

Capítulo 4

Síntesis de las construcciones hidráulicas que forman parte de un sistema fluvial con embalse de regulación

4.1. Construcciones hidráulicas principales de un sistema fluvial con embalse de regulación

Al revisar los diferentes esquemas de implantación de los sistemas fluviales con embalse de regulación presentados en el cap. 2, es posible identificar las principales construcciones hidráulicas que forman parte de ellos, con independencia del usuario (propósito múltiple, energético, agrícola municipal, ambiental). En la Tabla 4.1 se identifican dichas construcciones y su objetivo fundamental:

Tabla 4.1
Principales construcciones hidráulicas en los sistemas de regulación

Construcción	Objetivos
Presa de regulación	<ul style="list-style-type: none">• Cerrar del cauce y contener el agua para formar un embalse de regulación• Incrementar la carga potencial (energía potencial específica)
Aliviadero de excedentes	<ul style="list-style-type: none">• Evacuar los volúmenes de agua excedentes que se ubican sobre el NNE.• Restituir al cauce natural los volúmenes de agua evacuados, con una dinámica de flujo adecuada.

Construcción	Objetivos
Desagüe de operación u obra de toma.	<ul style="list-style-type: none"> • Captar desde el embalse los volúmenes de agua requeridos por los usuarios del sistema, de conformidad con el gráfico anual de demanda. • Posibilitar una dinámica adecuada de los caudales captados, antes de su ingreso a la obra de conducción.
Desagüe de uso actual y/o ecológico.	<ul style="list-style-type: none"> • Captar desde el embalse los volúmenes de agua requeridos por los usuarios actuales del cauce, (usuarios anteriores a la construcción de la presa), incluidos los requerimientos de agua sanitarios y ambientales, aguas abajo de la presa, de conformidad con un gráfico anual de demanda. • Posibilitar una dinámica adecuada de los caudales captados, antes de su restitución al cauce natural o entrega a la obra de conducción específica.
Desagüe de emergencia o desagüe de fondo.	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilitar el vaciado del embalse en el menor tiempo posible, en caso de emergencia. • Excluir la posibilidad de desestabilización de las laderas y taludes colindantes con el embalse debido al descenso inadecuado del nivel de agua.
Desagüe de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> • Desviar los caudales del río durante el periodo de construcción de las estructuras hidráulicas ubicadas en el cauce natural. • Restituir al cauce natural los caudales desviados, con una dinámica de flujo adecuada. • Pasar, en lo posible, a formar parte de las obras permanentes de desagüe una vez que el sistema entre en operación.
Vías de acceso	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir el acceso fácil a las diferentes construcciones del sistema para fines de mantenimiento, reparación y monitoreo.

4.2. Nivel de importancia de las estructuras hidráulicas en los sistemas fluviales con embalse de regulación

Las estructuras hidráulicas tienen diferente nivel de importancia, dependen de factores como: aporte a la economía nacional, regional o lo-

cal; impacto y riesgos por su salida de operación o destrucción; condiciones geomecánicas del macizo de cimentación; carga hidráulica; costo. El nivel de importancia que se asigna a una estructura hidráulica incide en:

- La magnitud de los factores de seguridad.
- La profundidad y grado de detalle de las investigaciones para la elaboración del proyecto.
- La calidad de los materiales.
- La probabilidad de ocurrencia de caudales.
- El tiempo de servicio (vida útil).

Los niveles de importancia de las estructuras hidráulicas respecto a diferentes indicadores y criterios están regulados y establecidos en normas y especificaciones.

En la Tabla 4.2, con carácter referencial, se incluye una clasificación por el nivel de importancia de las estructuras hidráulicas de contención, en particular de las presas. Se incluyen niveles de importancia de I a IV, siendo I el nivel de mayor importancia.

Tabla 4.2
Nivel de importancia de las construcciones hidráulicas de contención

Estructura de contención	Macizo de cimentación	Altura de la estructura, m, para su nivel de importancia			
		I	II	III	IV
Presas de material del lugar	1. Roca	>80	50-80	20-50	<20
	2. Suelo: arenas; suelos de granulometría gruesa; arcillas duras y semiduro.	>65	35-65	15-35	<15
	3. Suelo: arcillas plástico-saturadas.	>50	25-50	15-25	<15

Estructura de contención	Macizo de cimentación	Altura de la estructura, m, para su nivel de importancia			
		I	II	III	IV
Presas de hormigón y hormigón armado, otras estructuras que forman del frente de contención (elementos sumergidos de la central hidroeléctrica, esclusa de navegación, muros)	1. Roca	>100	60-100	25-60	<25
	2. Suelo: arenas; suelos de granulometría gruesa; arcillas duras y semiduras	>50	25-50	10-25	<10
	3. Suelo: arcillas plásticas-saturadas.	>25	20-25	10-20	<10

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

4.3. Secciones transversales características de diferentes tipos de presas

En las siguientes figuras, se presentan algunas secciones transversales características de los tipos más difundidos de presas tanto de material del lugar como de hormigón. Las condiciones para adoptar uno u otro tipo de presa o de su sección transversal serán analizadas en los apartados correspondientes.

4.3.1. Presas de material del lugar

Este tipo de presa es el preferido cuando el material está disponible en el área de construcción, caso contrario, se excluye de consideración. Pueden ser de tierra (limo, arcilla, arena), de piedra y enrocado.

4.3.1.1. Presas de tierra (arena, limo, arcilla)

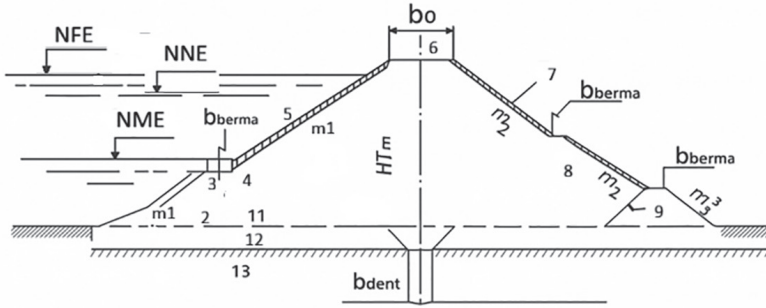


Figura 4.1. Elementos de la sección transversal de una presa de tierra.

1- cuerpo de la presa; 2- base de la presa; 3- berma en el talud aguas arriba; 4- apoyo de la protección del talud; 5- protección del talud aguas arriba; 6- cresta o corona de la presa; 7- protección del talud aguas abajo; 8- berma en el talud aguas abajo; 9- drenaje; 10- dentellón de cierre de la capa permeable del macizo de cimentación; 11- superficie natural del terreno; 12- capa permeable del macizo natural de cimentación; 13- macizo impermeable de cimentación.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

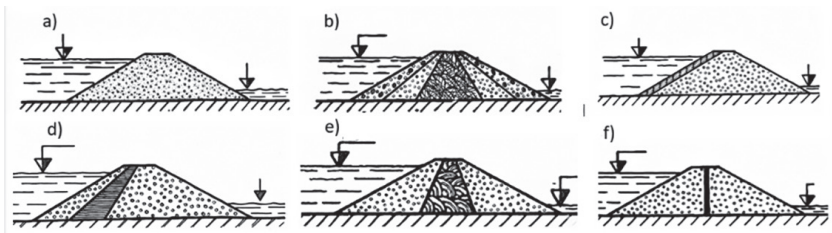


Figura 4.2. Tipos de presas de relleno compactado de tierra.

a- presa homogénea (de suelo de un solo tipo); b- no homogénea (de suelos de diferente tipo); c- con pantalla de material sintético; d- con pantalla de material del lugar; e- con núcleo de material del lugar; f- con diafragma.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

4.3.1.2. Presas de suelo de granulometría gruesa (piedra, enrocado)

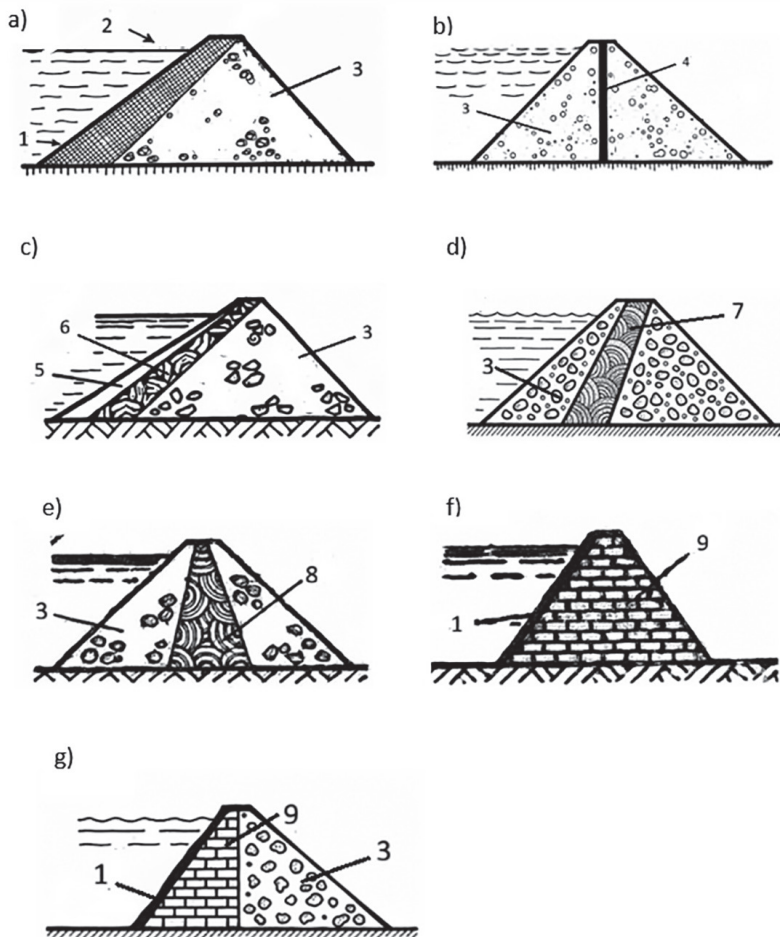


Figura 4.3. Tipos de presas de suelo de granulometría gruesa (piedra, enrocado).

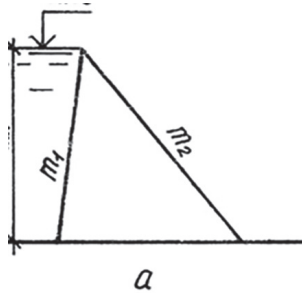
a- con pantalla sintética; b- con diafragma sintético; c- con pantalla de material del lugar; d- con núcleo inclinado; e- con núcleo vertical; f- con mampostería de piedra; g- de semienrocado; 1- pantalla sintética; 2- mampostería bajo la pantalla; 3- material del lugar de granulometría gruesa; 4- diafragma; 5- precarga de protección; 6- pantalla de material del lugar; 7- núcleo inclinado; 8- núcleo vertical; 9- mampostería.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

4.3.2. Presas de hormigón

4.3.2.1. Presas ciegas de hormigón a gravedad

a) Perfil teórico triangular



b) Perfil real o constructivo

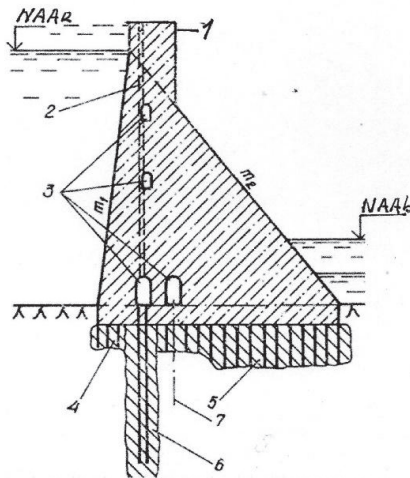


Figura 4.4. Perfil transversal de una presa de hormigón a gravedad.

1- cresta o corona de la presa; 2- drenaje vertical del cuerpo de la presa; 3- galerías de monitoreo; 4- cementación de contacto; 5- cementación de consolidación de la roca; 6- cortina de impermeabilización; 7- drenaje vertical de la roca de cimentación.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

4.3.2.2. Presas de hormigón a gravedad con vertido incorporado

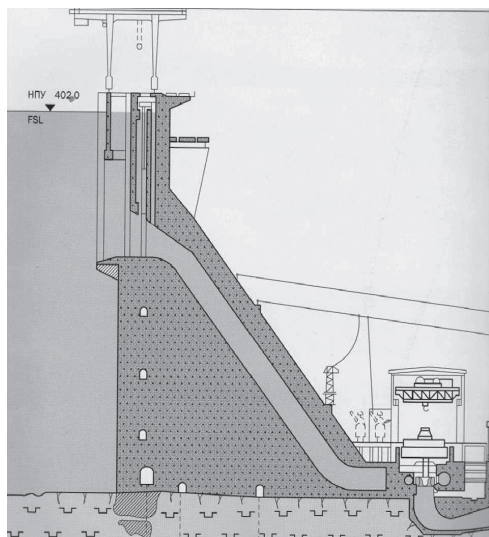


Figura 4.5. Sección transversal y vista frontal de una presa de hormigón a gravedad con vertido incorporado [presa vertedero].

Fuente: Soboll, S. V., Ezhkov, A. N. y Soboll, I. S., Estructuras de los sistemas hidráulicos fluviales, NNGASU, 2018.

4.3.2.3. Presas de hormigón con contrafuertes

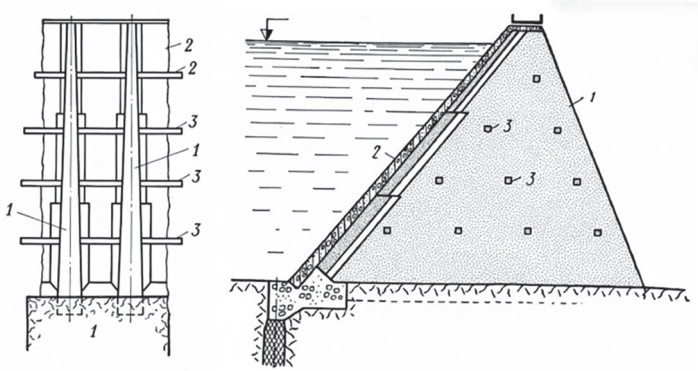


Figura 4.6. Ejemplo de la solución constructiva de una presa de contrafuertes con cubierta (pantalla) plana.

1- contrafuerte; 2- pantalla; 3- viga de rigidez.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.

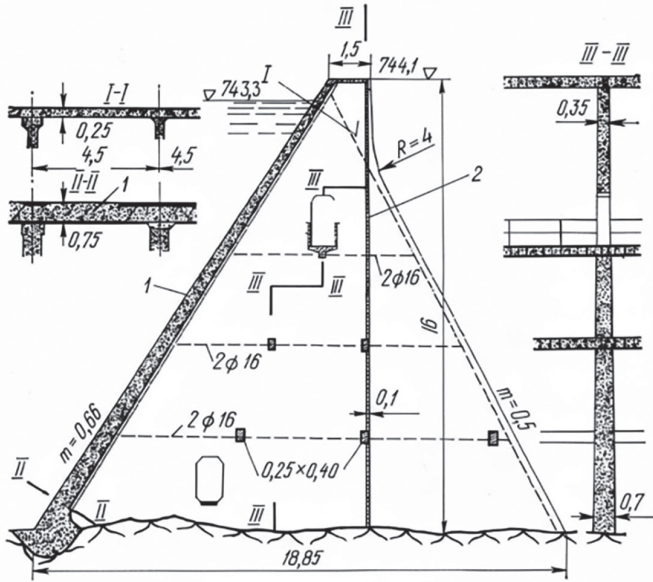




Figura 4.7. Sección transversal y vista de una presa de contrafuertes.

1- Pantalla plana; 2- pared termoaislante; 3- vigas de rigidez entre los contrafuertes. I- sección transversal; II- zona de sedimentación; III- elementos estructurales internos.

Fuente: Soboll, S. V., Ezhkov, A. N. y Soboll, I. S., Estructuras de los sistemas hidráulicos fluviales, NNGASU, 2018.

4.3.2.4. Presa de hormigón en arco

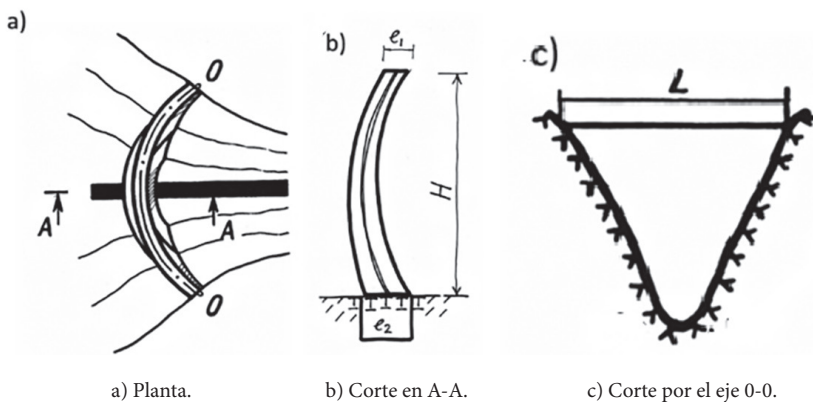
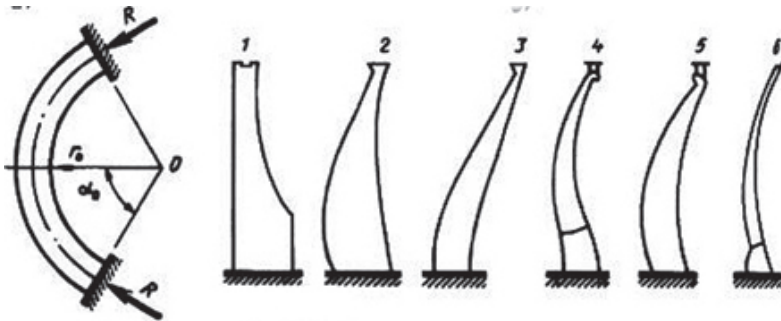


Figura 4.8. Presa de arco.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.



a) Sección horizontal (arco).

b) Secciones verticales (perfil de la presa).

Figura 4.9. Secciones de presas de arco.

Fuente: Chugaev, R. R. (1985). Construcciones hidráulicas: Presas ciegas. Rusia. AGROPROMIZDAT.