siglos. Irrupción que nunca es más violenta que en las obras de defensa contra las crecidas de los ríos, ya que lo que se pretende modificar, poniéndole fronteras, es un fenómeno que ha superado los límites que el hombre le había impuesto.

Cuando la ejecución de la obra lucha contra reloj con esta confrontación de límites, la ingeniería ha de valerse de todos los recursos para imponer las condiciones de borde. Esta ha sido, una vez más, la experiencia del dique de Razzaza.

Figura 10.

