



Compagnie Nationale du Rhône

Compagnie Nationale du Rhône
Direction Ingénierie Ouvrages Hydrauliques et Fluviaux
I.00009.001 (CL04)

Canal del Dique

**Nota de cálculos de dimensionamiento y estabilidad
de las obras civiles de CALAMAR y PARICUICA**

ECLUSAS ET OBRA DE REGULACION

SUMARIO

1	ESCLUSA DE CALAMAR	3
1.1	Obras estudiadas	3
1.2	Dimensiones principales de las obras	3
1.2.1	Cabezales	3
1.2.2	Cámara	3
1.3	Hipótesis	4
1.3.1	Cabezales	4
1.3.2	Cámara	4
1.4	Resultados	5
1.4.1	Cabezales	5
1.4.2	Cámara	5
2	OUVRAGE DE REGULATION DE CALAMAR	6
2.1	Obras estudiados	6
2.2	Dimensiones principales de las obras	6
2.3	Hipótesis	6
2.4	Resultados	7
2.4.1	Pila de orilla	7
2.4.2	Pila central	7
3	ESCLUSA DE PARICUICA	8



1 ESCLUSA DE CALAMAR

1.1 Obras estudiadas

Las obras estudiadas en este capítulo son: los dos cabezales y la cámara de la esclusa de Calamar.

Las obras de dirección de los barcos, constituidas por muros de concreto armado, no son consideradas en los cálculos: en efecto, su funcionamiento muy sencillo y su utilización muy corriente son tales que la estabilidad y la resistencia de las mismas no son sujetas a interrogaciones.

Los garajes por los barcos, que incluyen Duques de Alba, tampoco son el objeto de cálculos: su dimensionamiento está basado en la experiencia de obras similares ya realizadas. Además, no se trata de obras sensibles cuyo fallo podría poner en entredicho la utilización de la vía navegable y/o de la esclusa.

1.2 Dimensiones principales de las obras

1.2.1 Cabezales

Aguas arriba y aguas abajo, la esclusa está provista de un cabezal, de dimensiones en plano: 45 m de ancho por 31.50 m largo. La anchura para el paso de los barcos es de 27m. Cada cabezal está constituido de dos muros laterales incluyendo:

En parte baja, dispositivos de llenado o de vaciado,

En parte alta, los mecanismos de maniobra de las puertas y de las compuertas de alimentación.

1.2.2 Cámara

La cámara está constituida de una "U" en concreto armado.

Los dos muros laterales tienen:

Una altura de 12.40 m,

Un grosor de 2.00 m en la base al ajuste en la solera, y de 1.00 m en la extremidad superior.

La losa tiene un grosor constante de 2.00 m.

La cámara de 210 m de largo está constituida de 8 elementos idénticos de 26.25 m de largo cada uno.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Cabezales

Solo el cabezal aguas arriba fue dimensionado, ya que el cabezal aguas abajo, de dimensiones idénticas se somete a fuerzas menos importantes.

Debido a sus dimensiones importantes en plano y su baja altura relativa, no es posible considerar una posibilidad de basculamiento de la obra o deslizamiento sobre el suelo de fundación, o menos todavía de inestabilidad general (gran deslizamiento).

La obra se da por indeformable en su conjunto.

Los únicos elementos que deben comprobarse son las fuerzas aplicadas (no perforación) al suelo y la imposibilidad de “puesta en flotación” de la obra en condiciones excepcionales (obra en mantenimiento pues aislada por ataguías).

Estos dos elementos son comprobados por dos casos de carga:

- Perforación con peso propio máximo, bajo presión mínima: con niveles de agua mínimos, aguas arriba, aguas abajo y en los terraplenes,
- Puesta en flotación de la obra: con un nivel máximo aguas arriba, en ausencia de agua y subpresión máxima (pero realista).

1.3.2 Cámara

La obra se calcula para un tramo de 1m en el sentido longitudinal.

A falta de datos de suelo, la obra se da por indeformable al nivel de la fundación. Se toma pues la reacción del suelo uniforme o lineal sobre la anchura (a la etapa de estudio de proyecto, procederá hacer el estudio en deformaciones).

Como su cargamento es casi simétrico en el sentido transversal, no se prevé ningún deslizamiento según esta dirección.

Como la obra es muy larga, no se prevé deslizamiento en esta dirección.

Tampoco se prevé un basculamiento de la obra según una de sus direcciones, y menos todavía de inestabilidad general (gran deslizamiento).

Los elementos que deben comprobarse son:

- No perforación del suelo de fundación,
- No puesta en flotación de la obra,
- Resistencia de los muros en el ajuste en la solera,
- Estado de deformación de los muros en la parte superior (mantenimiento del galibo de navegación).

Este último elemento puede calcularse en la fase proyecto del estudio para determinar la contra flecha de construcción que debe preverse, pero no es necesario para el dimensionamiento.

1.4 Resultados

1.4.1 Cabezales

La siguiente tabla es una síntesis de los cálculos realizados.

		tema	peso de la obra (t)	peso del agua (t)	sub presión (t)	peso del terreno (t)	TOTAL (t)	sigma (Mpa)	
Caso 1	funcionamiento normal		perforacion	20 000	2 835	-5 670	0	17 165	0.12
	nivel aguas arriba	1.00							
	nivel aguas abajo	1.00 - ε							
	nivel de aguas en el terreno	1.00							
Caso 2	mantenimiento de obra		puesto en flotacion de la obra	20 000	0	-14 175	0	5 825	0.04
	nivel aguas arriba	8.60							
	nivel aguas abajo	< -3.00							
	nivel de aguas en el terreno	7.00							

NB 1 : el nivel de agua de 7.00 en el terreno correspond a un caudal de 800 m3/s establecido en el canal

NB 2 : la canbeza aguas abajo esta identica a la de aguas arriba, y los casos para esta son mas favorable

1.4.2 Cámara

La siguiente tabla es una síntesis de los cálculos realizados:

		nivel de agua (msnm)	tema	peso de la obra (t)	peso del agua (t)	sub presión (t)	peso del terreno (t)	TOTAL (t)	sigma (Mpa)
Caso 1	funcionamiento normal		flexion de los muros hacia el exterior	228	313.2	-186	22	377.2	0.12
	nivel de agua en la camara	8.60							
	nivel de agua en el terreno	1.00							
Caso 2	funcionamiento normal		flexion de los muros hacia el exterior	228	313.2	-372	17	186.2	0.06
	nivel de agua en la camara	8.60							
	nivel de agua en el terreno	7.00							
Caso 3	funcionamiento normal		flexion de los muros hacia el interior	228	108	-372	36	0	0.00
	nivel de agua en la camara	1.00							
	nivel de agua en el terreno	7.00							
Caso 4	mantenimiento de la camara		flexion de los muros hacia el interior puesto en flotacion de la obra	228	0	-294.5	68	1.5	0.00
	nivel de agua en la camara	< -3.00							
	nivel de agua en el terreno	4.50							
Caso 5	mantenimiento de la camara		flexion de los muros hacia el interior perforacion	228	0	-186	22	64	0.02
	nivel de agua en la camara	< -3.00							
	nivel de agua en el terreno	1.00							

NB 1 : el nivel de agua de 7.00 en el terreno corresponde a un caudal de 800 m3/s establecido en el canal

Tenida en cuenta la posibilidad de un nivel de agua alto en los terraplenes adyacentes a la obra, esta última no es estable en todas las condiciones y, en particular, cuando el nivel del acuífero freático es alto (> 4.50 msnm). Por consiguiente, no es posible ponerlo seco (aislamiento con ataguías) por mantenimiento con todas las garantías queridas. Se decide pues no aislar por mantenimiento la cámara, lo que no presenta verdadero inconveniente, ya que la cámara no implica ningún dispositivo de llenado o vaciado (de tipo acueducto por ejemplo). Sin embargo, si visitas deben tener lugar, por ejemplo para examinar el estado del concreto, se harán de manera subacuática, es decir con la ayuda de submarinistas.

Además, en el caso excepcional en que se querría poner la cámara seca para mantenimiento, algunos pozos pueden estar previstos a lo largo de la cámara (de ambos lados) para proceder a un descenso del acuífero freático.

2 OUVRAGE DE REGULATION DE CALAMAR

2.1 Obras estudiados

En este capítulo se estudian las estructuras principales de la obra de regulación, es decir las pilas y la losa.

Los muros “peso” aguas arriba y aguas abajo, muy clásicos, no presentan mayor dificultad de dimensionamiento y tampoco de estabilidad si la construcción se hace correctamente.

2.2 Dimensiones principales de las obras

La obra es constituida de 4 pilas, 2 pilas de orilla y 2 pilas “centrales”, soportadas por una losa general, de grosor constante de 2.80 m. Hay pues 3 “pasos” de 18 m de ancho. Las pilas tienen 25 m de largo y un grosor constante de 2.80 m, igual al de la losa.

Las dimensiones totales en plano son pues las siguientes : longitud : 25 m; anchura: 65.20 m.

2.3 Hipótesis

- La obra es construida según el siguiente cronograma:
 - Construcción de las pilas de orilla (una pila y una porción de losa adyacente de 4.50 m),
 - Construcción de las pilas centrales (una pila et dos porciones de losa de 4.50 m de ambos lados),
 - Relleno de las pilas de orilla,
 - Construcción de las losas entre las pilas.
- La obra es completamente simétrica, así que estudian solo dos partes :
 - Una pila de orilla y su media-losa adyacente,
 - Una pila central y sus dos media-losas adyacentes. Esas obras son calculados independientemente (lo que va hacia más seguridad), lo que no corresponde a la realidad.
- Las obras son consideradas como indeformables.
- La inestabilidad general no es contemplada (gran deslizamiento)
- Para cada parte, 3 casos principales de cargamento son contemplados, lo que cubre el conjunto de los casos de carga posibles y permite obtener los efectos extremos:
 - Fin de construcción
 - Obra en servicio, compuertas cerradas, nivel de crecida milenias (vertimiento por encima de las compuertas)
 - Obra en mantenimiento, con niveles aguas arriba y aguas abajo al límite de vertimiento por encima de las ataguías.

2.4 Resultados

Las siguientes tablas son la síntesis de los cálculos realizados

2.4.1 Pila de orilla

Caso	descripcion	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Momento longitudinal My (t.m)	Momento transversal Mx (t.m)	Deslizamiento longitudinal	Deslizamiento transversal (Phi = 22°)	fuerzas en las 4 esquinas de la estructura (Mpa)			
1	fin de construccion relleno total ancho 7.30 m	0	1 958	3 425	0	5 653	ningun deslizamiento	0.7	-0.07	0.44	-0.07	0.44
1bis	fin de construccion relleno H-2m ancho 7.30 m	0	1 393	3 425	0	1 549	ningun deslizamiento	1.0	0.12	0.26	0.12	0.26
1 ter	fin de construccion relleno H-3m ancho 9.00 m	0	1 191	3 744	0	-1 490	ningun deslizamiento	1.3	0.27	0.14	0.27	0.14
2	de servicio Z amont 9.70 msnm Z aval 2.30 msnm	465	2 349	3 059	521	3 254	2.7	ningun deslizamiento posible	0.04	0.16	0.05	0.16
3	mantenimiento Z amont 8.60 msnm Z aval 5.00 msnm	253	2 646	1 162	1 711	2 847	1.9	ningun deslizamiento posible	-0.02	0.07	0.00	0.10

Las pilas de orilla no parecen estables al deslizamiento según el esquema considerado (caso 1). Además, las fuerzas de compresión bajo la suela de este “muro” son elevadas (0.44 Mpa) con respeto al suelo de fundación supuesto.

Pues se previeron modificaciones: una primera solución consiste en no rellenar la obra sobre toda su altura y en detenerse al nivel - 2 m: se disminuye claramente el empuje de los terraplenes. Tratándose de una fase provisional, se podría dar el coeficiente por aceptable (coeficiente = 1).

Una segunda solución consiste en tener en cuenta una anchura de suela más importante para las pilas de orilla. Se realizó una prueba con una media-anchura de paso o sea 9.00 m. Los resultados son entonces satisfactorios.

Las presiones bajo la obra varían de -0.02 MPa a 0.27 MPa.

2.4.2 Pila central

Caso	descripcion	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Momento longitudinal My (t.m)	Momento transversal Mx (t.m)	Deslizamiento longitudinal	Deslizamiento transversal (Phi = 22°)	fuerzas en las 4 esquinas de la estructura (Mpa)			
1	fin de construccion	0	0	4 269	0	0	ningun deslizamiento	ningun deslizamiento	0.14	0.14	0.14	0.14
2	de servicio Z amont 9.70 msnm Z aval 2.30 msnm	1 070	0	4 607	1 980	0	1.74	ningun deslizamiento posible	-0.08	-0.08	0.25	0.25
3	mantenimiento Z amont 8.60 msnm Z aval 5.00 msnm	796	-606	2 553	3 127	8 975	1.03	ningun deslizamiento posible	-0.02	0.08	0.01	0.11

No hay ningún problema de deslizamiento para las pilas centrales. El valor de 1.03 es extremadamente pesimista ya que se calcula la obra como que funciona de manera independiente, aunque en la realidad haya continuidad del concreto.

Las presiones bajo la obra varían de -0.08 MPa + a 0.25 MPa para el caso muy excepcional de crecida milenaria.

3 ESCLUSA DE PARICUICA

La esclusa de Paricuica está formada por 2 cabezales separados por una porción de canal.

Los cabezales están constituidos por cajones alveolados en acero que se construirán en astillero y serán luego traídos en el sitio por flotación. Después estar hundidos, serán llenados con hormigón y provistos de sus últimos equipamientos.

Estas estructuras no implican ningún problema de estabilidad una vez establecidas, el punto delicado siendo el calado a prever durante el transporte: este calado debe ser suficiente para la estabilidad en marcha, pero limitado por la profundidad de agua mínima encontrada durante el trayecto.

Los otros elementos de la esclusa son:

- Los duques de Alba de los garajes, aguas arriba y aguas abajo,
- Los duques de Alba en el interior de la cámara,
- Las estacadas metálicas de dirección de los barcos, aguas arriba y aguas abajo.

Todas estas estructuras son clásicas y se aplicaron en numerosas ocasiones. Se calcularán durante de la siguiente fase de estudio (Proyecto).