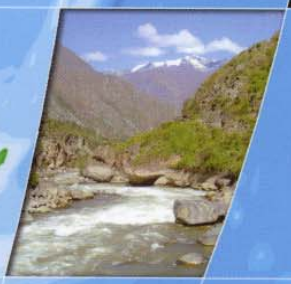
ISSN 0534-8293

Las PRESAS y El Agua en el Mundo

Un libro sobre el papel de las presas en la gestión del agua



CIGB ICOLD

Comisión Internacional de Grandes Presas CIGB / ICOLD

Información sobre la ICOLD/CIGB

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD/CIGB) fue fundada en París en 1928.

Actualmente está compuesta por 88 países miembros y 10.000 miembros individuales: Despachos de ingenieros, asesores, consultores, empresas de construcción, agencias de desarrollo, científicos, investigadores, ingenieros, profesores de universidad, gobiernos, establecimientos financieros, asociaciones...

La ICOLD/CIGB es la primera organización internacional profesional en el sector de las presas. Su objetivo es hacer progresar la tecnología ligada a la ingeniería de las presas y favorecer un desarrollo y una gestión responsables en el plano medioambiental y social de los recursos hídricos, todo ello con el fin de satisfacer las necesidades mundiales.

Con el fin de favorecer el intercambio de conocimientos y experiencia en el campo de la ingeniería de presas la ICOLD/CIGB celebra, desde hace aproximadamente un siglo, una reunión anual en un país diferente cada año y un congreso cada tres años y así recopilar los conocimientos en este sector.

Esta búsqueda permanente a favor del progreso se organiza por medio de 24 comités técnicos y 500 expertos que trabajan sobre temas específicos. La ICOLD/CIGB trabaja igualmente a favor de la sensibilización del público sobre el papel benéfico de las presas en el desarrollo duradero y sobre la gestión de los recursos mundiales de agua.

La ICOLD/CIGB guía a la profesión proponiendo criterios y recomendaciones para la construcción de presas seguras y al mejor coste en una óptica de desarrollo duradero en beneficio del medio ambiente y de la sociedad.

Las PRESAS y el agua en el mundo

Un libro sobre el papel de las presas en la gestión del agua

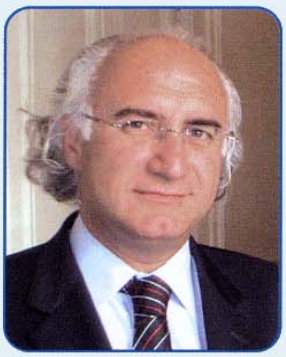
CIGB
ICOLD

Comisión Internacional de Grandes Presas

Prólogo

Prof. Luis BERGA
Presidente ICOD/CIGB

M. Art Walz
Vicepresidente ICOLD/CIGB
Presidente del Comité de información pública y educación



M. Michel de VIVO
Secretario General ICOLD/CIGB

El agua será en este siglo XXI, como en los siglos precedentes, un recurso vital para la civilización humana. Un abastecimiento en cantidad suficiente de agua saludable es un componente fundamental para nuestra salud, nuestro medio ambiente, nuestras sociedades y nuestra economía. Pero dos factores esenciales entorpecen este logro: en primer lugar el cambio climático, que convierte los recursos hídricos en más irregulares y provoca una tendencia a la sequía lo que provoca una necesidad mayor de reserva de agua; también el crecimiento demográfico mundial que conlleva el aumento de la demanda de agua por las necesidades domésticas, agrícolas e industriales, con la particularidad del regadío que es necesario para la producción alimenticia. La función principal que las presas han desarrollado en el curso de la historia de los hombres se mantendrá en el siglo XXI.

Desde su origen en 1928, la ICOLD/CIGB es un elemento esencial en la difusión de los conocimientos sobre las presas y sobre el agua. Desde hace mucho tiempo y también ahora la ICOLD/CIGB no se dirige únicamente a los ingenieros sino también al gran público. Es pues normal que la ICOLD/CIGB explique a las jóvenes generaciones la importancia de los retos que tendrán que recoger en la gestión del agua de nuestro mundo. Este libro presenta, con la sencillez pero con rigor, los datos básicos sobre la función benéfica de las presas, tanto a nivel de almacenamiento y de la gestión del agua, de la producción agroalimentaria, del suministro de electricidad y de la protección contra las inundaciones. También presenta este libro los elementos esenciales concernientes al agua en el mundo, su reparto y su ciclo.

Estamos convencidos de que este mensaje será de utilidad para la generación que tendrá la responsabilidad de conducir la civilización humana hacia el siglo XXII. Y esperamos que ésta lo utilizará con eficacia para construir su propio futuro.

Índice

Las PRESAS y el agua en el mundo

1. Introducción ..... p. 6

2. El agua en el mundo ..... p. 8

3. Cómo obtenemos el agua – el ciclo natural del Agua p.11

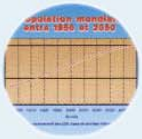
4. Distribución del agua en el mundo p.13

4.1 Países que sufren stress hídrico o faltos de agua p.13

4.2 El agua para las necesidades sanitarias p.14

4.3 Gestión integrada del agua p.15

5. Los datos sobre la población mundial p.15



6. Las necesidades de agua p.16

6.1 Las necesidades de agua para el consumo doméstico p.16

6.2 Las necesidades de agua para los usos domésticos, agrícola e Industrial.....p.16

7. ¿Qué es una presa? p.17

8. La historia de las presas en el mundo p.17

9. Condiciones previas, objetivos, tipos, características y construcción de una presa p.19

9.1 Condiciones previas p.19

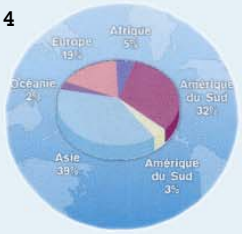
9.2 Objetivos de una presa p.19

9.3 Tipos de presas p.19

9.4 Características funcionales de una presa p.22

9.5 Elección del emplazamiento y del tipo de presa p.24

9.6 Construcción de una presa p.24



10. Las presas actuales p.28

10.1 Los fines de las presas actuales p.29

11. Los beneficios de las presas p.30

11.1 Abastecimiento de agua para los usos doméstico e industrial p.30

11.2 Respuesta a las necesidades agroalimentarias p.32

11.3 Control de las avenidas p.33

11.4 Producción de energía hidroeléctrica p.34

11.5 Navegación fluvial p.36

11.6 Ocio p.36

11.7 Gestión integrada del agua a nivel de la cuenca hidrográfica p.36

11.8 Resumen de los beneficios p.38

12. Las presas y el medio ambiente p.42

12.1 Protección y preservación del medio ambiente p.42

13. Miradas al futuro – las presas del siglo XXI p.45

13.1 Procedimiento de diseño de una presa y del embalse asociado p.45

13.1.1 Implicación del público y coordinación p.46

13.2 Cuestiones socioeconómicas ligadas a un proyecto de presa y su embalse p.47

13.3 Necesidad creciente de una gestión integrada del agua en la cuenca fluvial p.47

13.3.1 Necesidad de una gestión en tiempo real del agua en una cuenca fluvial p.49

13.4 El futuro del regadío p.49

13.5 El futuro de la energía hidroeléctrica p.50

13.6 El control de las avenidas en el futuro p.52

13.7 El futuro de la navegación fluvial p.53

13.8 Equilibrio entre las ventajas de las presas y el medio ambiente p.54

13.9 Necesidad de sensibilización y de educación del público sobre los recursos hídricos..... p.56

14. El papel de la ICOLD/CIGB y el agua en el mundo p.56

15. Resumen p.58

Glosario p.60

Introducción

Serre-Ponçon (Francia): una presa de usos múltiples

El agua es el recurso esencial del cual depende toda forma de vida sobre la tierra. Es vital para el bienestar de nuestra civilización y representa un elemento indispensable en el crecimiento y desarrollo, siendo al mismo tiempo una condición básica para la buena salud del medio ambiente mundial. Para ayudar a los lectores a comprender algunos de los términos utilizados en este libro, se encuentra un glosario al final del mismo.

Por medio de este libro conocerán que existe una cantidad de agua sobre la tierra. Sólo una pequeña parte de esta agua es dulce y apropiada para el consumo humano, para el regadío de los campos y para el uso industrial. Igualmente comprobarán que recibimos una cantidad fija de agua de lluvia y que tan sólo una pequeña parte de ella riega efectivamente el suelo. De ésta un porcentaje significativo va a parar a los cursos de agua y los ríos para a continuación verter en los océanos. Todo esto no deja más que una cantidad pequeña de agua disponible para el uso humano y para la infiltración en el suelo permitiendo rellenar las capas subterráneas, lo que convierte en más que necesario la captación, el embalsado y la gestión del agua en los embalses.

Comprobarán también que el agua de lluvia no está repartida de manera uniforme según las estaciones o los lugares y, como existe un desequilibrio entre la oferta y la demanda, es primordial administrar esta agua con esmero. Verán igualmente las cifras de población mundial y las previsiones de su tasa de crecimiento; el aumento mayor de población será en los países menos desarrollados donde las necesidades de agua son mayores pero donde su aprovisionamiento es actualmente limitado. Es necesario también comprender que no siempre se hace un buen uso del agua que resulta contaminada en múltiples lugares. En algunas regiones del mundo, la vida está amenazada por el desequilibrio entre las necesidades y los recursos disponibles de agua, en alimentos y en energía.

Introducción

Verán que a lo largo de la historia, la construcción de presas y de embalses en los ríos ha permitido almacenar grandes cantidades de agua y regular los caudales en los ríos para beneficio de la civilización. Desde hace más de 4.000 años, en todas las regiones del mundo, los hombres han utilizado presas para proporcionar agua, indispensable para la vida. Un gran número de estas primeras presas funcionan aún hoy en día.

La demanda de agua, debida a la expansión de la población mundial y del crecimiento económico, ha aumentado la necesidad de construir presas que permitan almacenar grandes volúmenes de agua .Hoy las presas y los embalses continúan sirviendo para estos mismos objetivos, respondiendo así a las necesidades a la vez sociales y económicas del mundo. Además, son compatibles con el medio ambiente natural de cada región. Comprobarán todas las ventajas que se pueden obtener de las presas en lo que concierne el abastecimiento de agua, el regadío, el control de avenidas, la energía hidroeléctrica y también la navegación fluvial y el ocio.

Terraplén en tierra de una presa en Santa Fe (Estados Unidos)

Los hombres necesitan agua de calidad y en cantidad suficiente; fuente de vida, permite también el crecimiento y el desarrollo

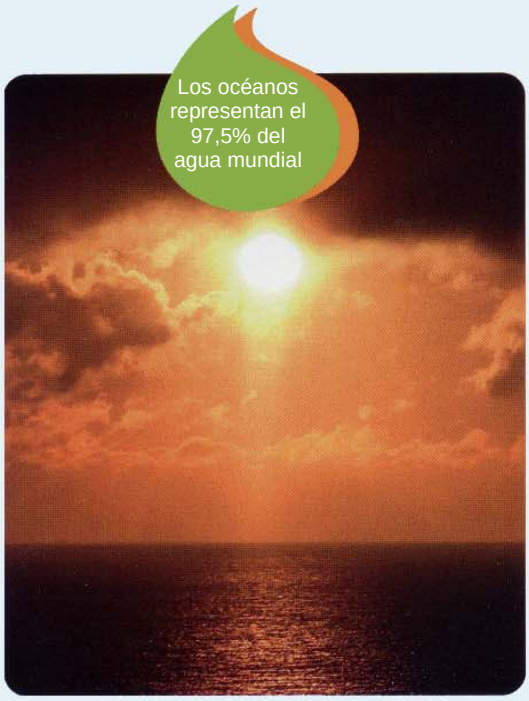
El mundo contiene una gran cantidad de agua

2

El agua en el mundo

Esta parte explica dónde y en qué forma se encuentra el agua en la tierra. A continuación veremos la forma en que obtenemos el agua, en qué consiste "el ciclo del agua". Puede parecer sorprendente pero solamente el 2,5% del agua sobre la tierra es dulce (la encontramos en los glaciares, las capas subterráneas, los lagos y los ríos). Es la única cantidad de agua de la que disponen los pueblos y las naciones del mundo.

El agua existente sobre la tierra se encuentra en los océanos, en la nieve perpetua y el hielo, los glaciares del Ártico y el Antártico, las corrientes de agua, los lagos y el subsuelo. El reparto del agua se presenta en el esquema que sigue a continuación.



Los océanos representan el 97,5% del agua mundial

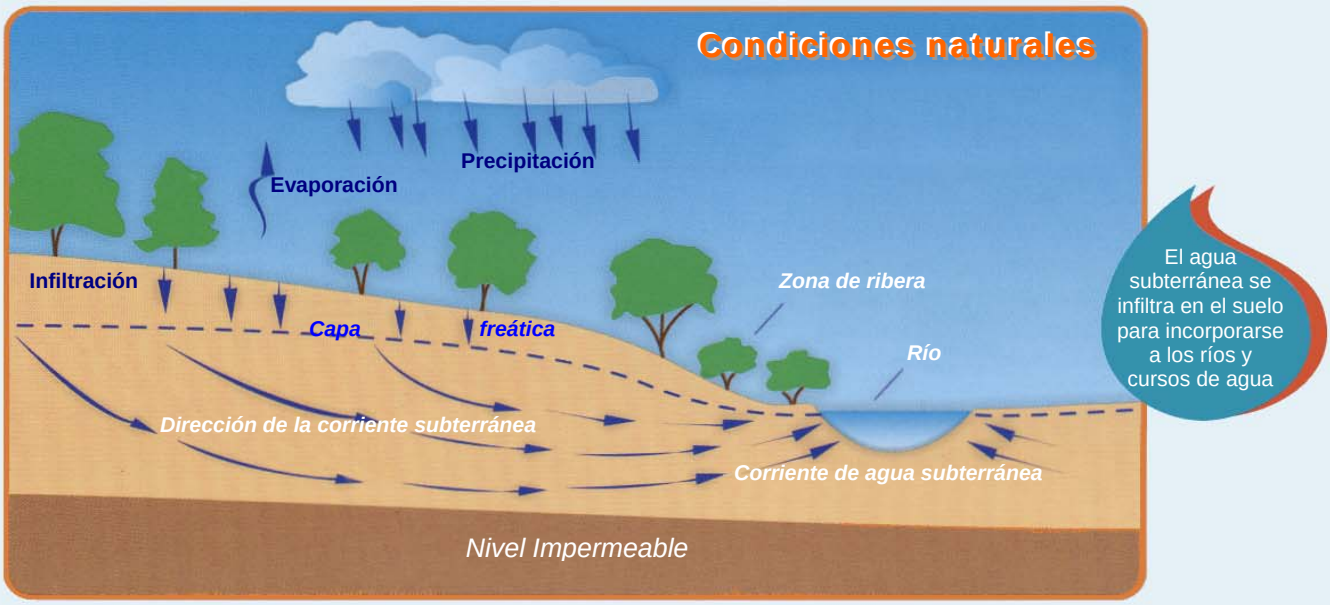
La mayor parte de agua dulce en el mundo (68,9 %) está inmovilizada en los glaciares y las nieves perpetuas que se encuentran en el Ártico y en el Antártico. No obstante de ahí solo se obtiene una pequeña cantidad al año.

Se puede explotar el agua del subsuelo como fuente de agua dulce. Proviene de la lluvia, de la nieve, de la nieve fundida o del granizo que se infiltran en el suelo o lo empapan. El agua desciende de forma natural a las profundidades, pasando entre las partículas de tierra, de arena, de grava, o de rocas hasta alcanzar una profundidad donde el suelo ya está lleno, saturado de agua. Esta zona llena de agua se la llama zona saturada y la parte superior de esta zona se le llama capa freática (ver esquema aquí abajo).

Glaciar típico en América del Norte

La capa puede estar próxima a la superficie terrestre o situarse a cientos de metros más abajo. El agua del subsuelo es una fuente fiable en las regiones rurales. Este agua subterránea es generalmente limpia, pero puede estar polucionada o contaminada. Es de capital importancia protegerla de la contaminación.

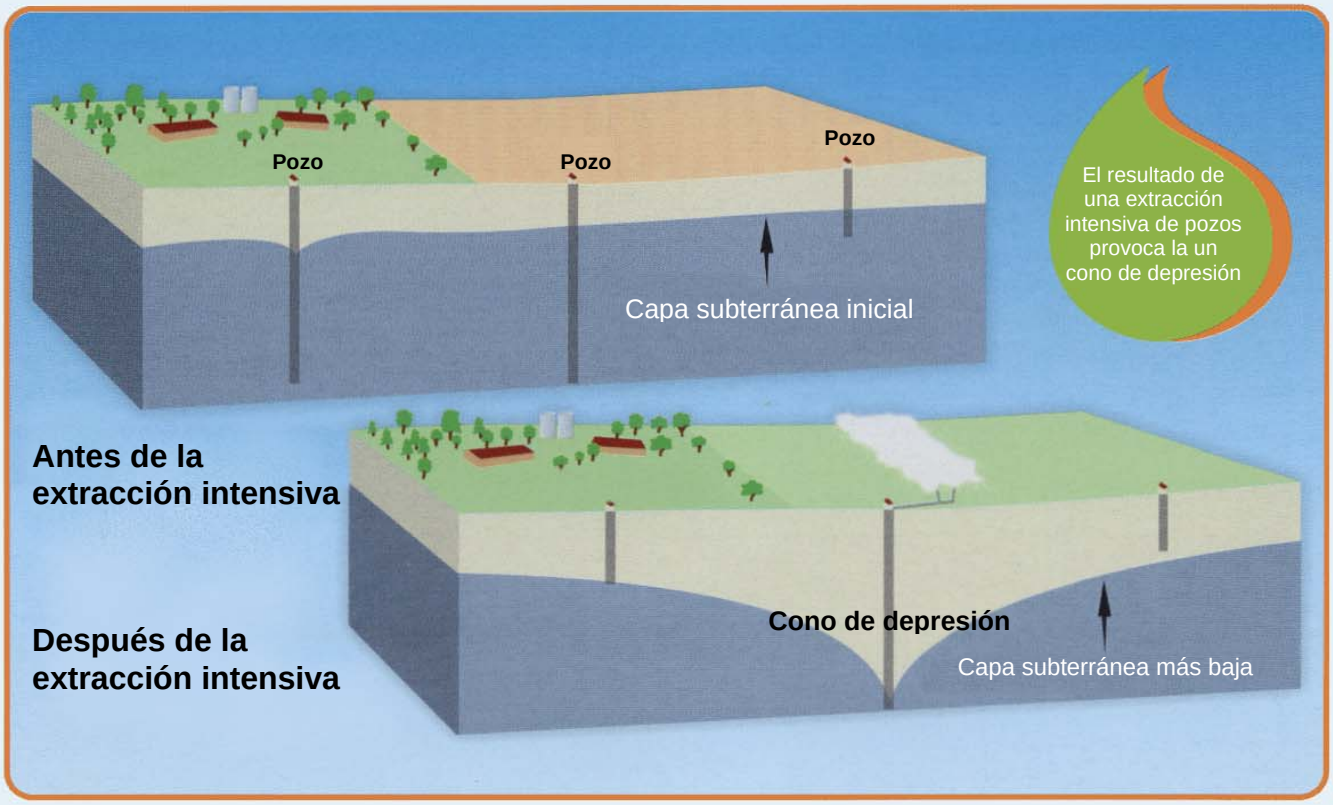
Hoy, una gran parte de la población mundial se aprovisiona de agua extrayéndola del suelo.



Comparada con las reservas de agua en superficie como los lagos, el agua subterránea tiene la ventaja de estar disponible localmente y no necesitar ser transportada. Además, las inversiones para el desarrollo de los recursos en agua subterránea pueden adaptarse a las necesidades. Como el agua subterránea existe de forma natural, no es posible ni modificar el lugar, ni aumentar la cantidad. En las regiones áridas del mundo, el agua del subsuelo es demasiado escasa para proporcionar cantidades suficientes. En los alrededores de Riyad (en Arabia Saudita) el agua subterránea se saca de una profundidad que puede llegar a los 1.200, incluso 1.800 metros. Debido a la gran urbanización de la ciudad de Phoenix en Arizona en los Estados Unidos, el agua subterránea ha sido extraída hasta agotarla casi en su totalidad.

Para responder a las necesidades actuales, ha sido necesario instalar tuberías a través del desierto para asegurar el encauzamiento del agua procedente del río Colorado.

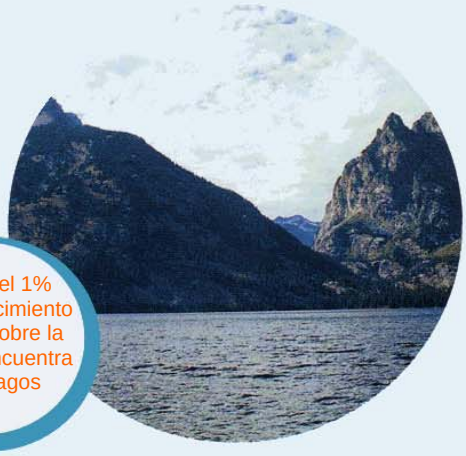
En la tercera parte veremos que solamente el 19% de la lluvia cae sobre la tierra. Una vez que la lluvia alcanza la tierra, puede ser absorbida por el suelo, encauzarse a los cursos de agua y los ríos y después ir a parar a los océanos. La cantidad de agua absorbida permite recargar o rellenar las capas subterráneas. Cuando los suelos no están edificados o revestidos la infiltración es máxima – hasta el 75% de la lluvia. En las zonas que existen urbanizaciones u otras construcciones, el deslizamiento del agua es máximo – alrededor del 75% de la lluvia. Cuanto más urbanizada esté la zona menos permeable será el suelo y menos agua absorberá la tierra.



Para obtener el agua subterránea se instalan pozos para extraer agua para uso domestico, para la agricultura o la industria. Es necesario vigilar la extracción de agua para que no baje el nivel de la capa freática y así no correr el riesgo de tener que condenar algunos pozos por bombeo excesivo al nivel del pozo central.

Es esencial extraer el agua con sensatez y respetar la etapa de recarga de las capas freáticas para asegurarse de que el agua subterránea no se agote al cabo de los años. Un bombeo excesivo hará bajar el nivel de la capa. Será entonces necesario buscar el agua a más profundidad. Con el tiempo esto puede llevar al agotamiento

total del agua subterránea. En la actualidad esto es lo que ocurre en algunas partes de Arabia Saudita, Israel, África del Sur, la India y el oeste de Estados Unidos. En estas partes del mundo, es necesario reglamentar las extracciones de agua subterránea y aumentar la capacidad de la misma con la ayuda de embalses.



Menos del 1% del abastecimiento de agua sobre la tierra se encuentra en los lagos

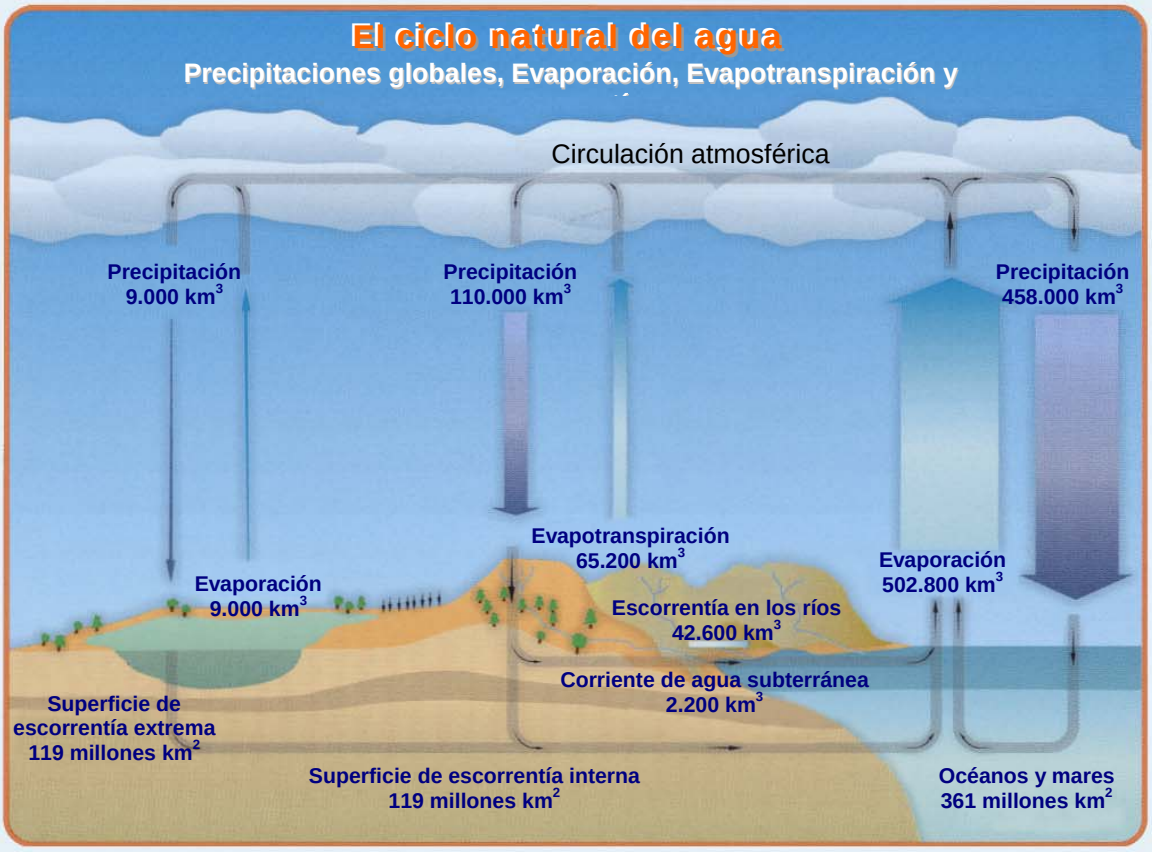
... y en los ríos

Como obtenemos el agua

«El ciclo natural del agua»

El agua está presente en la Tierra en forma sólida (hielo), liquida (agua de los océanos, de los lagos y de los ríos) o gaseosa (vapor de agua). Los océanos, los ríos, las nubes y la lluvia contienen agua y conocen frecuentes cambios de estado (las aguas de superficie se evaporan, el agua de las nubes se licua, el agua de las lluvias se infiltra en el suelo, etc). Sin embargo, es importante comprender que la cantidad total de agua de la Tierra no cambia. La circulación y la conservación del agua sobre la Tierra se denominan “el ciclo del agua”.

Como obtenemos el agua
«El ciclo natural del agua»



Este ciclo del agua o ciclo hidrológico como se le llama a veces, corresponde a una serie de cambios de estado sufridos por el agua cuya cantidad total es constante. Dicho de otra forma, el agua se renueva incesantemente. La energía solar en forma de luz y de calor produce la evaporación del agua de los océanos, ríos, lagos e incluso de los simples charcos. Al evaporarse el agua que estaba en estado líquido pasa al estado gaseoso y se convierte en vapor. Las corrientes de aire caliente que se elevan desde la superficie de la tierra transportan este vapor de agua a la atmósfera.

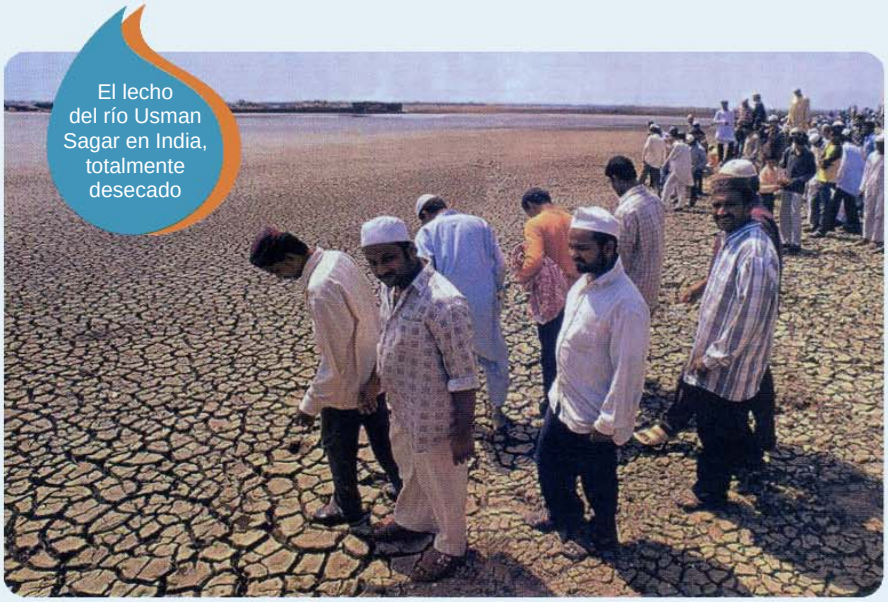
Cuando las corrientes calientes alcanzan las capas menos calientes de la atmósfera, el vapor de agua se condensa y se suspende en pequeñas partículas presentes en el aire; esta etapa se llama condensación. Cuando una cantidad suficiente de vapor se encuentra con minúsculos granos de polvo, de polen..., se forma una nube. Cuanta más cantidad de humedad absorbe el aire más aumentan las gotitas que forman las nubes. Éstas acaban por ser tan gruesas que los vientos que se arremolinan en la atmósfera ya no pueden transportarlas. Las gotas entonces caen del cielo en forma de lluvia, de nieve, de granizo o aguanieve según las condiciones atmosféricas ambientales, como la temperatura.

Cuando las precipitaciones alcanzan el suelo existen varias posibilidades. Una gran parte de esta agua va a parar a los cursos de agua o a los ríos para desembocar a continuación en los océanos. Otra parte de estas precipitaciones es absorbida por el suelo. Es la infiltración. El agua infiltrada puede ir a formar parte de las reservas de agua subterránea, estas capas freáticas recordemos que forman la mayor parte de las fuentes de agua. Desgraciadamente no está repartida de forma uniforme en el mundo. Por ello que algunas regiones del mundo tienen un acceso limitado, o no tienen ninguno, al agua subterránea.

Hay que prestar atención al esquema arriba expuesto en el que se indica que sobre la totalidad de precipitaciones (577 000 km^3) el 79% cae sobre los océanos, el 19% sobre las tierras y el 2% sobre nuestros lagos. Esto significa que solamente 110 000 km^3 o el 19% de la lluvia cae sobre nuestras tierras. Además de estos 110 000 km^3 de agua de lluvia el 59% se evapora y el 38% vierte en los ríos y después en los océanos. Solamente 2 200 km^3, o sea el 2% de esta agua se infiltra en el suelo. Esto subraya la necesidad de acumular la mayor cantidad posible de agua en los embalses para completar este volumen.

Distribución del agua en el mundo

Desgraciadamente el agua no está siempre disponible exactamente donde y cuando la necesitamos. Las precipitaciones o lluvias caen de manera irregular según las estaciones y los lugares. La urbanización en la cuenca vertiente favorece la escorrentía y facilita el llenado de las capas freáticas. Los territorios que disponen de una capa natural de suelo son los que tienen la menor cantidad de escorrentía y esto permite una absorción máxima del agua subterránea. Una zona muy urbanizada es propicia a la escorrentía de agua de lluvia la cual provoca en consecuencia inundaciones. Algunas partes del mundo como África o Asia conocen graves periodos de sequía que hacen del agua un producto escaso y precioso. En otras partes del mundo el agua cae bajo la forma de lluvia batiente en largos periodos, destruyendo vidas y deteriorando culturas, casas y edificios. A veces puede haber en el mismo país inundaciones devastadoras en una región mientras que en otras es castigado con una sequía extrema.



El lecho del río Usman Sagar en India, totalmente desecado

Las inundaciones representan el 30% de las catástrofes naturales. Entre 1975 y 2000 ha habido 95 inundaciones importantes en el mundo.

Inundación en China

Distribución del agua en el mundo

4.1 Países que sufren stress hídrico o faltos de agua

Paisaje en una región de África con falta de agua

Las Naciones Unidas clasifican a los países que disponen de una cantidad limitada de agua en dos grupos según la cantidad de agua renovable de que disponen: sufren stress hídrico, bien sea moderado o fuerte.

Los países que sufren stress hídrico moderado disponen de menos de 1700 metros cúbicos de agua por persona y por año (este volumen es el de un cubo de 12 metros de lado). Esto significa que el agua es a menudo no disponible en algunos momentos del año en ciertos lugares, lo que produce una elección difícil de hacer entre el consumo personal, para la agricultura o para la industria. Los países que sufren un stress hídrico elevado disponen de menos de 1000 metros cúbicos por persona y por año (este volumen es el de un cubo de 10 metros de lado). En este caso ocurre que no hay bastante agua para proporcionar el alimento necesario, o que perjudica el desarrollo económico o conlleva graves repercusiones sobre el medio ambiente. Esta cuestión será tratada en detalle más adelante en la parte correspondiente a las necesidades de agua.

Un lecho de un río desecado en una región con stress hídrico

En la mayor parte de los casos, los límites de las cuencas vertientes son más importantes que las fronteras entre los propios países para el análisis y la gestión de necesidades de agua. Muchas cuencas vertientes son transfronterizas, lo que necesita una coordinación entre los gobiernos. Actualmente 2,3 miles de millones de personas son victimas del stress hídrico moderado o fuerte; 1,7 miles de millones de personas viven en zonas donde las condiciones de penuria prevalecen. De aquí a 2025, las cifras deberían alcanzar 3,5 y 2,4 miles de millones.

4.2 El agua para las necesidades sanitarias

Lavado de manos para prevenir enfermedades – escolares en África

La falta de condiciones higiénicas es un gran problema de salud que acarrea enfermedades, epidemias y muertes. Más de 2,6 miles de millones de personas, o sea el 40% de la población mundial no disponen de las condiciones de higiene mínimas. Por lo tanto, millares de niños mueren a diario de diarreas y de otras enfermedades causadas por un agua de mala calidad, la falta de cuidado o de higiene. Un número aún superior de personas sufren y están debilitadas por la enfermedad.

Hoy el agua de los embalses creados por las presas proporciona una reserva de agua fiable propicia al tratamiento y a la mejora de las condiciones sanitarias. No obstante, proporcionar el acceso al agua y a las instalaciones sanitarias no garantiza el buen uso de estos servicios ni los beneficios tan esperados para la salud pública. Un cambio radical de las prácticas cotidianas es la clave de buen uso de estas instalaciones y hay que hacerlo desde una edad muy temprana. Los programas de higiene y de educación sanitaria se estudian en la escuela y son parte integral de todo programa de instalaciones hídricas y sanitarias.

4.3 Gestión integrada del agua

La puesta en marcha de una gestión integrada del agua en las cuencas hidrográficas es una necesidad urgente. Las presas y los embalses que ellas forman, situados en los mejores emplazamientos en una cuenca, permiten almacenar agua de lluvia (o bien en forma de nieve) para a continuación liberar una parte de ella y así asegurar un caudal mínimo permanente en el río. La gestión integrada del agua es el hecho de almacenar agua en todos los embalses de la cuenca durante los periodos de lluvia para a continuación dejar escapar una cantidad bien calculada de cada presa, con el fin de mantener una corriente suficiente aguas abajo de la presa.

La gestión integrada del agua asegura un caudal regular en los ríos

Los datos sobre la población mundial

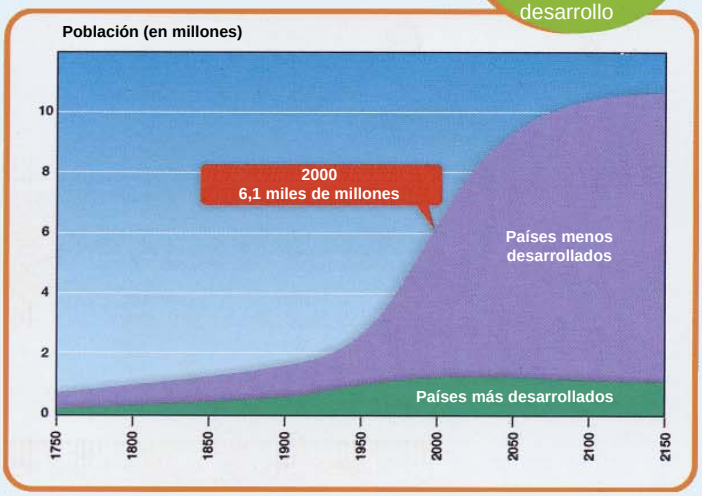
6

En 2005, la población mundial ha sido evaluada en 6,45 miles de millones y esta cifra aumenta cada año un 1,3%, es decir 77,3 millones de personas. Las previsiones de crecimiento de la población mundial de aquí a 2050 se representan más abajo. Este crecimiento se sitúa mayormente en las partes áridas del mundo, en África y en Asia. Ello significa un crecimiento notable de la demanda de agua, de alimentación y de energía.

Con el ritmo actual, la población mundial se duplicará de aquí a 54 años. Podemos esperar que la población mundial alcance la cifra de 12 mil millones de aquí a 2054. Es importante remarcar que la tasa de crecimiento es más fuerte en los países en vía de desarrollo tal y como lo muestra el gráfico. Y es en esos países donde el aprovisionamiento de agua dulce y electricidad es muy limitado.

Gráfico de la tasa de crecimiento de la población que subraya un fuerte crecimiento en los países en desarrollo

Gráfico sobre la población mundial



Las necesidades de agua

6

6.1 Las necesidades de agua para el consumo doméstico

El agua es necesaria para un uso doméstico, agrícola o industrial. La cantidad de agua recomendada a nivel mundial para el uso doméstico expresada en litros por persona y por día es la siguiente:

Objetivo	litros/persona/día
Bebida	5
Higiene	20
Baño	15
Cocina	10
Total	50

*Esto equivale a 18,25 metros cúbicos por persona y por año**

Por ejemplo, una ciudad de 500.000 personas necesita 25 millones de litros por día para responder a las necesidades domésticas básicas y alrededor de 27 millones de litros por día (lo que equivale a un recipiente de 4,7 metros de profundidad y del tamaño de un campo de fútbol), si se incluyen las pérdidas que se producen en las redes de distribución. Una ciudad de 1.000 habitantes necesitará unos 50.000 a 55.000 litros por día (lo que equivale a un cubo de cerca de 40 metros de lado). Incluso un pueblecito de 500 habitantes necesitará 25.000 litros ó 27.000 litros por día con las pérdidas.

Numerosas regiones en el mundo no tienen bastante agua y su sistema de distribución es insuficiente

En el 2000, contábamos con 61 países con una población total de 2,1 miles de millones, donde la gente no disponía de la cantidad mínima de 50 litros por día y por persona. Con el crecimiento previsto en los países menos desarrollados, esta cifra llegará a los 4,2 miles de millones de aquí a 2005.

6.2 Las necesidades de agua para los usos doméstico, agrícola e industrial

Las Naciones Unidas han instaurado tres umbrales para las necesidades de agua. El primer umbral se establece para los países que tienen más de 1.700 metros cúbicos de agua disponibles por persona y por año (equivalente a un cubo de 12 metros de lado); se considera que estos países tienen una cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de la nación. Hay que tener en cuenta que las necesidades para uso domestico no representan más que el 1% de este total. El segundo umbral se establece para los países que tienen menos de 1 700 metros cúbicos de agua por persona y por año; se considera que sufren un stress hídrico. El tercer umbral se establece para los países que disponen de menos de 1.000 metros cúbicos de agua por persona y por año (equivalente a una pirámide de una base de la misma anchura y de 4,8 metros de alto); éstos sufren un stress hídrico fuerte. En este caso, puede que no haya el agua suficiente para proporcionar una alimentación suficiente; esto perjudica al desarrollo económico y tiene repercusiones negativas sobre el medio ambiente.

En el 2000 había 31 países con una población total de 508 millones víctimas de stress hídrico. De aquí al 2005, esto afectará a 48 países con una población global de alrededor de 3 mil millones.

¿Qué es una Presa?

7

Una presa puede definirse como una barrera o una estructura colocada cruzando un curso de agua o de un río para retener el agua y así controlar el caudal. Las presas varían de tamaño, pudiendo ser un pequeño terraplén de tierra, a menudo para el uso de una granja, y otras pueden llegar a ser altas estructuras macizas de hormigón que sirven generalmente para el abastecimiento de agua, la energía hidroeléctrica y el riego.

La construcción de una presa puede ocasionar los desplazamientos de pueblos, de casas, de granjas, de carreteras, ferrocarriles y de diferentes instalaciones que ocupen el valle teniendo que trasladarlos a cotas más altas, por encima del nivel del agua. Los principales tipos de presas en el mundo son las de materiales sueltos, las presas de gravedad y las presas bóveda. Secciones de estas estructuras se muestran en el apartado 9.3. Los equipamientos anejos a una presa comprenden los aliviaderos, los desagües, las centrales hidroeléctricas y los puestos de control.

Las presas se construyen para almacenar y controlar el agua para el abastecimiento doméstico, el riego, la navegación, el ocio, el control de la sedimentación, el control de las avenidas y la energía hidroeléctrica. Algunas presas no tienen más que una sola función y entonces se las conoce bajo el nombre de “presas de objetivo único”. Hoy se construyen las presas para que respondan a múltiples funciones; éstas son las “presas de usos múltiples”. Una presa de este tipo es una obra capital y rentable para el desarrollo de las naciones puesto que aporta a la población múltiples ventajas domésticas y económicas a partir de una única inversión. Es la piedra angular del desarrollo de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica.

La historia de las presas en el mundo

8

Recientes descubrimientos arqueológicos nos muestran que las simples presas de tierra y las redes de canales se remontan a 2000 años antes de Cristo. Proporcionaban a la población la fuente fiable de agua que necesitaban para poder vivir. La construcción de la presa de Marib en el Yémen comenzó a construirse en el año 750 antes de JC y duró 100 años. Esta presa se componía de un terraplén de tierra de 4 metros de alto y de orificios en piedra para regular la salida para el riego y para las necesidades domésticas. En 1986, esta presa ha sido recrecida a una altura de 38 metros, permitiendo así crear un embalse de 398 millones de metros cúbicos de agua.

Vista aérea de la presa de Sayamaike construida en el siglo VII y aun hoy en servicio

La historia de las presas en el mundo

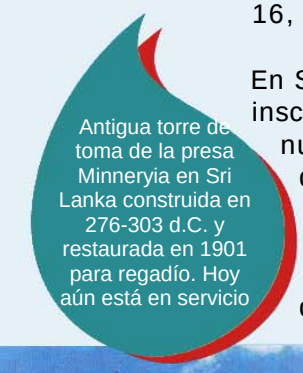
8

Inscripciones en el aliviadero de la presa de Marib construida en el año 750 a.C.

Históricamente, las presas han permitido a las poblaciones recoger y almacenar el agua y utilizarla en periodos de sequía. Así pues, han sido siempre esenciales para el asentamiento y abastecimiento de las poblaciones, las granjas y también para proporcionar el alimento gracias al regadío de los campos de cultivo.

La nueva presa de Marib, construida en 1968 en Yémen

Una de las presas más antiguas que sigue en servicio actualmente es un dique hecho de tierra y rocas construido hacia el año1300 antes de JC en un país que hoy lleva el nombre de Siria. En China, un sistema de presas y de canales fue construido en el 2280 antes de JC. En Irán, varias presas antiguas que datan de los siglos 13 al 16, se utilizan todavía en la actualidad.



Antigua torre de toma de la presa Minneryia en Sri Lanka construida en 276-303 d.C. y restaurada en 1901 para regadío. Hoy aún está en servicio

En Sri Lanka, crónicas antiguas e inscripciones en piedra dan fe de numerosas presas y embalses que se remontan al siglo VI. Redes de canales conectando cuencas aumentaban la capacidad de numerosos embalses cuyo fin era el riego. Una de estas grandes presas, la presa de Minneriya, fue construida durante el reinado del rey Mahasen (276-303 después de JC) y ha sido encontrada intacta en 1900. Fue restaurada en 1901 y funciona en la actualidad. Más de otras 50 presas antiguas han sido restauradas en Sri Lanka.

La presa de Ben-e-Glestan en Irán construida en 1350 d.C.

El éxito del funcionamiento de estos embalses hoy en día es debido a que los aliviaderos, los desagües y las escolleras construidas en esa época lejana son todavía compatibles con los principios y criterios de las obras modernas. Algunas torres de evacuación y algunos desagües construidos hace 2 ó 3000 años han sido reparados durante los años 1900 convirtiéndolas así en estructuras operativas.

Los romanos construyeron un sistema elaborado de presas de poca altura para el suministro de agua. La más célebre es la de Cornalbo en España, construida en tierra, con 24 metros de altura y 185 metros de largo. Después de la época romana hubo poca construcción de presas y hasta el siglo XVI los españoles no construyeron grandes presas para el regadío. En el siglo XIX los ingenieros europeos han perfeccionado los métodos para el proyecto y la construcción, lo que ha permitido proyectar la construcción de presas de 45 e incluso 60 metros de altura.

Escollera colocada a mano en la presa de Giritale en Sri Lanka construida en 608-618 d.C.

Una presa antigua presa de regadío en Egipto

Históricamente, las presas han sido planificadas y construidas para el abastecimiento de agua, el regadío y el control de las avenidas. A finales del siglo XIX, se ha añadido la energía hidroeléctrica y la navegación. El ocio ha sido también una aportación benéfica añadida para numerosos proyectos de presas. Ha sido más recientemente cuando las presas se han creado para responder a varios objetivos.

La presa de Sayamaike, una de las más antiguas de Japón, fue construida en el siglo VII y después de haber sufrido varias modificaciones y un recrecimiento, funciona todavía en nuestros

Condiciones previas, objetivos, tipos, características y construcción de una presa

9

9.1 Condiciones previas para la construcción de una presa

Puesto que las presas constituyen un elemento decisivo y esencial en las infraestructuras, deben responder a criterios específicos en los planos técnico y administrativo y de esta forma asegurar seguridad, eficacia y economía en su operación. El proyecto, la construcción y el funcionamiento de todas las presas deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas y administrativas:

Especificaciones técnicas de una presa:

- La presa, las cimentaciones y los apoyos deben ser estables, sea cual sea la carga (sea cual sea el nivel del embalse y también en caso de temblores de tierra).
- La presa y las cimentaciones deben ser suficientemente estancas y será necesario tener los medios para controlar las fugas para asegurar el funcionamiento con plena seguridad y mantener la capacidad de embalse.
- La presa debe ser lo suficientemente alta como para impedir que las olas pasen por encima de la coronación y, en el caso de una presa de materiales sueltos, debe haber un resguardo suplementario para que tenga en cuenta los asentamientos de la presa y su cimiento.
- La presa debe tener una capacidad suficiente de aliviadero y de desagüe para impedir cualquier desbordamiento del embalse en caso de avenidas extremas.

Especificaciones administrativas de una presa:

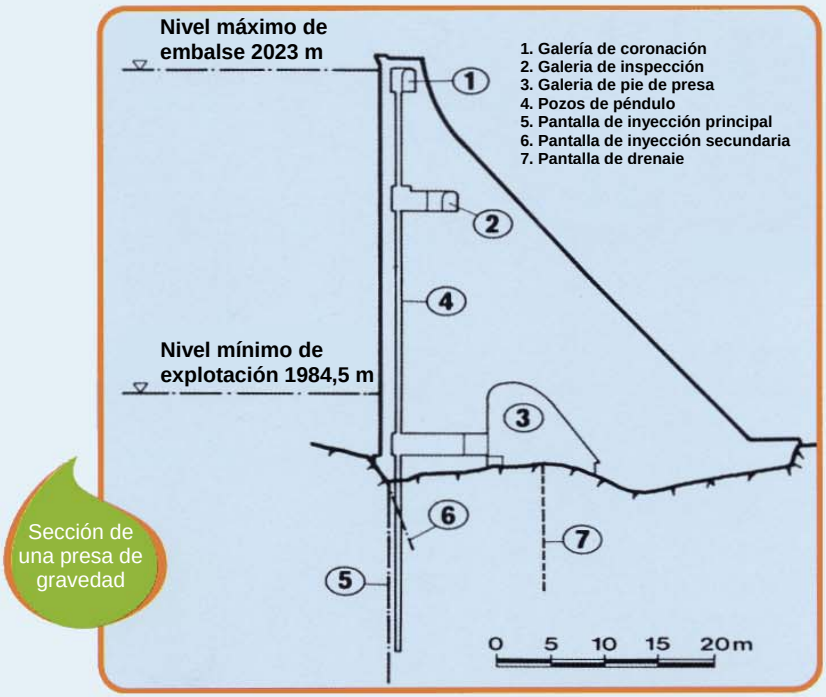
- Una instrucción para su funcionamiento es su mantenimiento.
- Instrumentos de medida adaptados para conocer su comportamiento.
- Una instrucción de vigilancia y de auscultación de la presa y sus obras anejas.
- Un plan de acción en caso de urgencia.
- La valoración del medio ambiente natural.
- Inspecciones periódicas, así como una revisión global que permita evaluar la presa y realizar modificaciones en casos necesarios.
- Todos los documentos (planos, notas de cálculo…) del proyecto y de la construcción y todos los informes sobre la obra.

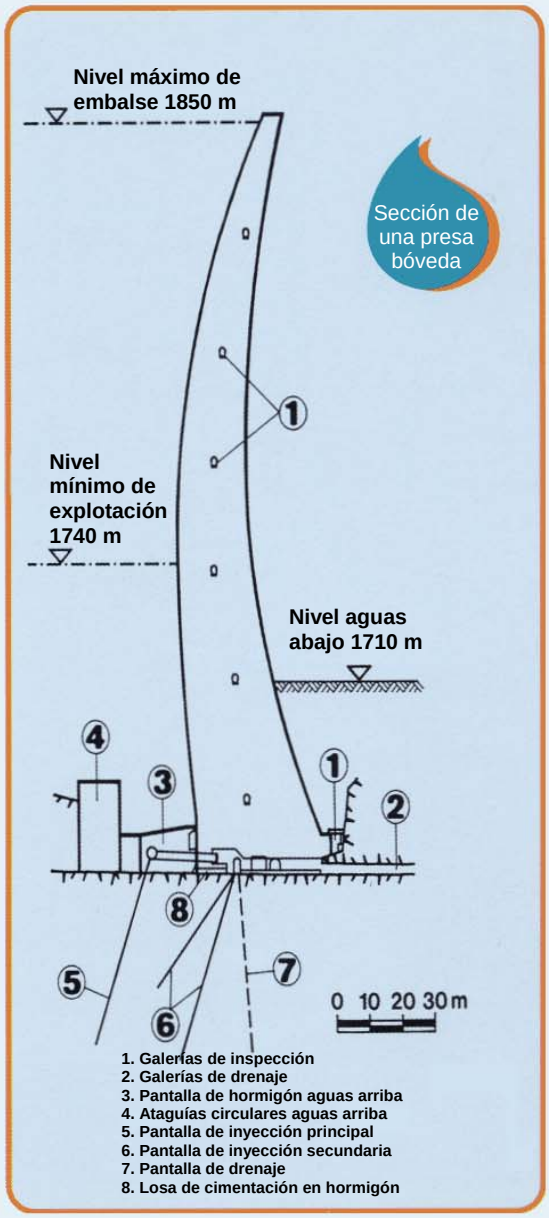
9.2 Objetivos de una presa

Como es el caso para todas las grandes obras públicas o privadas, las presas se construyen para responder a objetivos bien precisos. En el pasado, las presas se construían con el único fin de suministrar agua o de regar las tierras. El desarrollo de las civilizaciones ha conllevado el aumento de necesidades para el suministro de agua, regadío, control de avenidas, navegación, calidad del agua, control de sedimentos y energía hidroeléctrica. A veces un objetivo turístico es un beneficio añadido para la población. Una presa está en el corazón del desarrollo y de la gestión del incremento de las reservas de agua de una cuenca hidrográfica. Una presa con fines múltiples es un proyecto capital para los países en desarrollo, puesto que su sola inversión origina beneficios para la vida cotidiana y económica de las poblaciones.

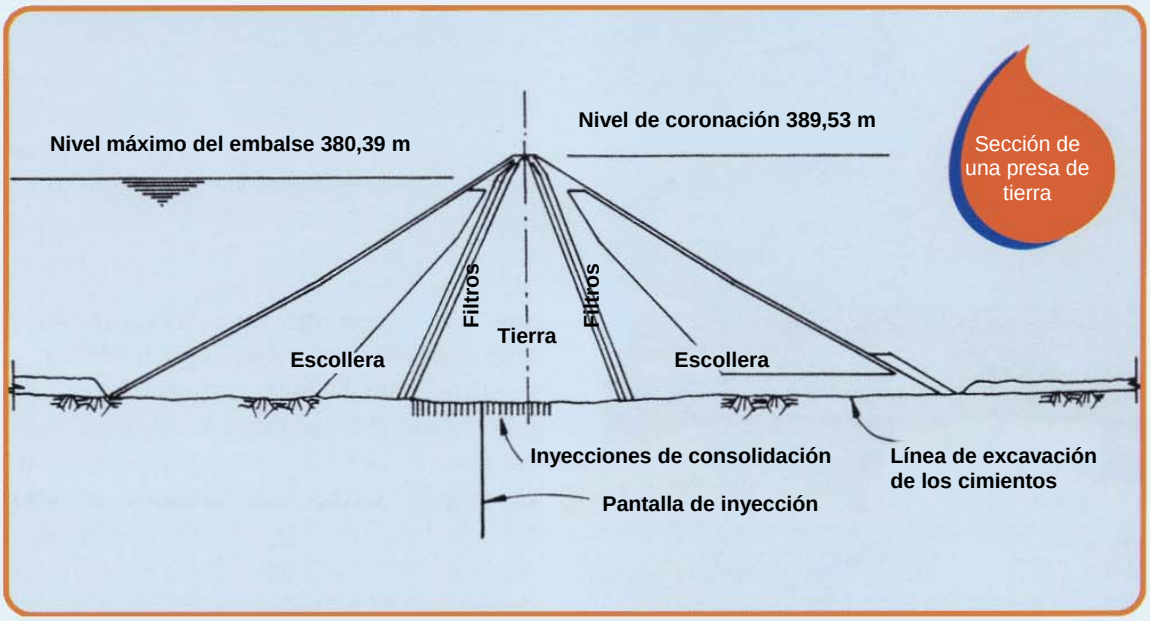
9.3 Tipos de presas

Las presas se clasifican según el material con el que se construyen. Las presas de hormigón o de mampostería son las denominadas presas de gravedad, presas bóveda o presas de contrafuertes. Las presas hechas a partir de tierra o de rocas son las llamadas presas de materiales sueltos.





Las presas de materiales sueltos se construyen con tierra o bien con una mezcla de tierra y rocas. Los ingenieros eligen generalmente construir este tipo de presas en los emplazamientos dotados de una gran calidad de tierra y de rocas fácilmente disponibles. Estas presas representan alrededor del 75% de la totalidad de las presas en el mundo. Algunas presas no se componen más que de tierra y se las llama simplemente presas de tierra; otras, se construyen con rocas, son las llamadas presas de escollera. Numerosas presas de materiales sueltos se construyen mezclando conjuntamente tierra y escollera y son las llamadas presas mixtas.



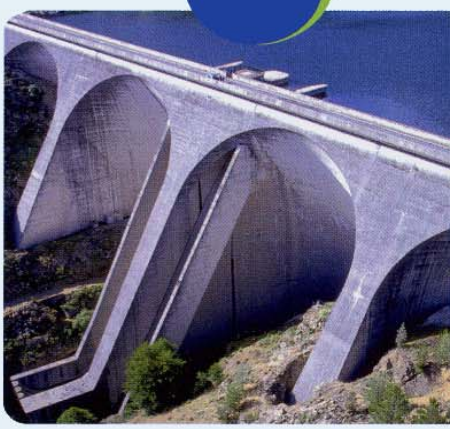
Condiciones previas, objetivos, tipos, características y construcción de una presa

Una gran presa de materiales sueltos

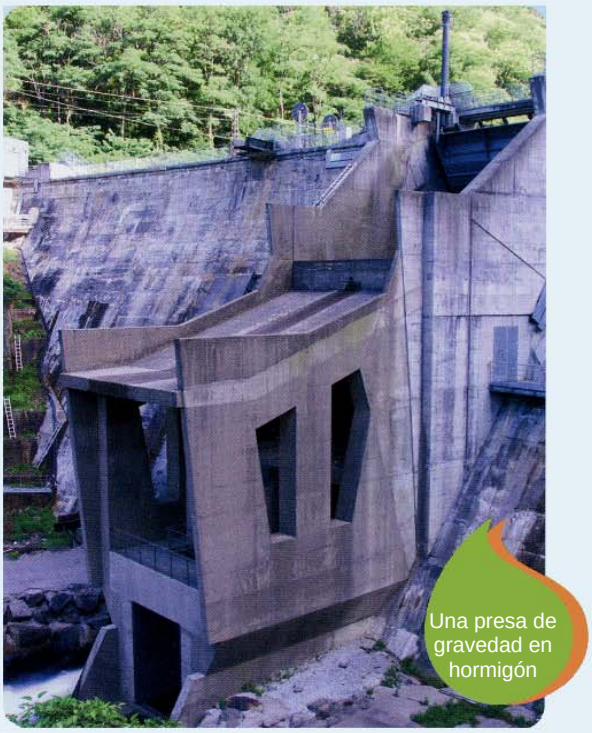
Las presas de gravedad, puesto que son bastante robustas, resisten a la fuerte presión del agua. En el origen, las presas de gravedad estaban construidas en mampostería de piedras y mortero. En la actualidad las presas de gravedad se hacen en hormigón macizo o compactado (se trata de capas de hormigón compactadas con rodillo) y se las denomina presas de gravedad en hormigón.

Una presa bóveda de hormigón

Una presa de escollera y tierra



Una presa de contrafuertes



Una presa de gravedad en hormigón

Las presas bóveda son presas de hormigón curvadas hacía aguas arriba. La mayor parte de ellas se encuentras enclavadas en valles estrechos o cañones. La forma abovedada de la presa le permite transmitir la presión del agua contra la presa sobre las laderas. Las presas bóveda necesitan mucho menos hormigón que las presas de gravedad de la misma anchura. Las cimentaciones rocosas deben ser mucho más sólidas para soportar el empuje de la presa.

Las presas de contrafuertes tienen una sucesión de soportes verticales que se les llama contrafuertes. Estos contrafuertes se sitúan en el lado de aguas abajo de la presa. La cara de aguas arriba de una presa de contrafuertes está inclinada generalmente en un ángulo de unos 45 grados. Esta cara inclinada y los contrafuertes sirven para transferir el empuje del agua hacía abajo, en dirección de los cimientos de la presa.

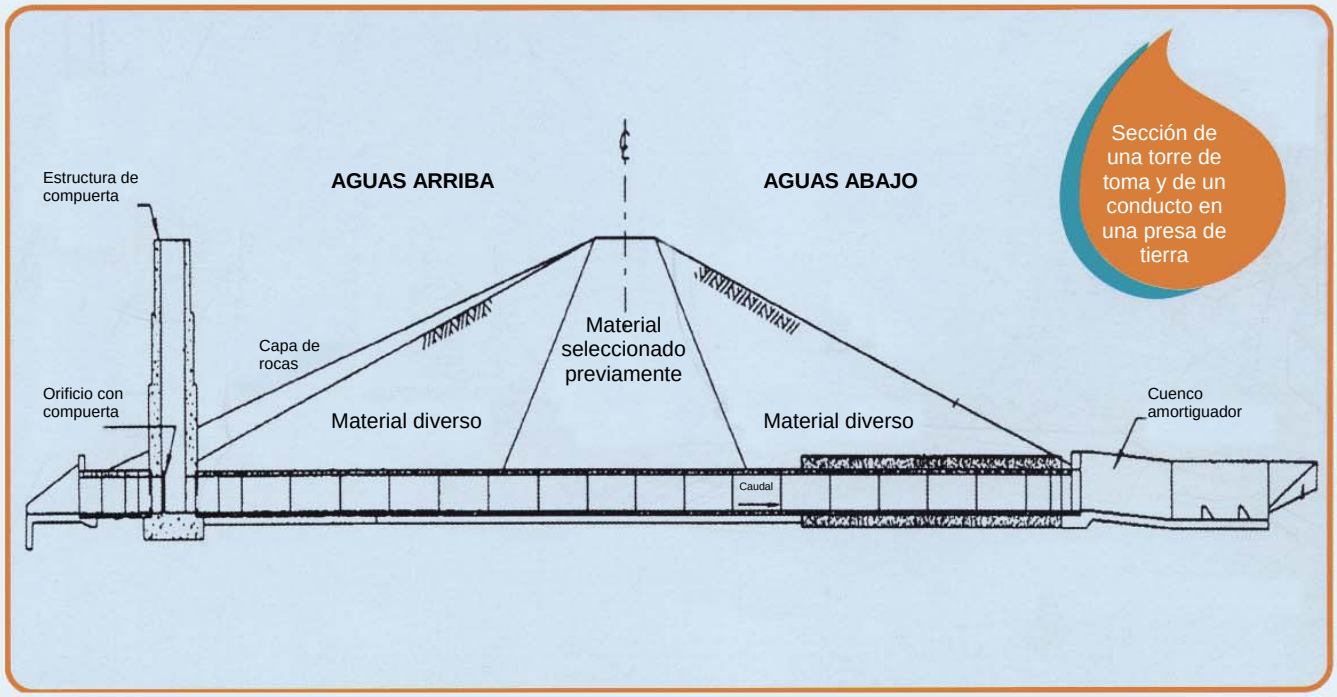
Una presa mixta de escollera y tierra

9.4 Características funcionales de una presa

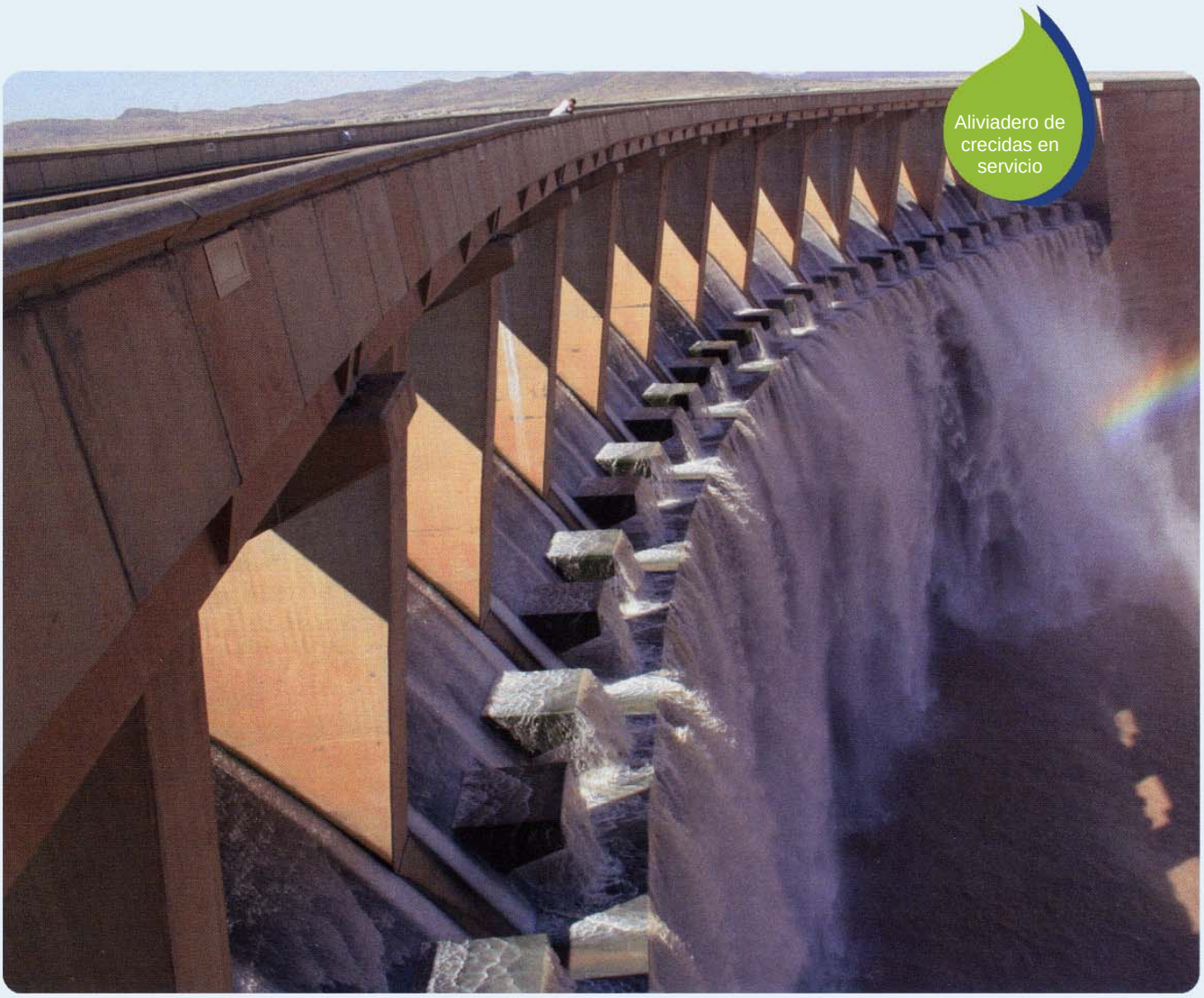
Para su funcionamiento correcto, una presa debe incluir varios elementos entre ellos el embalse, los aliviaderos, las obras de desagüe y las instalaciones de vigilancia. Una presa que alimente a una central eléctrica incluirá también conducciones forzadas, generadores y una estación de transformación. El agua se almacena en el embalse. El caudal entrante debe ser medido continuamente y el caudal saliente regulado para el mejor aprovechamiento posible. En condiciones normales de explotación, el nivel del embalse está regido por el puesto de control verificando los caudales en los órganos de toma que generalmente disponen de túneles o conducciones dotadas de compuertas de regulación. Durante las avenidas, el nivel del embalse está controlado también por los aliviaderos y, a veces, por las obras de desagüe.

Ejemplo de una torre de toma en el embalse unida a la obra de restitución

El embalse de una presa de control de avenidas se mantiene en su nivel más bajo durante varios meses con el fin de poder almacenar un máximo de agua durante los periodos de crecida. Si el objetivo es el regadío, el embalse se llena lo más posible y permanece a ese nivel para poder dar un abastecimiento máximo en la estación seca. El embalse de una presa hidroeléctrica se mantendrá a un nivel constante, si es posible, con el fin de optimizar la carga en los generadores. La calidad del agua es un aspecto muy importante del equilibrio natural y dispositivos cuyo objetivo es mantener la calidad del agua ya están integrados en las presas modernas. Las tomas a diferentes niveles permiten hacer tomas de agua o mezclas selectivas con el fin de obtener la temperatura deseada y el oxigeno necesario para mejorar las condiciones aguas abajo. En numerosas presas se construyen escalas de peces, una serie de estanques escalonados, con el fin de permitir el paso de los peces que suben o descienden el río. Para impedir que los peces entren en las turbinas se utilizan rejillas. Como la mayor parte de las presas modernas son utilizadas para fines múltiples, hay que controlar los caudales liberados con la mayor atención con el fin de optimizar los beneficios tanto en el plano económico como en el medioambiental.



Sección de una torre de toma y de un conducto en una presa de tierra



Aliviadero de crecidas en servicio

Ejemplo de aliviadero de una presa de tierra en el Estado de Idaho en Estados Unidos

Todos los órganos de la presa están controlados y dirigidos desde una sala de control. Esta sala está equipada con monitores, instrumentos de control, ordenadores, material de urgencia y con diversos sistemas de comunicación, todos estos instrumentos permiten que la presa funcione con toda seguridad, sean cual sean las condiciones. El caudal entrante, el nivel del embalse, los caudales y los niveles del río aguas abajo, las condiciones climáticas, todo esto está también vigilado. Además, esta sala controla también los dispositivos instalados en el interior de la presa y los instrumentos que vigilan el comportamiento y estado de la misma.

9.5 Elección del emplazamiento y el tipo de presa

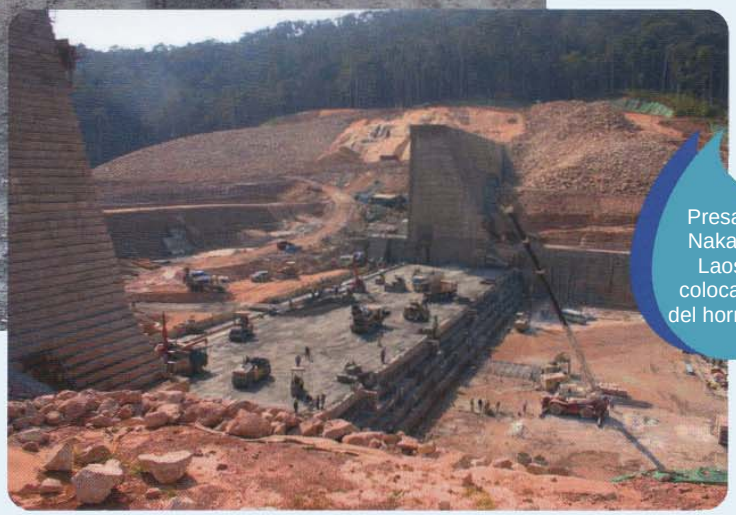
Para seleccionar el tipo de presa que es más conveniente construir, hay que evaluar además de los datos económicos y técnicos, también los medioambientales. En la primera fase del proyecto se estudian minuciosamente diferentes emplazamientos así como varios tipos de presas. Tras haber establecido un diagnóstico hidrológico, un programa de reconocimiento se pone en marcha, se procede a hacer sondeos y muestras en cada emplazamiento. Se obtienen así muestras del suelo y las rocas con el fin de conocer las propiedades físicas de estos materiales. A veces se efectúan ensayos de presión con objeto de evaluar la permeabilidad del terreno. Los planos preliminares y las estimaciones de los costos son preparados por ingenieros especializados en hidrología, hidráulica, geología, ingeniería civil, así como por geólogos. Igualmente se estudia la calidad medioambiental del agua, y tras la selección del emplazamiento de la presa, los aspectos ecológicos y culturales.

Una vez hecha la selección del tipo de presa, los factores que se toman en cuenta son la topografía, la geología, la calidad de los cimientos, la hidrología, los seísmos y la disponibilidad de materiales de construcción. Los valles estrechos que disponen de una roca sólida y poco profunda convienen para las presas de hormigón, mientras que los valles anchos con suelos de cimentación con calidades medianas convienen sobre todo para presas de materiales sueltos. Las presas de materiales sueltos en tierra son las más numerosas ya que permiten utilizar los materiales directamente disponibles en el emplazamiento.

9.6 Construcción de una presa

La construcción de una presa representa una operación importante que requiere enormes cantidades de materiales, equipos y mano de obra. La construcción de una presa puede durar entre 4 y 5 años, a veces cuando se trata de presas muy grandes hasta 7 y 10 años. La construcción de la presa puede empezar una vez que se han desviado las redes de carreteras, las vías férreas y las redes eléctricas o conducciones de gas. La primera etapa consiste en eliminar la vegetación del emplazamiento elegido y las construcciones que lo ocupen. El río se desvía para poder cavar los cimientos y colocar el hormigón, la tierra o las rocas. Para desviar el río, a menudo se cava la mitad del lecho del río y éste sigue su curso en la otra mitad del lecho. A veces resulta más económico perforar una galería a través de un macizo (estribo) rocoso. Esta galería puede ser temporal o bien formar parte definitiva de las obras de desagüe de la propia obra. Esta galería permite que pase la totalidad del caudal del río durante la construcción de la presa. Para realizar esta derivación se construyen río arriba ataguías (pequeñas presas provisionales situadas a lo ancho de un curso de agua) desviando el río hacia la galería. Cuando la presa ha alcanzado una altura suficiente, se instalan las compuertas en la galería. A continuación se construyen los aliviaderos y cuando la presa ha alcanzado un nivel suficiente, se restablece el curso de agua con la ayuda de otra ataguía. Ésta debe ser lo suficientemente alta como para que el agua no se desborde hacia la otra mitad del río durante la construcción. A veces se necesita otra ataguía aguas abajo de la obra para que el emplazamiento de la presa permanezca seco. Finalmente la presa se construye hasta su altura final.

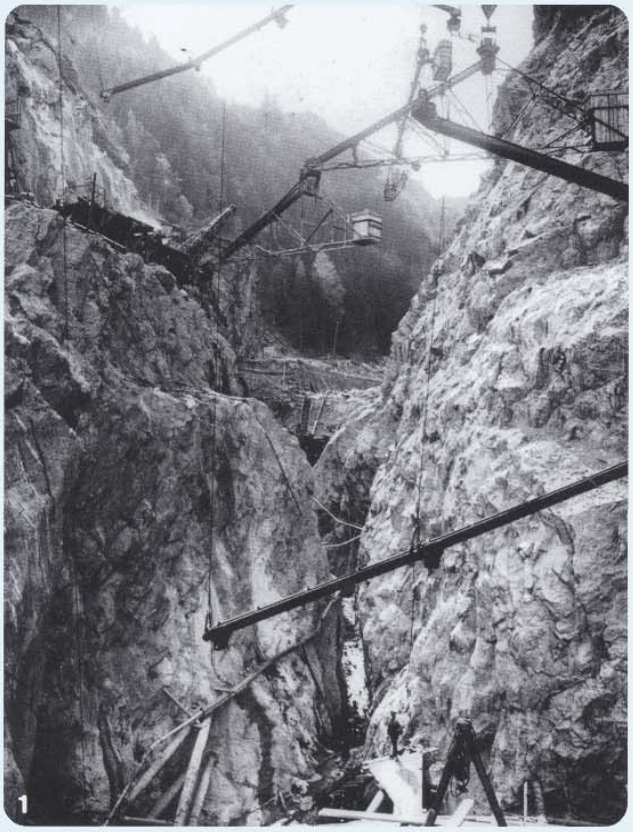
Presa de Nakai (Nan Theun 2) en Laos – Hormigón compactado con rodillo

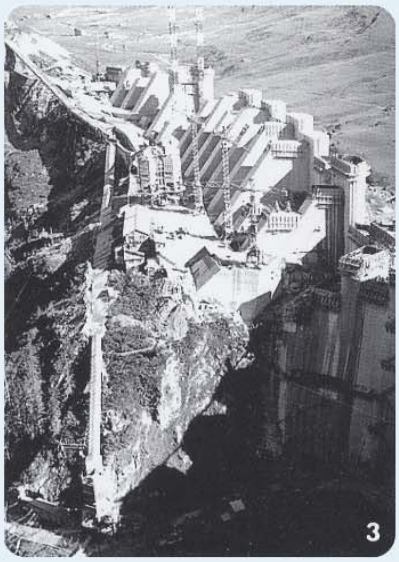


Presa de Nakai en Laos – colocación del hormigón

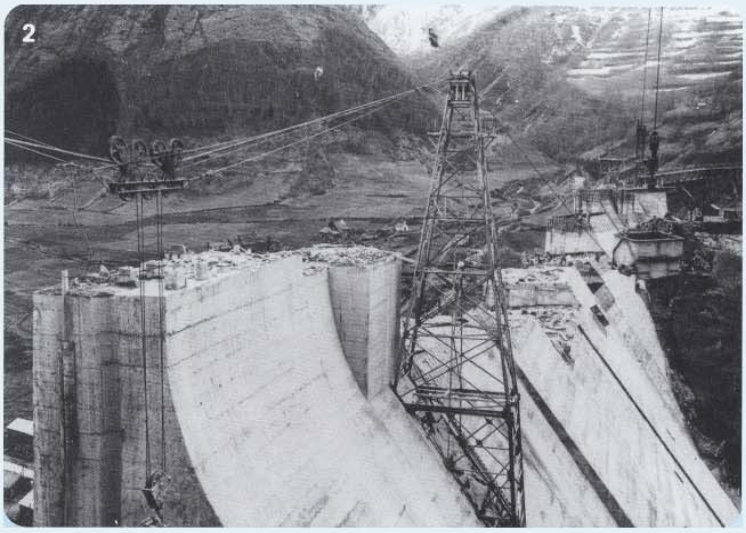
Presa de la Ganguise en Francia – recrecimiento de una presa existente de tierra

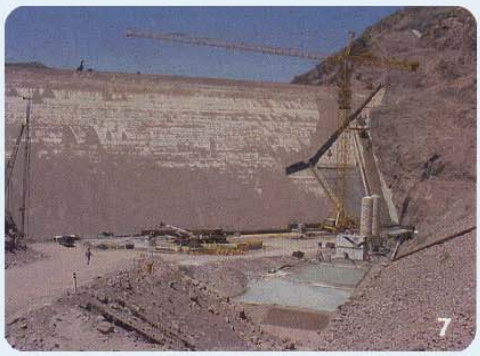
Condiciones previas, objetivos, tipos, características y construcción de una presa





1 & 2 Presa de Chambon (Francia) – la construcción de una presa de gravedad en los años 1930-1935
3 Presa de Roselend (Francia) - obra
4 Construcción de la presa de Nam Them en Laos
5 Presa de Potrerillos
6 & 7 Presa de Potrerillos (Argentina) – Aguas arriba
8 & 9 Presa de Katse (Lesotho) – hormigonado de una presa bóveda
10 Presa de Ceyrac (Francia) – hormigonado de una presa de gravedad
11 Construcción de una presa de hormigón compactado en Penn Forest (Estados Unidos) – El hormigón es recibido, vertido, extendido y compactado por medio de un equipo de compactación
12 Presa de Villerest (Francia) – Construcción de una presa de gravedad de forma curvada
13 Construcción del aliviadero de una presa de gravedad de hormigón





8

9

10

11

12

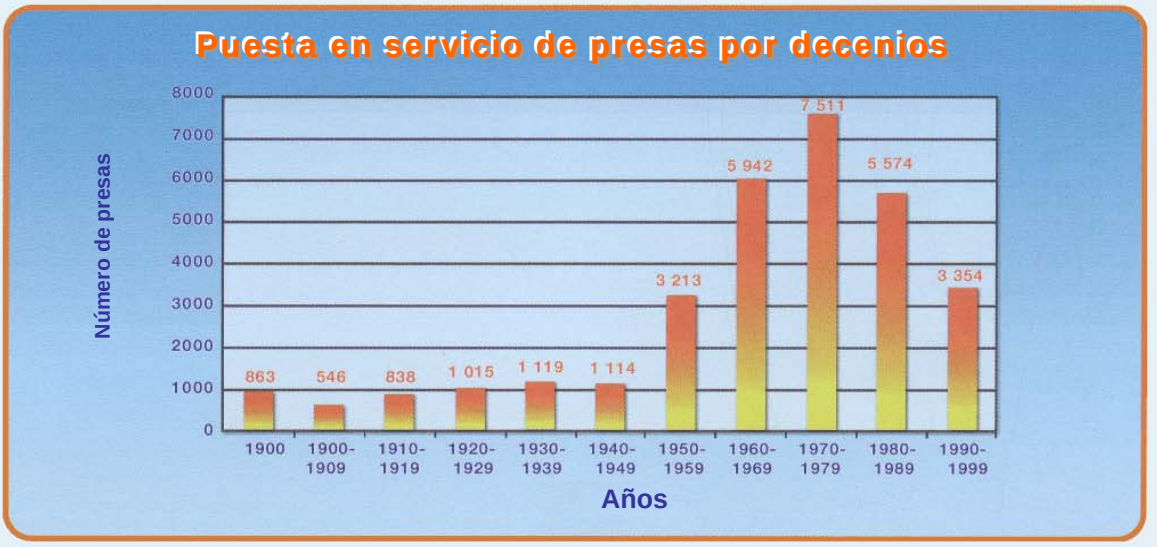
13

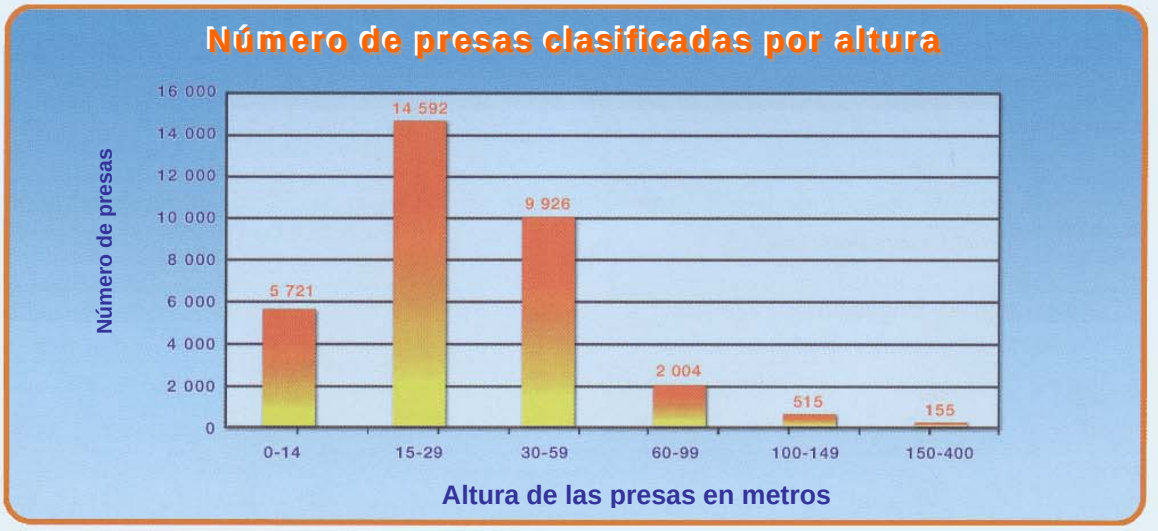
Las presas actuales

10

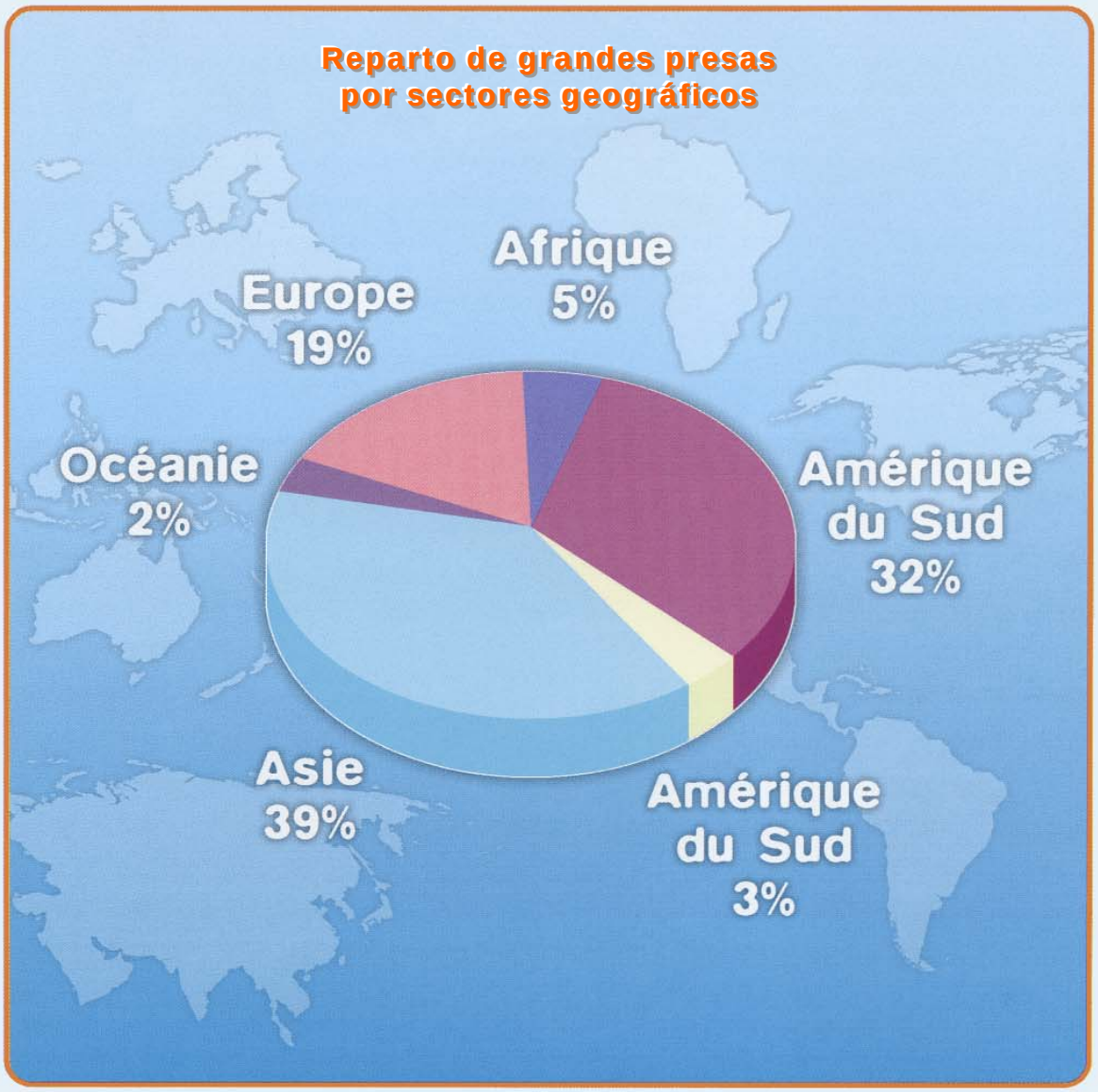
La ICOLD/CIGB tiene al día un registro del conjunto de grandes presas mundiales. Para ser clasificada como gran presa, y por lo tanto estar inscrita en ese registro, una presa debe alcanzar al menos 15 metros de altura o tener una altura de 10 a 15 metros así como un embalse de una capacidad de más de 3 millones de metros cúbicos de agua. Las presas se clasifican por países y en este registro se encuentran los datos sobre cada una de ellas, entre ellos: nombre, año de terminación de los trabajos, altura, capacidad del embalse, superficie de la cuenca vertiente, usos, potencia eléctrica instalada, producción media anual de energía eléctrica, zona regable, volumen de agua almacenada para la protección contra las avenidas, número de personas desplazadas... los datos mundiales se remontan a 2003 indicando que existen alrededor de 50.000 grandes presas en funcionamiento. Las presas de materiales sueltos son las más numerosas, seguidas por las presas de gravedad y las presas de escollera. El proceso de preparación del proyecto y la participación de los usuarios así como las cuestiones socio-económicas se tratarán en el apartado 13.

En estos gráficos, las grandes presas mundiales están clasificadas por año de construcción y por altura.





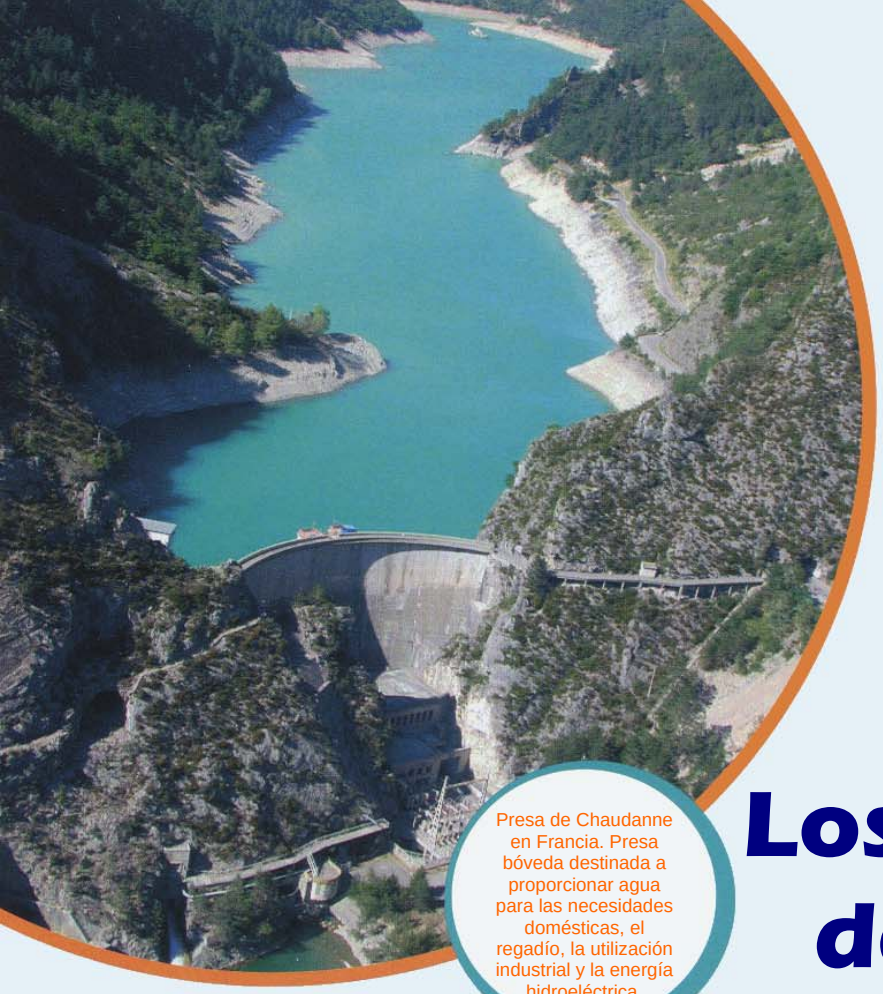
El tipo más usual de presa es la presa de tierra. Representa el 43,7% del número total de presas. A continuación vienen las presas de gravedad (10,6% del total) y después las presas de escollera.



10.1 Los fines de las presas actuales

La mayoría de las presas referenciadas por la ICOLD/CIGB son presas con objetivo único (71,7 %), pero existen cada vez más presas con fines múltiples (28,3 %). Hoy, el regadío es el objetivo principal, según el registro de la ICOLD/CIGB. El registro de la ICOLD/CIGB permite obtener el reparto siguiente de los usos de las presas:

- 48,6 % regadío
- 17,4% energía hidroeléctrica
- 12,7% abastecimiento
- 10% control de avenidas
- 5,3% ocio
- 0,6% navegación y piscicultura
- 5,4% otros



Presa de Chaudanne en Francia. Presa bóveda destinada a proporcionar agua para las necesidades domésticas, el regadío, la utilización industrial y la energía hidroeléctrica.

11

Los beneficios de las presas

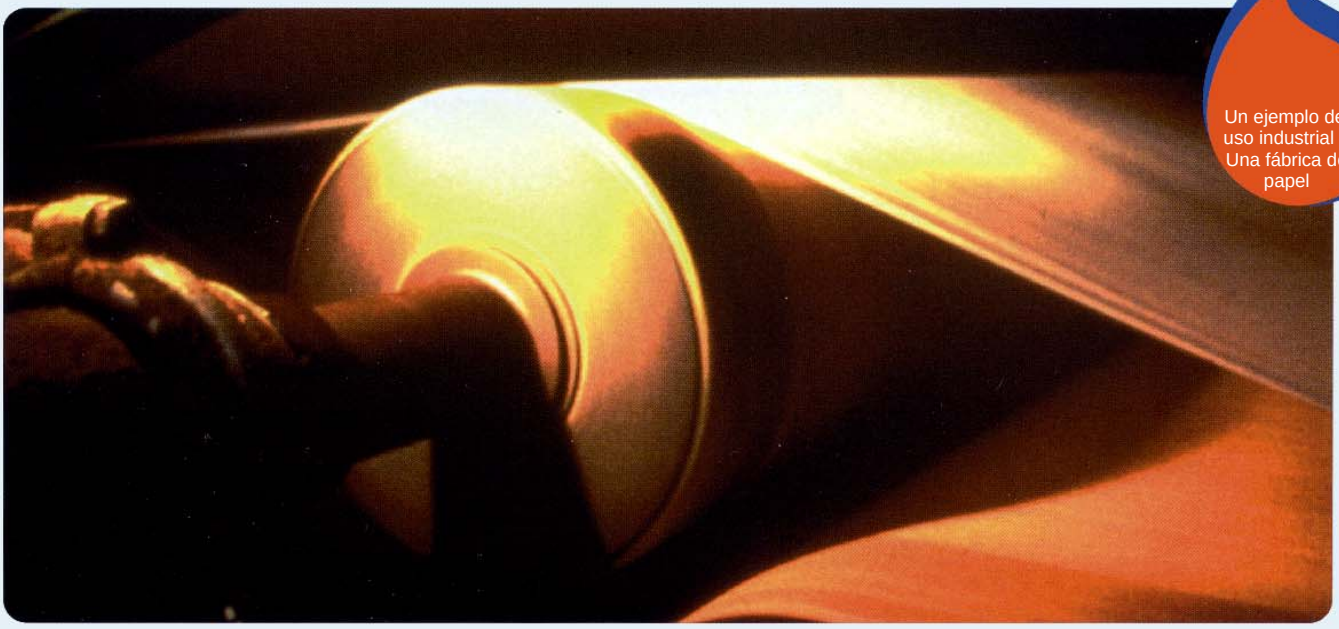
Para asegurar el crecimiento socio-económico en el mundo entero, es imprescindible disponer de agua de buena calidad en cantidad suficiente así como de una fuente de energía adaptada. Las presas planificadas, proyectadas y mantenidas correctamente, contribuyen enormemente al abastecimiento de agua y energía. Como reguladoras de las variaciones del ciclo del agua, las presas y los embalses asociados se convierten en necesarias para almacenar el agua y en consecuencia poder liberar la suficiente para mantener el caudal necesario en los ríos.

11.1 Abastecimiento de agua para los usos domésticos e industriales

Una fuente de agua fiable y en cantidad suficiente es necesaria para el mantenimiento de la civilización actual y también para el desarrollo futuro. En el pasado y en muchas regiones del mundo, el agua para el uso doméstico e industrial se extraía del suelo o de los acuíferos (capas de arena y grava o de rocas arenosas bajo la superficie del suelo que tienen la capacidad de almacenar agua). Hoy la cantidad de agua extraída de estos acuíferos es superior a su rellenado natural, lo que ha provocado el descenso del nivel de las capas subterráneas. Esta situación puede llevar al agotamiento del agua subterránea en el momento de periodos de fuerte sequía e incluso podría provocar la sequedad del suelo para siempre. Es importante recordar, tal y como lo hemos visto en el apartado tres, que del volumen total del agua que cae sobre la tierra en forma de lluvia o de nieve, solamente el 19% es absorbido por la tierra y que una gran parte de ella discurre por el suelo dejando tan sólo un 2% para rellenar las capas subterráneas. Las presas almacenando agua, si se planifican, proyectan, construyen y se mantienen debidamente, contribuyen eficazmente a las necesidades mundiales de agua. Para hacer frente a las variaciones hidrológicas, las presas al crear un embalse son indispensables para el almacenamiento de agua y un abastecimiento más regular de la misma, sobre todo en los periodos de escasez.

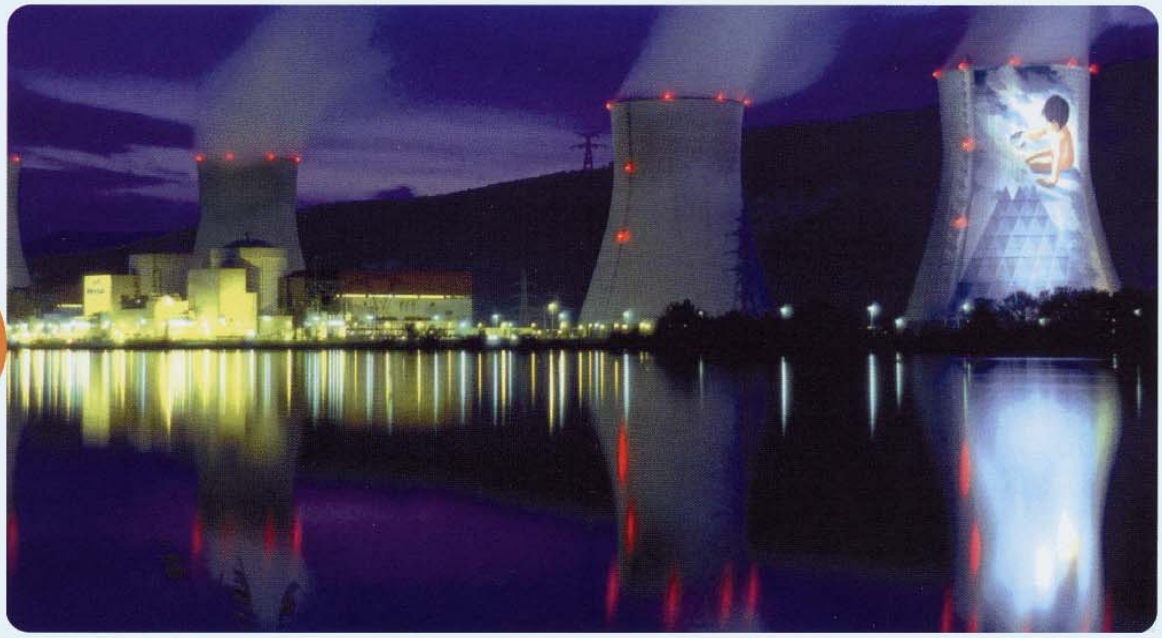
Un ejemplo de presa bóveda

Así pues, en lo sucesivo es vital completar la cantidad de agua del subsuelo rellenando los acuíferos con las reservas de los embalses. Grandes zonas urbanas tienen caudal para almacenar agua durante los periodos de fuertes lluvias que luego utilizan en periodos de sequía. Esto es especialmente crucial en las regiones áridas del mundo.



Un ejemplo del uso industrial – Una fábrica de papel

El agua almacenada en los embalses es igualmente utilizada para la industria, para las necesidades de las fábricas dónde se usa en los procesos químicos o en el refinado y para el enfriamiento de las centrales convencionales o nucleares. El caudal regulado por los embalses creados por las presas puede ser también utilizado para diluir los efluentes industriales aumentando el caudal del río con la finalidad de mantener la calidad del agua en niveles satisfactorios.



La industria tiene necesidad de millones de litros de agua diarios

11.2 Respuesta a las necesidades agroalimentarias

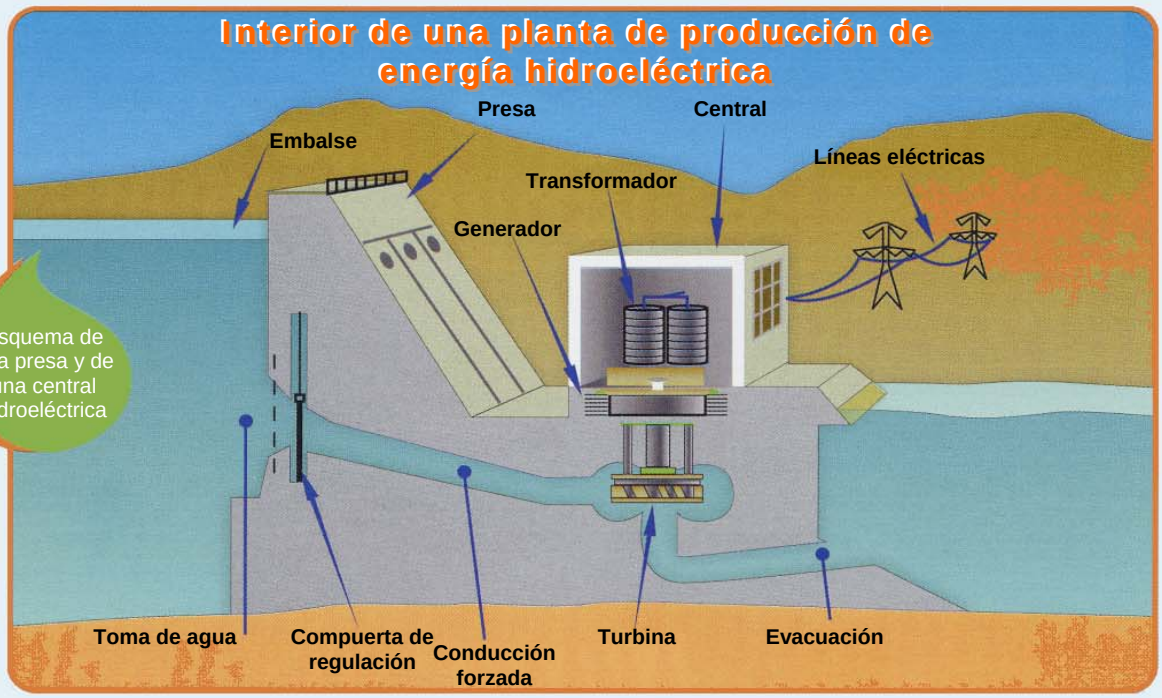
A escala mundial, el agua principalmente y ante todo es utilizada para regar los cultivos. Desde el principio de los años 1990, menos del 20% de las tierras mundiales cultivables eran regadas, lo cual produjo alrededor del 30% de la alimentación mundial. Existe un proverbio popular en las regiones áridas: "La alimentación nace donde el agua fluye".

Se estima que las tierras regadas deberán producir, de aquí al 2025, el 80% de alimentación suplementaria. Esto va a hacer crecer más aun la demanda de agua dulce. La mayor parte de las regiones con necesidades de regadío se encuentran en las zonas áridas, situación que encontramos principalmente en los países en vías de desarrollo. A pesar de una utilización más eficaz del agua, gracias a los progresos de la tecnología en materia de riegos, será necesaria la construcción de nuevos embalses.

Proporcionar agua para la alimentación en los países en desarrollo

11.3 Control de las avenidas

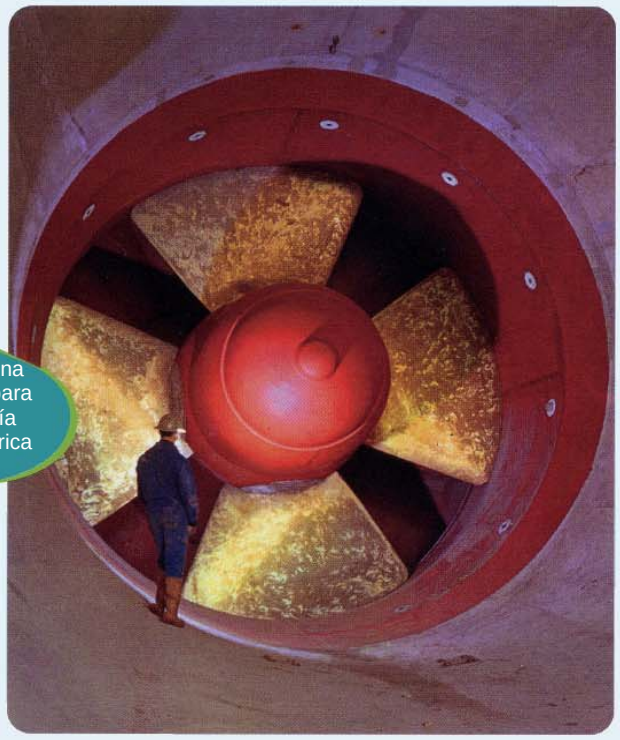
Las presas y sus embalse pueden ser utilizados eficazmente para regular el nivel de los ríos y las crecidas aguas abajo de las presas almacenando temporalmente el volumen de agua de las avenidas en el embalse para liberarla más tarde. El control más eficaz de las avenidas se ha obtenido gracias a un programa de gestión integrada del agua que regula el volumen del embalse y el desagüe desde cada una de las principales presas situadas en una cuenca hidrográfica. Cada presa funciona según una instrucción específica de gestión que regula las crecidas sin ninguna repercusión negativa. Esto puede hacer necesario rebajar el nivel del embalse para optimizar el almacenamiento de agua durante la estación de lluvias. Esta estrategia limita las inundaciones. El número de presas y su programa de gestión se establecen gracias a una amplia planificación del desarrollo económico y todo ello con la participación del público. En el apartado 11.7 se proporcionan informaciones complementarias sobre los programas de gestión integrada del agua. El control de las avenidas es un objetivo capital para muchas de las presas existentes y sigue siendo el objetivo principal para algunas de las grandes presas que están actualmente en construcción en el mundo.



Esquema de una presa y de una central hidroeléctrica

11.4 Producción de energía hidroeléctrica

Desde la época romana, se utiliza el agua como fuente de energía. La rueda de agua ha sido utilizada para moler el grano, serrar la madera o accionar las hilanderías. A principio del siglo XIX, la turbina se convirtió mucho más eficaz que la rueda movida por agua y a mediados del XIX se utilizó por primera vez la energía del agua para producir electricidad. La utilización del agua en movimiento para hacer girar una turbina conectada por un eje a un generador con el fin de crear la electricidad es la base de la energía hidroeléctrica. Al ser la propia agua la fuente de esta energía, la convierte en una energía renovable y en una fuente principal de electricidad.



Una turbina utilizada para la energía hidroeléctrica

Generadores en una central

Presa de Castillon en Francia: Central a pie de presa, puesto de transformación y líneas eléctricas de salida de energía

Cuanto mayor sea la fuerza del agua para accionar las turbinas, más electricidad se produce. La cantidad de electricidad producida depende pues de la altura entre el embalse y la turbina así como del volumen de agua que pasa por la turbina. Una ventaja importante de la energía hidroeléctrica si se la compara con otras fuentes de electricidad como el carbón, el petróleo o el gas, es que se trata de una fuente renovable. En otros términos, el agua no se consume en el proceso de creación de electricidad y, una vez liberada de la central hidráulica, continúa disponible para otros usos. Es también una fuente de energía limpia, puesto que no necesita de la combustión de carburante que puede contaminar el medioambiente.

Algunos de los primeros países en desarrollar la hidroelectricidad a gran escala fueron Noruega, Suecia y Suiza en Europa, Canadá, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda. A una escala menor se han acometido obras hace muchos años en algunos países de Asia, cuando las condiciones lo permitían. Por ejemplo, la primera pequeña central hidroeléctrica de la India tiene más de 100 años.

Alrededor de 200 países en el mundo disponen de capacidad para desarrollar energía hidroeléctrica a más o menos gran escala. Las condiciones naturales más favorables se encuentran en países que tienen montañas o colinas, con un gran número de lagos y de ríos o una gran red hidrográfica. La mayor central hidroeléctrica en servicio es la de Itaipú sobre el río Paraná entre Brasil y Paraguay. Aunque ésta se trate de una obra excepcional (Con una potencia instalada de más de 14.000 megavatios o 14 millones de vatios), existen en el mundo centenas de miles de centrales de potencia mediana. Brasil produce más del 90% de su electricidad gracias a sus centrales hidroeléctricas.

Aprovechamiento de Vaugris sobre el Ródano: presa, central y exclusa: una obra con fines varios

11.5 Navegación fluvial

El funcionamiento natural de los ríos, como las variaciones del caudal y del nivel del agua, la formación de hielo, el cambio de trazado por razones de la erosión y de la sedimentación... crea problemas importantes obstaculizando la navegación fluvial. En comparación con las carreteras y las vías férreas, la navegación permite transportar grandes cargas por medio de gabarras y trasladar paquetes de grandes dimensiones economizando carburante. La mejora de la navegación es el resultado de una planificación y de un desarrollo de las cuencas fluviales por medio de la utilización de presas, exclusas y embalses administrados y explotados para obtener beneficios económicos importantes en el plan regional y nacional.

Además de conseguir un impacto económico positivo, un río provisto de presas y embalses para la navegación tiene la ventaja de conseguir un mejor control de las avenidas, una erosión menos importante, niveles de agua subterránea estabilizados y además favorecer el ocio.

11.6 Ocio

El atractivo de los embalses para el recreo, a menudo representa una ventaja significativa, además de los otros objetivos de una presa. Esto es especialmente cierto en zonas donde el agua de superficie es rara e incluso ausente. El tiempo libre relacionado con los lagos, como la navegación de recreo, la natación, la pesca, la observación de las aves y los paseos en la naturaleza, son tomados en cuenta en la fase inicial del proyecto y coordinados a los otros objetivos, permiten realizar una obra equilibrada. La puesta en servicio de presas con los embalses asociados puede también mejorar los atractivos turísticos de una región.

11.7 Gestión integrada del agua a nivel de la cuenca hidrográfica

Tener agua en cantidad suficiente y de buena calidad, allí donde la necesidad existe, es el desafío número uno. De este modo, el agua obtenida a partir del subsuelo, de los lagos naturales, de los ríos y de los embalses creados por las presas permite responder a las necesidades domésticas, agrícolas e industriales. Entre estos cuatro recursos, sólo la

presa representa una gestión eficaz tanto de agua, como de necesidades energéticas para un estado, una región o un país. Los aportes y las cantidades restituidas del agua de los embalses deben estar controlados. La gestión integrada del agua en la cuenca hidrográfica es el proceso gracias al cual es controlada el agua almacenada en los embalses y la cantidad diaria liberada con el fin de disponer de un volumen suficiente. Un ejemplo es el almacenamiento de las avenidas de tormenta para la regulación de los caudales. Durante un periodo de sequía, el agua evacuada poco a poco de una presa en coordinación con las otras presas permite asegurar una cantidad suficiente en toda la cuenca fluvial. Cada presa y cada embalse de la cuenca con un programa de control de agua que administra los volúmenes soltados aguas abajo de este embalse, sobre la base del aporte de agua en el embalse y las necesidades aguas abajo. Cada programa de control está coordinado con el de las otras obras de la misma cuenca fluvial. La coordinación y el control se realizan por una organización en el seno de la cuenca que puede ser un comité de cuenca. Este comité tiene un papel primordial en la vigilancia de la cuenca en casos de sequía o de avenidas.

Tomas de agua situadas a diferentes niveles proporcionan a los operadores el medio de efectuar las tomas de agua a diferentes temperaturas que, una vez combinadas, permiten obtener la temperatura deseada en el agua vertida aguas debajo de la presa con el fin de mejorar la calidad. Una presa y su embalse administrados correctamente mantienen también un nivel predeterminado del embalse durante las diferentes estaciones del año respondiendo a los imperativos medioambientales

El objetivo de la gestión integrada del agua de una cuenca hidrográfica es el de satisfacer las demandas de agua sin sacrificar los usos existentes. Para conseguir esto en una cuenca, es preciso cumplir las condiciones siguientes:

- Implantar una estrategia para conseguir un caudal suficiente manteniendo los niveles adecuados de embalse de agua (gestión de avenidas y sequías)
- Satisfacer a las demandas domésticas, agrícolas e industriales preservando el medio ambiente.
- Evaluar y mejorar la calidad del agua.

La gestión integrada del agua a partir de las presas en las cuencas proporciona un caudal fiable y regular en los ríos a lo largo de todo el año

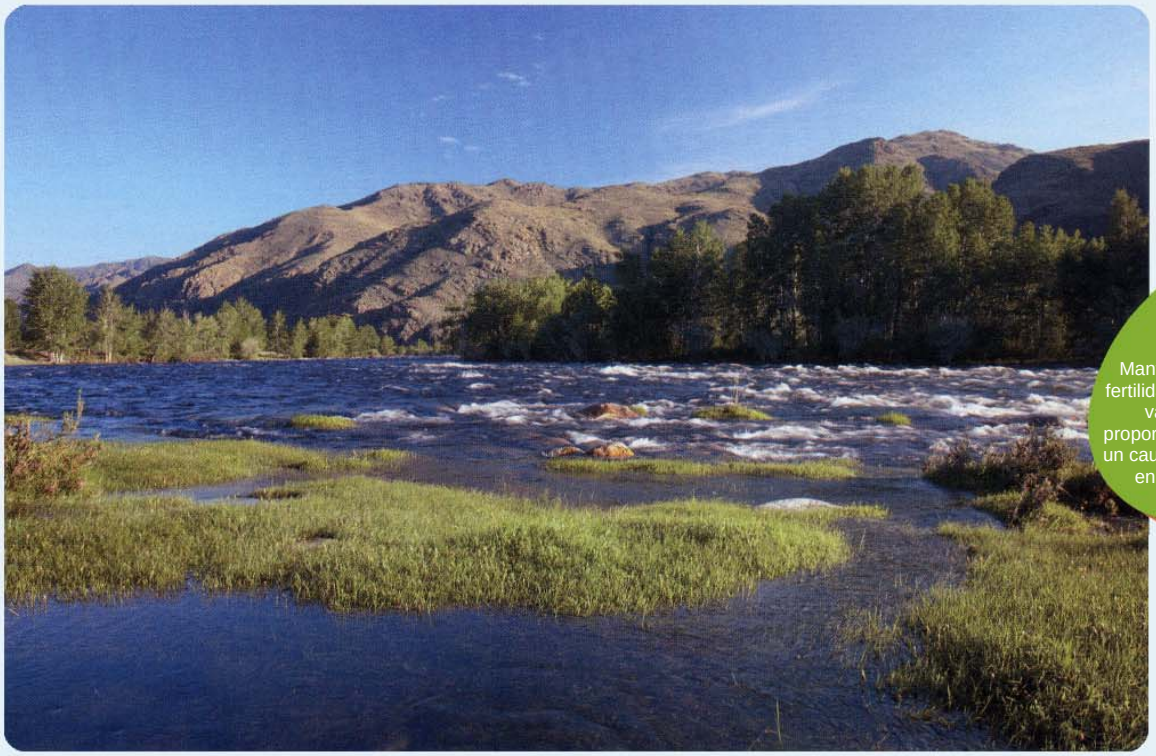
Presa de Gambsheim, central y exclusas sobre el Rhin. Una gran presa con fines múltiples controla el caudal del río para el abastecimiento de agua, energía eléctrica, navegación, control de avenidas y ocio

Fábrica

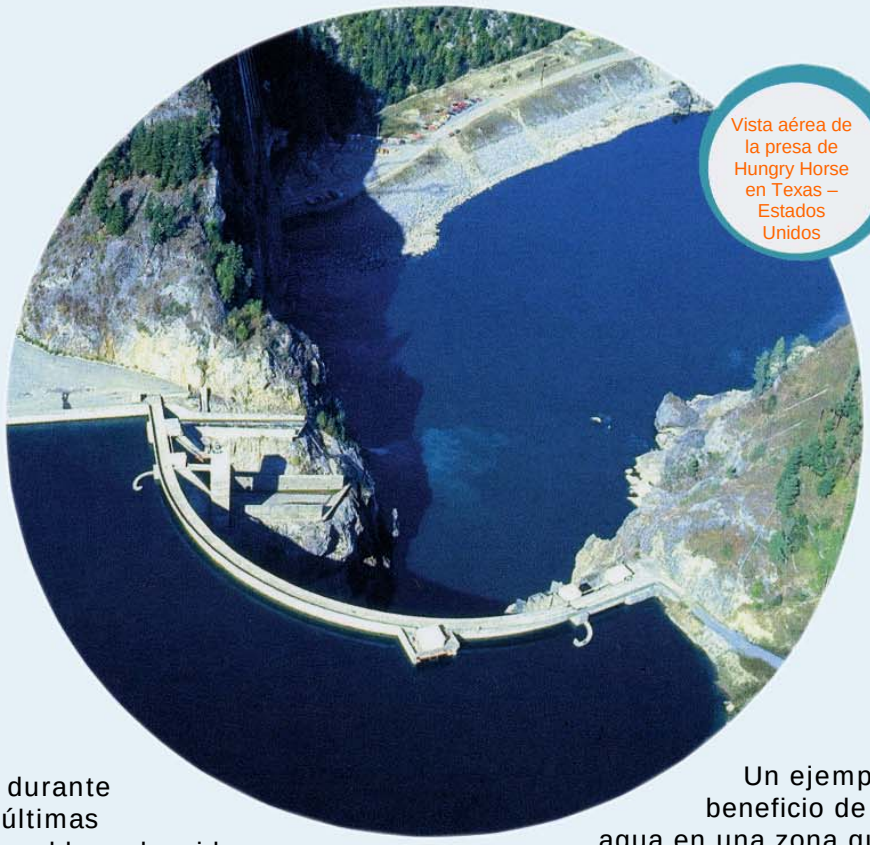
11.8 Resumen de los beneficios

Las ventajas de las presas y de los embalses deben ser consideradas en todos los niveles: local, regional, nacional y global La extensión de los beneficios de una presa y su embalse no se limita sólo a los territorios y poblaciones próximos al embalse. Generalmente es toda una región, incluso una nación entera la que se beneficia de ellos. La gran Presa de Asuán cerca de las fuentes del Nilo en Egipto es un buen ejemplo de ello. Esta presa almacena y después libera agua para mantener un caudal regulado en el Nilo y esto en provecho de todo los país.

En todos los países en vías de desarrollo o desarrollados se pone de manifiesto el valor de la gestión integrada del agua. Durante siglos, varios países del Sudeste Asiático, por ejemplo India e Indonesia, regularmente padecían hambre. Cuando las lluvias del monzón se retrasaban o eran insuficientes, el país sufría hambre, lo que conllevaba frecuentemente un gran número de muertes. Gracias a los grandes embalses



Mantener la fertilidad de los valles proporcionando un caudal fiable en el río



Vista aérea de la presa de Hungry Horse en Texas – Estados Unidos

construidos durante estas cinco últimas décadas, el problema ha sido resuelto gracias a un almacenaje de grandes cantidades de agua sobrante durante las estaciones lluviosas y al aporte regulado de agua en periodos de sequía.

Un ejemplo remarcable del beneficio de la distribución de agua en una zona que sufre de stress hídrico es de Lesotho. Situado en África meridional, se trata de un proyecto conjunto entre el reino de Lesotho y la vecina república de Sudáfrica. El

aprovechamiento permite almacenar agua en varios grandes embalses en la región montañosa de Lesotho donde las lluvias caen de forma bastante importante. El agua es soltada a continuación mediante un conducto de casi 80 Km de longitud y esto permite regar las regiones áridas de Sudáfrica. Antes de este proyecto, las altas mesetas de Lesotho estaban subdesarrolladas y casi inaccesibles. Dentro de este proyecto se acometió la construcción de nuevas carreteras asfaltadas y de puentes adaptados al tráfico de vehículos pesados. También han podido ser mejoradas de manera substancial las redes de electricidad y de telecomunicaciones para adaptarse a las normas modernas; se han construido escuelas en el emplazamiento de la obra y en los alrededores. Esto ha permitido introducir servicios sanitarios públicos y programas de salud con diversos puestos médicos y de urgencias médicas. Esta infraestructura sigue estando en esta región y continua siéndole provechosa.

Obtener agua para el regadío

En todo el mundo, la agricultura necesita cantidades de agua importantes y fiables. Esto es posible gracias a los sistemas de regadío. En los Estados Unidos, la agricultura consume el 49% del agua dulce. Las Naciones Unidas estiman que en África y en Asia, es el 85% el que es utilizado para la agricultura. De aquí al 2025, las necesidades de agua van a acrecentarse en un 50%. Los embalses creados por las presas son el medio que permitirá proporcionar las grandes cantidades de agua para satisfacer estas nuevas necesidades. Las fábricas y los procesos industriales necesitan una cantidad importante de agua para poder funcionar eficazmente. Cuando el agua dulce es utilizada, debe ser tratada antes de devolverla al río puesto que las industrias son frecuentemente contaminantes para el agua.

La energía hidroeléctrica es la fuente menos cara de energía eléctrica porque la fuerza motriz del agua es gratuita. La energía hidroeléctrica puede ser un medio eficaz de atacar el problema de la pobreza en muchas regiones del mundo. La puesta en marcha de una nueva central hidroeléctrica puede necesitar el desplazamiento de la población local. Sao Paulo, en Brasil, es un ejemplo de ciudad de América del Sur con una población de 18 millones de habitantes donde la industria está más concentrada. Del total de esta población 5 millones tienen rentas modestas o débiles. El aprovisionamiento de electricidad de Sao Paulo está prácticamente basado en la energía hidroeléctrica barata. Esto ha facilitado la creación de nuevos empleos y mejorado el nivel de vida.

La navegación es el medio que consume menos carburante y el medio menos contaminante de transportar grandes volúmenes de carga. Para trasladar cierta carga a larga distancia, el transporte por carretera necesita 10 veces y el tren 5 veces más de carburante que el que consumido por el transporte de la carga sobre una gabarra. Como pocos de los ríos son naturalmente navegables a causa de los obstáculos como los rápidos, la velocidad excesiva de la corriente o las partes donde los ríos son poco profundos, es necesario superar estos problemas construyendo esclusas, presas y estructuras de vigilancia. La navegación fluvial contribuye a la reducción de emisión de gas de efecto invernadero y atenúa también los efectos del calentamiento climático mundial.

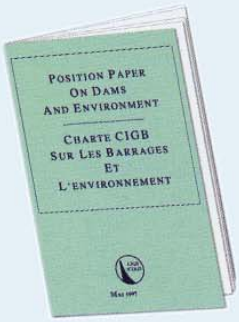
Remolcadores tiran de las gabarras colocadas las unas tras las otras como un convoy. Un convoy puede componerse de 4 ó 6 gabarras sobre canales relativamente pequeños incluso más de 40 gabarras sobre los ríos más anchos. Se puede ver aquí abajo la foto de uno de esos convoyes franqueando una esclusa.

Transportes de mercancías voluminosas siguen el curso de un río pasando exclusas y presas como este convoy

Las presas y el medio ambiente

12

La recuperación económica que ha seguido a la segunda guerra mundial ha estado acompañada de un crecimiento excepcional a nivel de los equipamientos con, entre otros, la construcción de múltiples presas en el mundo. El ritmo de construcción de las presas en los años 1970 ha sido el más alto. Como consecuencia del continuo crecimiento económico, la población mundial ha tomado conciencia de la importancia de las cuestiones medioambientales. Hoy la población busca un equilibrio entre los beneficios económicos y los beneficios medioambientales derivados de las obras hidráulicas. También quiere que los beneficios sean repartidos equitativamente entre todas las personas que habitan la región. La población juzga que es mejor administrar y desarrollar los recursos de agua en el conjunto de la cuenca fluvial antes que puntualmente y de manera local.



En 1997, la Comisión Internacional de Grandes Presas publicó un boletín de consejos sobre las consideraciones medioambientales en vista a la evaluación y preservación del medio natural. Podemos leer:

"Una de las grandes desafíos de finales del siglo XX es una sensibilización mayor el medio ambiente, natural y los peligros que corre".

Actualmente, las repercusiones negativas de las presas sobre el medio ambiente se reducen en la medida de lo posible. En numerosos países, los gobiernos toman esta medida en cuenta y obran para atenuar el impacto posible que puede tener una presa sobre la naturaleza y el medio natural en el momento de las decisiones sobre el lugar, el modo de construcción y de explotación. Teniendo en cuenta principalmente estas cuestiones, es posible conseguir consecuencias positivas.

A escala nacional, se trata de obtener cuencas hidrográficas que favorezcan a la vez a los ecosistemas acuáticos, al progreso económico y las necesidades humanas. La mejor manera de conseguirlo es fomentar y promover una gestión de los recursos hídricos adaptados a las necesidades regionales y locales. La gestión del agua es fundamental si queremos un agua de calidad y en cantidad suficiente. La protección del medio ambiente incluye la minimización de los riesgos y la promoción de nuevas instalaciones que mantengan las condiciones actuales y lo restablezcan si fuera necesario.

12.1 Protección y preservación del medio ambiente

La gestión del agua tiene un impacto sobre el ciclo natural del agua. El impacto es más o menos fuerte según el tamaño y las condiciones naturales propias al territorio a gestionar y según la amplitud de este aprovechamiento. Es esencial, desde el inicio de un proyecto, tener en cuenta las repercusiones sobre el medio ambiente y poner en marcha las medidas para atenuar estas repercusiones. Esto puede comprender: la supresión de la vegetación en la zona de embalse, los órganos de toma situados a diversos niveles para optimizar la temperatura y la calidad

El proyecto de una presa conlleva la preservación del hábitat natural

del agua río abajo, las medidas a tomar referentes a la migración de los peces y de otros organismos acuáticos, así como las reglas de conducta a llevar a cabo en la gestión de los caudales y la protección de los animales, en particular en el periodo de reproducción o de movimientos migratorios. Una selección juiciosa del emplazamiento, secundada por una puesta en marcha de estas técnicas permite realizar instalaciones capaces de atenuar las repercusiones negativas, incluso inaceptables, sobre el medio ambiente.

Una gestión global de los recursos hídricos debe ser fomentada a gran escala para favorecer la protección del medio ambiente y mejorar las estructuras existentes o nuevas. Para responder a las necesidades regionales y locales, es preciso trabajar en el sentido de la protección del medio ambiente, la atenuación de los efectos negativos eventuales y la mejora de las condiciones existentes. Por ejemplo, es posible optimizar la protección del medio natural tratando las zonas de las orillas del embalse, limitando el acceso al embalse y construyendo pequeñas presas aguas arriba. Esto se revela muy eficaz para las obras con fines múltiples donde el nivel del embalse puede variar debido a su funcionamiento. Ciertas partes del plano del agua se gestionan para provecho del desarrollo de los humedales, del hábitat de los peces y de los animales. Islas y pequeñas presas se pueden construir para proteger estas zonas húmedas de las fluctuaciones del embalse. Las presas aguas arriba permiten también controlar la sedimentación. Se pueden crear orillas irregulares para favorecer también el desarrollo de la fauna. Varias obras existentes en Europa y Asia han sufrido modificaciones y cambios con el fin de integrarles estas medidas.

Las presas y el medio ambiente

Superficies de agua poco profunda provechosas para el ecosistema en la zona húmeda aguas debajo de una presa

Creación de un estanque separado y de zonas húmedas aguas arriba del embalse de Rottach en Alemania

Vista aérea de un embalse y de zonas húmedas para la protección del ecosistema

La sedimentación

Los ríos transportan sedimentos de forma natural. La capacidad de la corriente del río para arrastrar los sedimentos disminuye desde la entrada del río en el embalse y se produce un depósito de sedimentos. Los sedimentos más gruesos son los primeros en depositarse mientras que las partículas más finas y las partículas de limo descienden más abajo en el embalse. La mayor parte de los embalses atrapan la casi totalidad de las cargas de sedimentos de los ríos que allí vierten. La sedimentación no se convierte generalmente en problemática más que después de cincuenta años o más de explotación en la medida en que las presas han sido concebidas con un volumen de embalse suplementario para paliar el depósito de sedimentos.

Debido a que un gran número de presas fueron construidas durante los años 60 y 70, alrededor del 45% de la capacidad actual de los embalses debería encontrarse afectada de aquí a 20 años. La mayor parte de las presas existentes sufrirían seriamente esta disminución de capacidad de embalse de aquí a 2065.

La tasa de sedimentación varía considerablemente según las regiones; es más elevada en las regiones geológicamente activas. Los impactos de la sedimentación sobre los embalses son generalmente más importantes en las regiones semi-áridas donde las tasas de sedimentación son bastante elevadas y donde la cuenca vertiente es extensa.

La agricultura, la deforestación de bosques naturales, un pastoreo excesivo y otras actividades humanas son, junto con la acción de las tormentas, los principales motivos de la erosión.

Para limitar la erosión del suelo que agrava la sedimentación en de los embalses, se debe recurrir a medios técnicos y reglamentarios como la política de gestión a nivel de las cuencas hidrográficas.

La mejor solución consiste en evitar la sedimentación en los embalses. Sería necesario construir pequeñas presas (relativamente pequeñas en proporción al tamaño del río) sobre los ríos que transportan muchos sedimentos; estas presas deben ser dotadas de grandes compuertas a pie de presa de manera que se pudieran evacuar los depósitos durante las avenidas.

Sería necesario también construir, si es posible, presas de embalse en los valles que produzcan pocos sedimentos o con cuencas vertientes limitadas y dimensionarlas de manera que puedan acumular los depósitos futuros en 50 e incluso 100 años.

Una vez que los sedimentos se depositan y consolidan, resulta económicamente muy difícil sacarlos y almacenarlos por medios mecánicos. Otras soluciones como el recrecimiento de la presa puede revelarse como mejor solución que intentar recuperar el volumen ocupado por los sedimentos dragando los fondos.

El lecho del río inmediatamente aguas abajo a una presa sufre de manera característica una degradación (descenso del lecho del río) por razón de los sedimentos atrapados en el embalse, sobre todo en caso de ausencia de grandes afluentes aguas abajo de la presa.

Miradas al futuro. Las presas del siglo XXI

13

Hoy el mundo sufre cambios importantes, ya sea a nivel social o de negocios, aunque también un gran auge económico asociado a la globalización y a los avances rápidos en el sector tecnológico y de las comunicaciones asociadas al crecimiento continuo y sin precedentes de la población mundial. Paralelamente, en muchas regiones del mundo, el uso indiscriminado del agua ha sido un factor agravante para la contaminación del medio ambiente.

En la cumbre de las Naciones Unidas del 2005, la Asamblea General ha presentado ocho Objetivos de Desarrollo para el Milenio que deben ser alcanzados de aquí al 2015 con el fin de erradicar la pobreza, mejorar la educación y la sanidad, luchar contra las enfermedades y favorecer el desarrollo duradero. Estos objetivos pueden ser consultados en la página web www.un.org/milleniumgoals. Las Naciones Unidas declaran también que la gestión de los recursos hídricos en el mundo es un elemento clave para obtener cada uno de estos objetivos. Reconocen que las presas y los embalses continuarán teniendo un papel esencial en la gestión de los recursos hídricos mundiales.

El mundo necesita, debido a su desarrollo, cantidades importantes de agua para el uso doméstico, la agricultura, la energía y el control de las avenidas, las presas con fines múltiples son la solución más eficaz para conseguirlo. Los proyectos solares, eólicos y subterráneos deben ser fomentados y aumentados, pero no constituyen una alternativa viable para conseguir los mismos fines. Deben ser tomadas medidas conservadoras, pero aun así no son suficientes.

La gestión eficaz de los recursos hídricos gracias a las presas y a los embalses, en conjunción con otras medidas, se revela vital para la población actual y futura, especialmente en las grandes regiones áridas de nuestro mundo. Una planificación de la gestión del agua a nivel de toda una cuenca es elemento clave para un abastecimiento óptimo de agua además de tener otras ventajas. Las presas, al tener efectos muy favorables en nuestra sociedad, a veces tienen repercusiones sobre el medio, ya que pueden producir:

- El desplazamiento de la población afectada hacia otro emplazamiento;
- Repercusiones socio-económicas;
- Impactos en el medio ambiente;
- Problemas de sedimentación;
- Problemas de seguridad.

El desafío para el futuro será proyectar, gestionar y utilizar las presas y los embalses en armonía con las capas subterráneas, el clima, el medio ambiente y la utilización de las tierras. Cada una de las naciones deberá administrar de manera racional sus recursos hídricos cuidándose del desarrollo económico y social.

10.1 Procedimiento del diseño de una presa y del embalse asociado

La cuenca vertiente está definida por la hidrología y traspasa todas las fronteras nacionales, políticas, sociales o económicas. Es pues el elemento estructural capital de la localización y de la gestión de los recursos hídricos y de los ecosistemas. La organización debería ser concebida globalmente en la escala de la cuenca y no “proyecto por proyecto”. El diseño es una actividad sistemática y extensa que debe tener en cuenta todos los recursos existentes de la cuenca y que permita determinar lo mejor posible el tamaño y la situación geográfica de las presas y los

embalses.

Una vez que la implantación de la presa ha sido fijada, puede comenzar un diseño detallado. Teniendo en cuenta las peculiaridades del proyecto, deben volcarse todos los esfuerzos en los planos económicos, sociales y medioambientales. La rehabilitación del ecosistema representa uno de los primeros objetivos de un programa hidráulico. El procedimiento de estudio sigue seis etapas que permiten una aproximación estructurada de identificación y de resolución de los problemas. Proporciona un cuadro racional para una toma de decisión correcta. Este procedimiento se aplica también a numerosos grandes proyectos de otro tipo. Las seis etapas son las siguientes:

- **Etapa 1**
  Identificar los temas, los problemas y las oportunidades
- **Etapa 2**
  Inventariar y prever las obligaciones
- **Etapa 3**
  Proponer programas alternativos
- **Etapa 4**
  Evaluar las nuevas soluciones
- **Etapa 5**
  Comparar las diferentes soluciones
- **Etapa 6**
  Seleccionar el proyecto que responda mejor a las necesidades.

El éxito de un proyecto depende generalmente del respeto a este procedimiento en seis etapas. Es esencial que los proyectistas, los economistas y los ingenieros acometan cada etapa con un trabajo en equipo. Es igualmente importante que sea un procedimiento interactivo que comprometa al público y a otros afectados. Con la aportación y la investigación ulterior de informaciones, a veces puede resultar útil volver a las primeras etapas.

Estas seis etapas se presentan de manera secuencial para mejor comprensión, pero una etapa puede repetirse varias veces. Para asegurarse de la selección, con todo conocimiento de causa, del mejor proyecto, puede ser necesario repetir estas etapas para obtener soluciones eficaces, completas y aceptables. Un diseño que integre la contribución de todas las partes concernientes es absolutamente esencial para el éxito de este tipo de proyectos.

10.1.1 Implicación del público y coordinación del proyecto

Hay que crear y mantener posibilidades de comunicación con el público y la economía local con el fin de tomar en cuenta los puntos de vista de los usuarios e informarles durante la fase de proyecto. Esto permite asegurarse, con la participación pública, que los proyectos responden de acuerdo con las necesidades y preocupaciones de las personas afectadas. Para conseguir la implicación del público en la coordinación del proyecto, es importante difundir lo más ampliamente posible los datos sobre las actividades propuestas, comprender los deseos de la población, sus necesidades y sus inquietudes, consultar al público antes de tomar decisiones y tener en cuenta sus opiniones.

Todo diseño incluye la participación del público. Esto debe comenzar desde las primeras fases del proyecto con la identificación de las preguntas, las oportunidades y los problemas y esto se extiende durante toda la duración de elaboración del proyecto. La implicación del público desde el principio del diseño no sólo ayuda a identificar los problemas y las oportunidades que se ofrecen sino también a prolongar la invitación hecha al público para continuar implicándose y hacerse oír para proponer ideas y hacer sugerencias del diseño o de la toma de decisiones entre las diferentes opciones del proyecto.

Tras un primer encuentro con el público en las fases iniciales del diseño del proyecto, el equipo determinará la duración de la participación pública y establecerá métodos de trabajo que favorezcan la integración e implicación de los usuarios en el diseño. Es necesario establecer una organización que permita al público implicarse de manera pertinente y dar explicaciones claras y de calidad a los que puedan estar interesados. Será necesario poder reflejar la amplitud y la complejidad de cada estudio específico. Las principales acciones frente al público son, en primer lugar, el anuncio del comienzo del estudio, la identificación del público afectado y la información sobre los procedimientos a seguir. Es importante que el público pueda ver los diferentes estudios en curso e implicarse en ellos. La finalización del estudio debe concluirse con una presentación pública de la solución elegida finalmente y el plan de trabajo para el diseño y la construcción.

13.2 Cuestiones socioeconómicas ligadas a un proyecto de presa y su embalse

Es necesario sacar ventajas importantes de un plan de desarrollo económico nacional. Las grandes presas que se estudian, proyectan y construyen están asociadas a embalses de grandes dimensiones. El proyecto puede inducir a problemas de nivel económico y social y si estas cuestiones no son tenidas en cuenta con antelación puede haber repercusiones negativas. Los programas de desplazamiento de población y los medios económicos locales deben integrar la identificación de la población y las actividades afectadas, tales como la agricultura, el regadío, los bosques, el comercio y la industria. Es necesario integrar en el costo del proyecto una compensación suficiente para facilitar el desplazamiento, la reconstrucción eficaz de las comunidades en beneficio de la población y de las actividades comerciales, por encima del nivel del embalse.

En las regiones tropicales del mundo, los problemas de higiene tienen que tomarse en consideración. Los embalses pueden crear un entorno que favorezca la transmisión de enfermedades asociadas al agua. Las primeras medidas preventivas a tomar conciernen a la higiene y los problemas de salud en beneficio de la población que rodea el embalse. Será necesario también prever reglas de funcionamiento adecuadas tales como la gestión del nivel del agua del embalse con el fin de evitar la proliferación de insectos transmisores de enfermedades.

En resumen, uno de los objetivos más importantes de los proyectistas de presas es asegurarse de que una parte importante de los beneficios revierta en la población directamente afectada.

13.3 Necesidad creciente de una gestión integrada del agua en la cuenca fluvial

La cantidad y la calidad de agua suficiente allí donde es necesaria será el elemento esencial para hacer frente a la expansión de la población mundial y ayudará a los países en vías de desarrollo a progresar y a alcanzar su objetivo de desarrollo social y económico. Las presas que están pensadas, concebidas, construidas y mantenidas correctamente contribuyen de manera significativa a la satisfacción de nuestras necesidades de agua y de energía. La primera fuente de agua dulce es el agua de lluvia. No debemos nunca olvidar el carácter variable e imprevisible del ciclo del agua en

Mantenimiento de un nivel constante de agua para garantizar las zonas húmedas propicias para el hábitat animal

Un río desecado: ejemplo de la necesidad de la gestión de los recursos hídricos

Ejemplo de río favorecido por una gestión integrada del agua con un caudal mínimo y fiable a lo largo de todo el año propicias para el hábitat animal

el mundo. Para adaptarse a estas variaciones es necesario gestionar el agua dulce disponible de manera eficaz.

Una gestión racional del agua en los embalses es esencial para hacer frente a las necesidades crecientes. Las presas son elementos imprescindibles para esta gestión puesto que ofrecen la posibilidad de almacenar agua y proporcionan en consecuencia una distribución más regular en los periodos de escasez. Las presas permiten administrar el agua evitando tener cursos de agua secos durante la mayor parte del año.

Ejemplo del desarrollo industrial con una gran fábrica de papel propicias para el hábitat animal

Los objetivos de la gestión regional e integrada del agua en una cuenca hidrográfica son:

- Una mejor gestión del abastecimiento de agua;
- Una mejor calidad de agua en los ríos;
- Mejores condiciones medioambientales en la cuenca.

En consecuencia, el acceso tradicional al desarrollo de los recursos y la distribución de agua, regadío, navegación, energía hidráulica y recreo debe incluir:

- Un agua de calidad;
- La gestión de las unidades de agua (avenidas y sequías);
- El control de la sedimentación;
- El clima;
- La utilización de las tierras;
- La gestión del agua subterránea;
- La preservación del hábitat animal;
- La preservación y mejora del medio natural.

13.3.1 Necesidad de una gestión en tiempo real del agua en una cuenca fluvial

La gestión del agua en una cuenca comprende la recopilación y evaluación de informaciones importantes con el fin de poder tomar las decisiones para optimizar los caudales liberados desde el embalse y responder así a las necesidades domésticas, industriales y agrícolas. (Por ejemplo, se necesitan 10 litros de agua para refinar 1 litro de gasolina). Para satisfacer la demanda creciente de agua, el sistema de recopilación de datos debe ser rápido, preciso y fiable. Se toman decisiones en tiempo real gracias a la observación y a la recogida de informaciones, la simulación y las previsiones meteorológicas así como al conocimiento de las condiciones del caudal del río. La información y los datos utilizados en esta toma de decisiones están ligados a:

- La calidad del agua del río;
- La gestión de los caudales de los ríos en caso de sequía o crecida;
- Los planes de emergencia en caso de inundación;
- La planificación, la delimitación de la zona y el uso de las tierras;
- La mejora de la eficacia de las obras hidráulicas existentes;
- El diseño, en la cuenca, de una modificación del funcionamiento de las presas existentes y de nuevos proyectos.

Este tipo de sistema necesita:

- Una gran red a nivel de cuenca para recopilar los datos en tiempo real;
- La puesta a punto de una base de datos fiable;
- Una modelización matemática de la cuenca fluvial;
- Un mapa detallado de los lugares;
- Un sistema informático rápido y fiable;
- La modelización informática de la cuenca es un aspecto importante de este sistema.

Este sistema toma en cuenta los datos hidrológicos, los referentes al llenado del embalse y los de los sistemas hidráulicos. Sus resultados se presentan bajo forma de previsiones de diferentes escenarios posibles y permiten administrar mejor los embalses con el fin de optimizar los beneficios y minimizar los inconvenientes.

13.4 El futuro del regadío

El regadío será necesario en una gran parte del mundo para asegurar una producción agrícola suficiente y adaptada a la población creciente. Mientras que los habitantes de los países desarrollados gozan de prosperidad y de una alimentación abundante, se estima que la mitad de la población mundial, es decir alrededor de 3 mil millones de personas, no tienen el alimento suficiente para sobrevivir. El mismo número de personas carecen también de agua potable.

La gestión del agua y la efectividad del regadío jugarán un papel esencial. El éxito del regadío consiste en un abastecimiento fiable de agua durante el periodo de crecimiento de las plantaciones. Una reducción de las pérdidas a nivel de los canales y una mejora de los sistemas de medidas de vigilancia y de control ayudarán a optimizar la cantidad de agua utilizada para el regadío. El uso de fertilizantes solubles en agua mejorarán los rendimientos. El almacenamiento de agua

El agua bien gestionada y los fertilizantes solubles mejoran la producción de alimentos

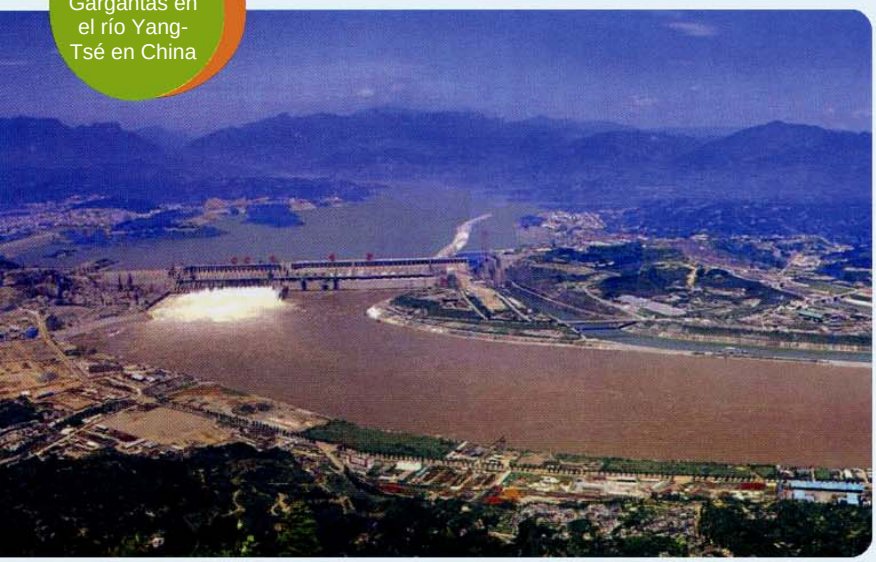
durante los periodos de crecidas excesivas para su uso durante los periodos de sequía, gracias a las presas y embalses, es el factor más importante que permite asegurar agua en cantidad suficiente.

13.5 El futuro de la energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica proporciona hoy alrededor del 20% de la electricidad mundial y se construyen centrales hidroeléctricas en casi todas las partes del mundo puesto que es una fuente renovable de electricidad.

El potencial hidroeléctrico total de un país depende principalmente de la importancia de las precipitaciones anuales, de su red de ríos y de su topografía (colinas o montañas). Pero no se podrá utilizar nunca plenamente este potencial puesto que hay lugares donde es técnicamente imposible construir una presa o instalar una central eléctrica porque las condiciones geológicas u otras pueden ser inconvenientes. Pueden también existir tensiones económicas y políticas. Pueden existir otros presupuestos nacionales prioritarios y también hay que evitar ciertas zonas dedicadas a otros usos o que estén muy pobladas. Los emplazamientos dónde permanece factible técnicamente se sitúan principalmente en África, Asia y América Latina, regiones donde existen a menudo tensiones económicas. Pero hay programas hidroeléctricos en construcción o en preparación en alrededor de 180 países. Actualmente los países punteros en el desarrollo de su potencial hidroeléctrico son China, India, Irán, Brasil y Turquía.

La presa de las Tres Gargantas en el río Yang-Tsé en China



La mayor central en activo está situada en Itaipù, en un río entre Brasil y Paraguay y cuya potencia es de 14.000 MW. La central en construcción más grande es el proyecto de las Tres Gargantas en el río Yang-Tsé en China. Una vez acabada en el 2009, producirá 18.200 MW además de controlar las avenidas y regular la navegación fluvial. Estos son los proyectos más grandes, pero existen centenares de programas de mediana envergadura en el mundo entero.

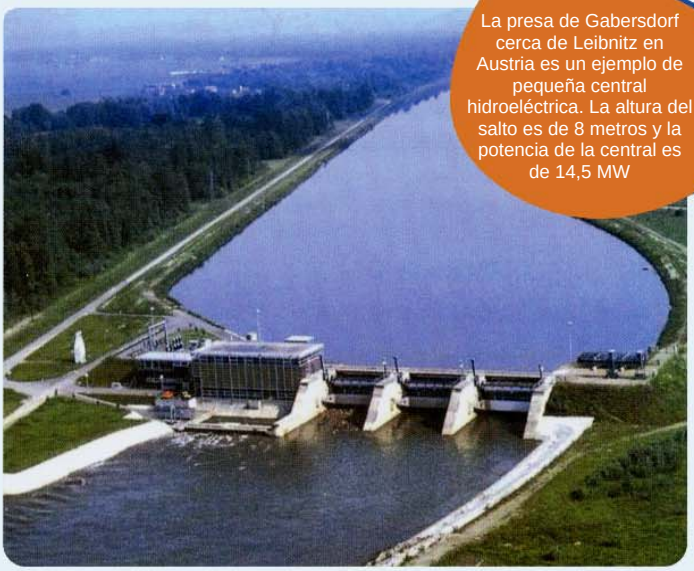
Muchos países tienen sistemas eléctricos en red a nivel nacional o regional. Las centrales hidroeléctricas alimentan con frecuencia estos sistemas. A menudo varias naciones vecinas tienen redes interconectadas que permiten con los recursos hídricos de un país ayudar a otras naciones a proporcionar electricidad. A veces existen acuerdos entre dos países, uno acepta comprar al otro la energía, ayudándole así a financiar y desarrollar sus recursos hidroeléctricos. Este es el caso de Tailandia que compra la energía a Laos, también de la India que se provee de Bhoutan, siempre sobre la base de un reparto de energía en una región en concreto.

Instalaciones a pequeña escala pueden jugar también un papel importante a nivel mundial. Se trata generalmente de presas muy pequeñas cuya construcción es menos costosa y que aprovisionan zonas aisladas en el país, cerca de pequeñas comunidades que a veces están demasiado alejadas de la red nacional. A veces, pueden añadirse pequeñas instalaciones hidroeléctricas a grandes presas construidas para otros objetivos. El río Mur en Austria que es relativamente tranquilo y que está situado cerca de la frontera con Eslovenia tiene varias instalaciones hidroeléctricas de potencia limitada.

Miradas al futuro. Las presas del siglo XXI

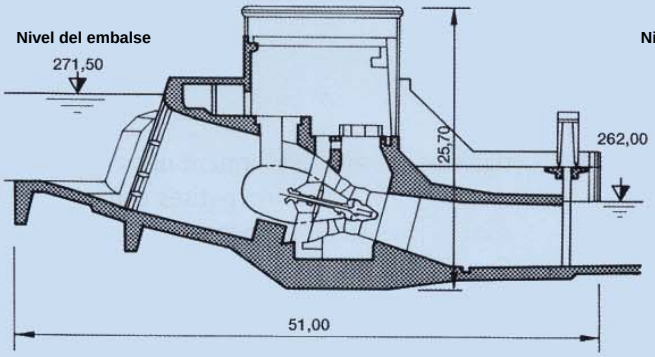
La presa de Itaipù, entre Brasil y Paraguay. El mayor proyecto hidroeléctrico del mundo en 2006

Generadores en una central hidroeléctrica

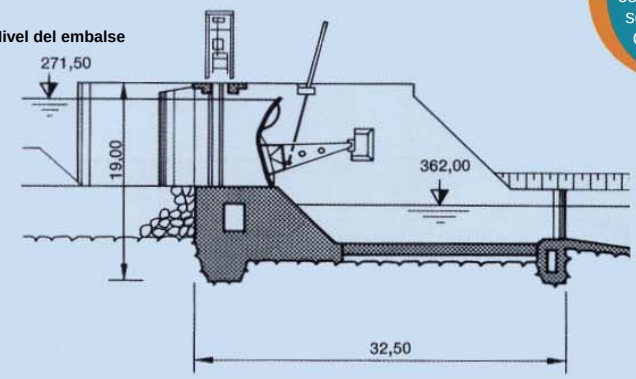


La presa de Gabersdorf cerca de Leibnitz en Austria es un ejemplo de pequeña central hidroeléctrica. La altura del salto es de 8 metros y la potencia de la central es de 14,5 MW

Sección de la central



Sección de la presa



Detalles de las turbinas y compuertas de segmento de Gabersdorf

13.6 El control de las avenidas en el futuro

Tal y como ocurría en el pasado, una gran parte de la población continuará instalándose cerca de los ríos y de las riberas. Esto hará necesario la optimización de las presas actuales para controlar las avenidas y la puesta en servicio de nuevas instalaciones. Por tanto, será esencial construir estas instalaciones a escala de las cuencas hidrográficas, teniendo en cuenta las previsiones concernientes a las precipitaciones y las zonas de crecimiento de la población.

Presa de Rochemaure en Francia. Las presas y los sistemas de protección contra las avenidas continuarán controlando los caudales con el fin de evitar los desbordamientos de los diques laterales

Con el fin de mejorar el control de avenidas, los países deberán tener en cuentan los cambios climáticos y determinar los niveles de protección a ofrecer. En numerosos países del mundo, se hará necesario aumentar este nivel. Además deberán ser reforzadas con precisión la delimitación de las zonas inundables y también las obligaciones asociadas.

Radar meteorológico para la localización y previsión de las lluvias

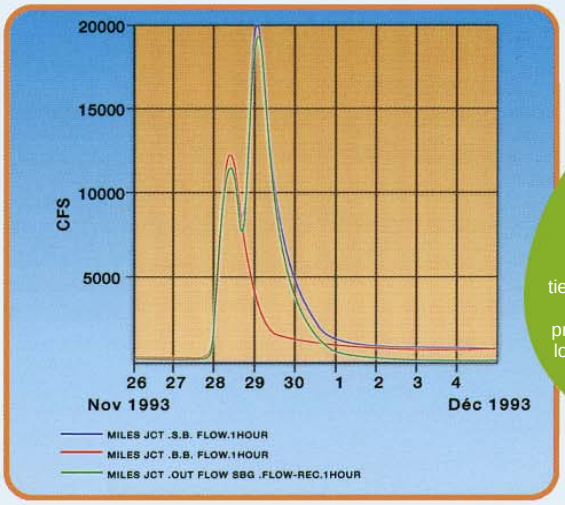
Medida automática en tiempo real de los caudales

Las previsiones meteorológicas Están perturbadas a causa de los cambios climáticos. Así pues, hay que hacer un uso más intensivo de los radares climáticos que vigilan las precipitaciones, de las simulaciones hidráulicas y de las previsiones que se calculan por ordenador; esto permitirá hacer previsiones en tiempo real y gestionar las presas en función de las previsiones del estado de todos los ríos de la cuenca. Todo esto constituye un ejemplo de los diferentes elementos que permiten una gestión en tiempo real en una cuenca vertiente.

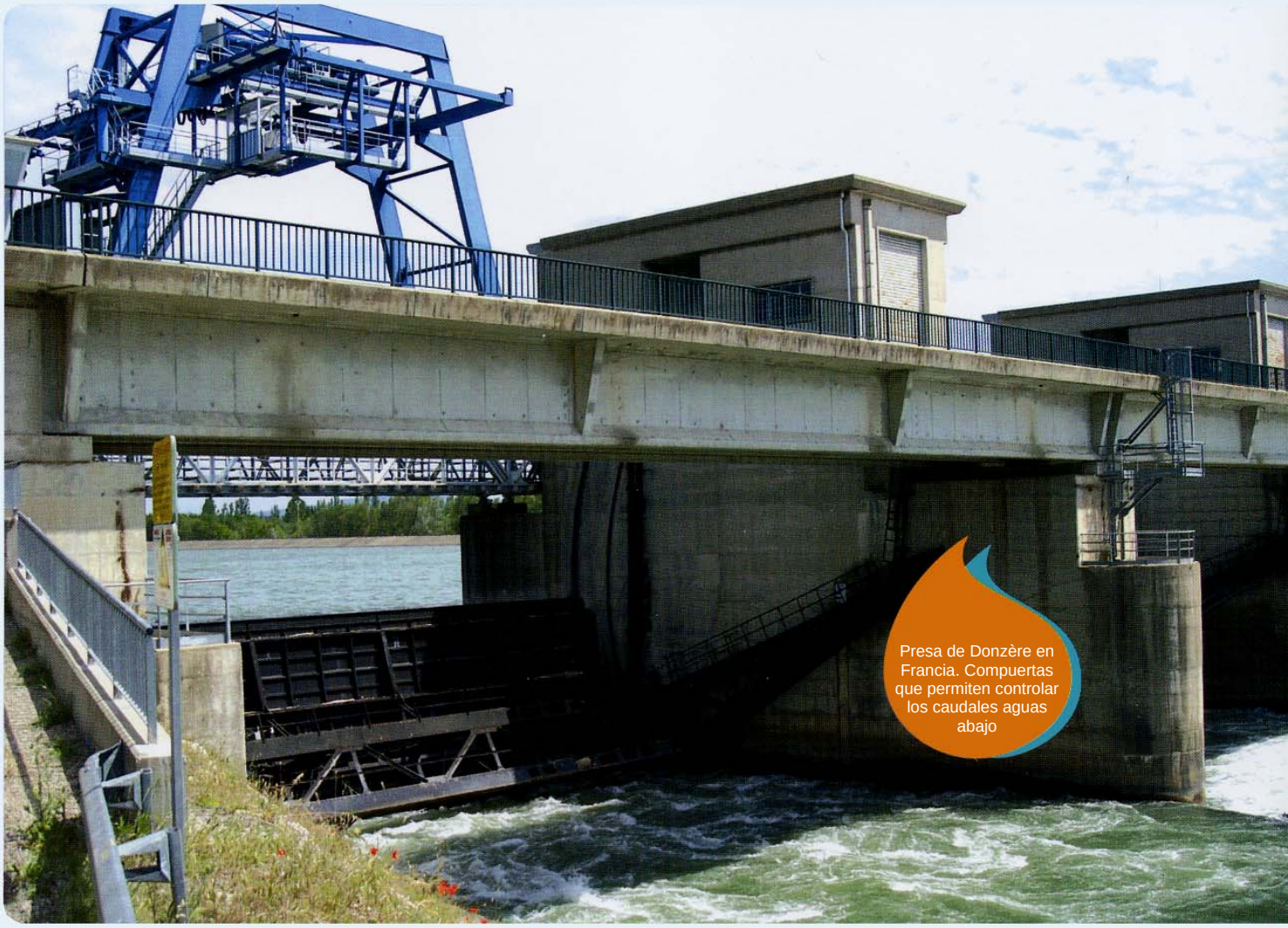
13.7 El futuro de la navegación fluvial

El desarrollo continúo de la economía mundial conllevará un aumento importante del transporte de materias primas y de mercancías así como una demanda creciente de productos. El aumento del coste de los carburantes tendrá un impacto sobre los medios de transporte. La navegación fluvial es el medio de transporte más rentable y menos contaminante. La baza mayor de la navegación fluvial es su capacidad de trasladar grandes volúmenes en largas distancias. Se pueden encontrar con facilidad convoyes de 15 gabarras en los ríos más anchos provistos de esclusas. Estos convoyes son un modo de transporte especialmente eficaz capaz de desplazar alrededor de 22.500 toneladas de una sola vez. A continuación dos ejemplos de la rentabilidad de la navegación fluvial:

- **Capacidad de una gabarra**
  = 15 vagones ferroviarios de gran dimensión
  = 55 camiones estándar
- **Capacidad de un convoy de 15 gabarras**
  = 21 trenes de mercancías
  = 825 camiones



Los modelos informáticos hidráulicos calculan en tiempo real las previsiones de caudales según las previsiones meteorológicas y los datos sobre los caudales de los ríos



Presa de Donzère en Francia. Compuertas que permiten controlar los caudales aguas abajo

Si todas las mercancías transportadas cada año por los canales y ríos tuviesen que moverse de otra manera, se necesitarían 6,3 millones de vagones ó 25,2 millones de camiones. Imaginen pues lo que representaría este tráfico además de la contaminación asociada del aire con las vías férreas y las carreteras ya saturadas.

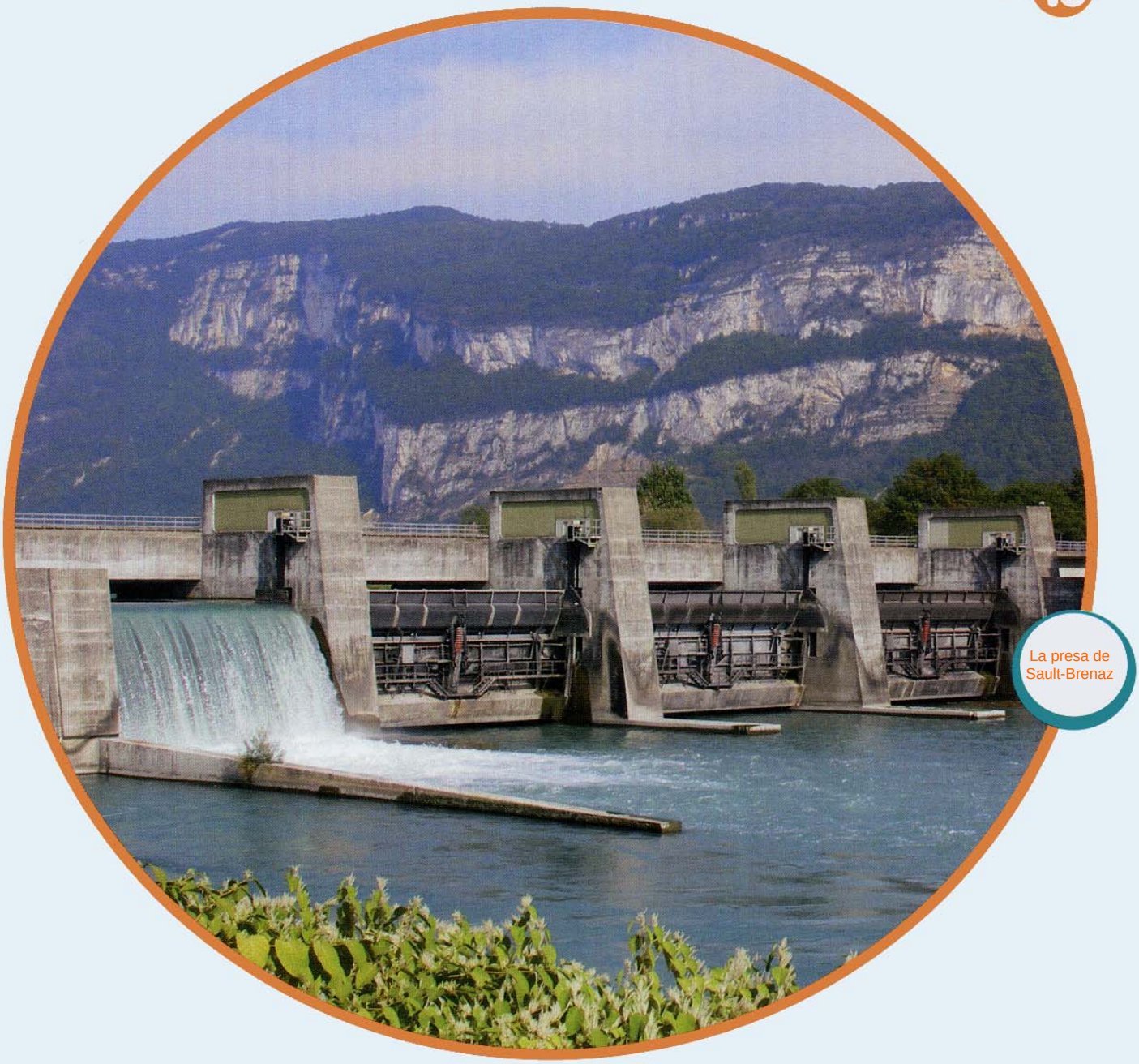
El transporte por medio de gabarras es a la vez económico en carburante y ventajoso para el medio ambiente. De media con 3,8 litros de gasolina se puede transportar en camión una tonelada de mercancía durante unos 100 kilómetros, 325 kilómetros en tren y 827 kilómetros en gabarra. Los países en desarrollo que disponen de vías agua tendrán la necesidad de recurrir a la navegación fluvial para contribuir a su desarrollo económico.

Esclusa central y estructura de la presa

13.6 Equilibrio entre las ventajas de las presas y el medio ambiente

Los impactos sociales y medioambientales de las presas construidas de nuestros días deben ser evitados, o por lo menos, atenuados. El funcionamiento de las presas existentes debe ser analizado y eventualmente modificado para compaginar sus impactos con el medio ambiente. Deben hacerse todos los esfuerzos necesarios para que estas obras valoren y mejoren el medio natural. Hoy en día, los profesionales de los recursos hídricos se guían, además de por las cuestiones de ingeniería y de seguridad, por una política medioambiental. Los proyectistas y los ingenieros, de los cuales muchos de ellos son miembros de la Comisión Internacional de Grandes Presas, tienen en cuenta las cuestiones medio-ambientales entre sus prioridades. Los equipos de ingenieros y de especialistas de muchas disciplinas –Proyectos, ingeniería, ciencias medioambientales y sociología- son parte activa en el proyecto y construcción de presas. Las cuestiones siguientes son tomadas minuciosamente en consideración cuando se desarrollan las obras:

- Los proyectos de presas necesitan un análisis de repercusiones sobre la totalidad de la cuenca y sobre su ecosistema.
- Es necesario tener acceso a la consulta pública y la contribución de todas las personas implicadas en el proyecto para llegar a un consenso y ser lo más eficaz posible en su diseño, construcción y funciona-



La presa de Sault-Brenaz

miento.

- Es preciso incluir en toda la fase inicial del proyecto los datos medioambientales, analizar las condiciones naturales y los aspectos sociales, así como también los beneficios económicos.
- Muchos países exigen que sean definidos de manera oficial los impactos sobre el medioambiente desde la fase de estudio de una obra hidráulica.
- La protección del medio ambiente y su valorización se contemplan generalmente en todas las etapas del proyecto.
- Los elementos indispensables para la toma de decisiones se obtienen por medio de análisis económicos rigurosos que se hacen para los grandes proyectos sobre los beneficios y los costes que conlleva la minimización de los impactos sobre el medio natural.
- Si los estudios y la puesta en servicio se preparan con cuidado, las personas que deben ser desplazas con motivo del proyecto de embalse pueden y deben ser las primeras beneficiarias.
- El análisis y el control de repercusiones sobre el medio ambiente de las obras existentes proporcionan una mejor comprensión de los fenómenos sobre el terreno y permiten gestionar de manera más eficiente estos problemas.
- Las investigaciones sobre los aspectos ecológicos de numerosas presas existentes pueden proporcionar grandes lecciones para futuros proyectos.

13.6 Necesidad de sensibilización y educación del público sobre los recursos hídricos

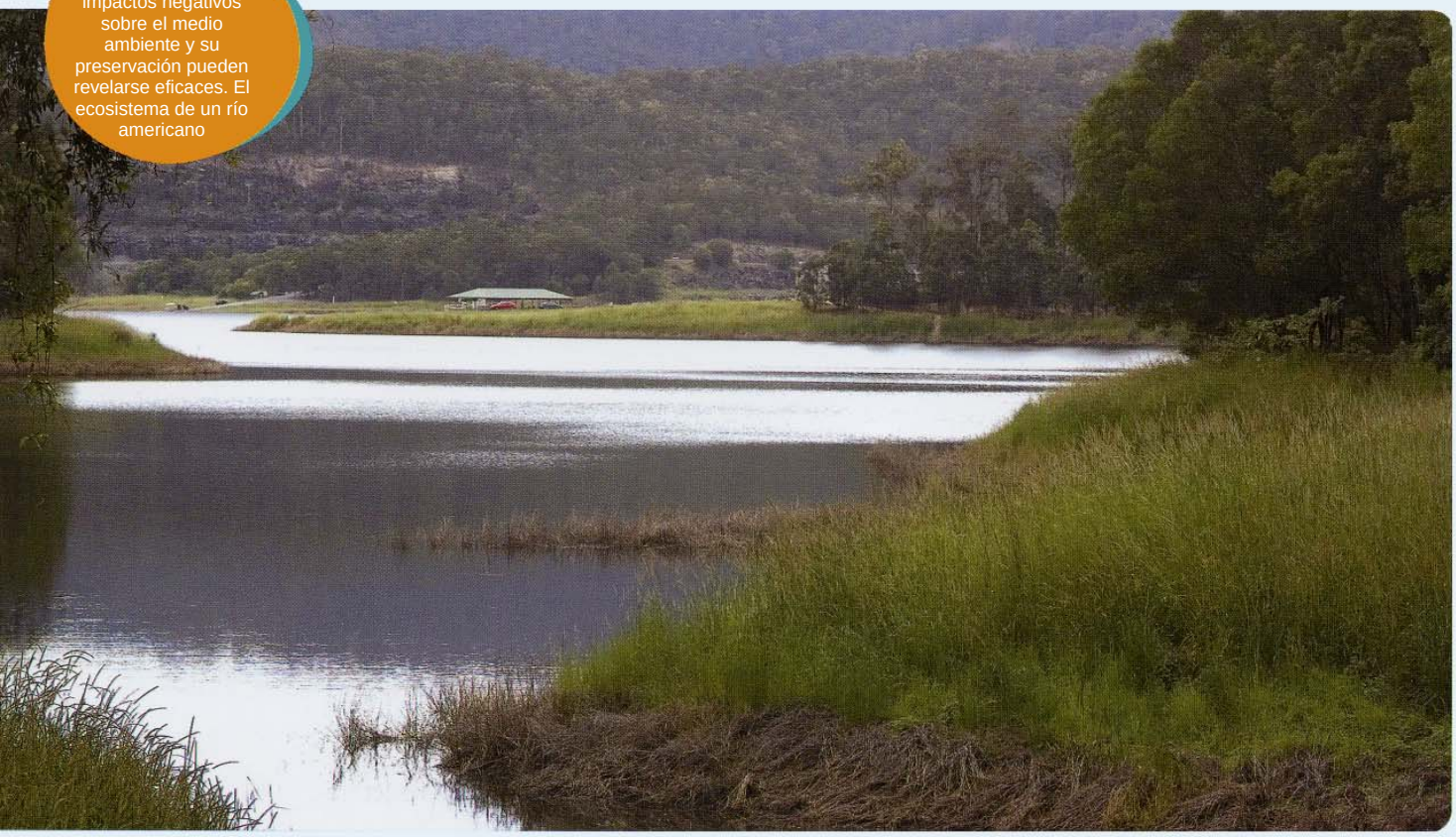
Vivimos en una época en la que tenemos disponibles grandes cantidades de información a través de múltiples medios de comunicación. Internet, las publicaciones y otras formas de comunicación tienen un efecto considerable sobre el conocimiento y la percepción del público. La cuestión de la expansión y de la rehabilitación de las infraestructuras mundiales y el debate sobre la necesidad y la explotación de las presas ilustran bien este fenómeno a escala mundial.

Es importante recordar el hecho real de la importancia del agua como fuente de vida en el mundo. El agua se encuentra principalmente en los océanos. Sólo una pequeña cantidad de agua es dulce y por tanto apta para el consumo humano que no representa más que el 2,5% de la cantidad total. El agua subterránea al haber sido utilizada en demasía, debemos administrarla y extraerla con cautela con el fin de conseguir que no bajen los niveles y llegar a su agotamiento. Debe comprenderse que la cantidad de agua procedente de las precipitaciones o del o del agua de lluvia permanece constante y que solamente el 19% (110.000 km^3) cae sobre la tierra. De este volumen el 59% (65.200 km^3) se evapora y el 39% (42.600 km^3) va a verter en los océanos. No es más que el 2% (2.200 km^3) el que se infiltra en la tierra hacia las capas freáticas. Con el crecimiento mundial, es fundamental capturar una parte de estos 42.600 km^3 de escorrentía para almacenarla en los embalses durante el transcurso del año. Esta ha sido la estrategia que ha existido siempre desde hace 5.000 años.

Es importante concienciarse de los retos y oportunidades relativos al agua mundial y de la gestión de esta agua a nivel de las cuencas fluviales. El público debe comprender el papel benéfico que juegan las presas en la gestión del agua en la cuenca fluvial o cuenca vertiente para satisfacer las necesidades crecientes en materia de agua y de prevención de avenidas, así como las relaciones entre las presas y el medio natural.

La ICOLD/CIGB aporta hechos e informaciones fiables al mundo de la política, de las sociedades financieras, de los grupos de presión ecológicos, de las organizaciones medioambientales y al gran público en general sobre los beneficios de una utilización racional del agua, en particular en lo concerniente al almacenamiento en los embalses y a la correcta puesta en servicio de las presas.

La atenuación de los impactos negativos sobre el medio ambiente y su preservación pueden revelarse eficaces. El ecosistema de un río americano



El papel de la ICOLD/CIGB y el agua en el mundo

14

Este libro muestra que el agua es la fuente de vida indispensable en las civilizaciones del mundo entero y que no existe más que una cantidad limitada de agua dulce disponible para el consumo humano y el regadío de las tierras. La vida se ve amenazada en algunas regiones del mundo por el desequilibrio entre la demanda y la oferta de agua, de alimentos y de energía. Hemos visto cómo el mundo depende del ciclo del agua y de la cantidad limitada de lluvia que cae sobre el globo terrestre. Debemos también recordar que esta cantidad limitada no está repartida de manera equilibrada en el mundo, puesto que varía según las regiones y las estaciones. Existe pues un desequilibrio entre la demanda de agua y las cantidades disponibles.

La historia muestra que las presas y los embalses han sido utilizados con éxito en la recogida, el almacenamiento y la gestión del agua en beneficio de la civilización en el curso de estos cinco últimos siglos. Para mirar hacia el futuro, debemos obtener lecciones del pasado y proyectar estos conocimientos hacia el futuro. La ICOLD/CIGB fue creada en 1928 y actualmente son miembros 88 países que representan alrededor de 10.000 expertos técnicos. Desde hace mucho tiempo ha proporcionado recomendaciones y guías técnicas para la utilización de las presas en el mundo. Hoy la ICOLD/CIGB tiene un papel primordial a nivel mundial haciendo avanzar el arte y la ciencia de la construcción de las presas para realizar proyectos de aprovechamiento hidráulicos más eficaces y responsables en beneficio de la sociedad. Esto se realiza gracias al desarrollo y a la promoción de proyectos de ingeniería técnicamente correctos y a líneas de conducta compatibles con las necesidades sociales, medioambientales, financieras y operacionales de un proyecto de desarrollo de los recursos hídricos. En su visión del futuro la ICOLD/CIGB “se prepara para hacer frente a los desafíos de mañana en el desarrollo y la gestión de los recursos mundiales de agua”.

Este fin se consigue gracias al intercambio y el reparto entre las naciones de los conocimientos y las experiencias sobre las presas y sobre las tecnologías y funciones asociadas. Este intercambio es muy útil puesto que permite a los que tienen una larga experiencia transmitir información a los que acometan importantes proyectos en el futuro. Es también esencial asegurarse la seguridad de las presas existentes y de su funcionamiento de la manera más eficaz y económica. Es aquí donde las grandes asociaciones internacionales como la Comisión Internacional de Grandes Presas, juegan un papel preponderante. La Comisión se puso en marcha en el momento en que se emprendían programas importantes de construcción de presas en Europa y en América del Norte.

Mirando al futuro, será necesario que el diseño inicial de nuevos proyectos presente claramente los beneficios esperados, así como las medidas de atenuación de los impactos negativos sobre el medio ambiente. Los efectos negativos de las presas pueden ser minimizados o eliminados si, desde las primeras fases del proyecto, se hacen los estudios con la preocupación de integrar la participación y la implicación del público. Cuando las medidas apropiadas de atenuación se identifiquen lo suficientemente pronto en el diseño del proyecto de una presa, pueden ser introducidas eficazmente en la construcción y el funcionamiento del proyecto.

El objetivo de la ICOLD/CIGB es asegurarse de que las presas y sus obras anejas, necesarias para el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos en todas partes del mundo, sean seguras y económicas, cuiden el medio ambiente, sean socialmente aceptables y sean explotadas y mantenidas de manera viable.

Las presas pueden y deben ser compatibles con el medio ambiente natural y social de la región. El desafío futuro será la utilización de presas para una gestión racional de los recursos hídricos, con el fin de contribuir al desarrollo social y económico de cada nación.

Resumen

Al inicio de este libro hemos visto que existe una cantidad fija de agua determinada por el ciclo natural del agua y que sólo hay disponible una pequeña cantidad de agua dulce para el uso humano. Ahora sabemos que la mayor parte del agua de lluvia cae sobre los océanos y que una parte importante del agua que cae sobre la tierra se evapora o termina por deslizarse hacia los ríos y los océanos. Esto significa que no existe más que una pequeña cantidad de agua que rellena las capas subterráneas. Esto explica la necesidad de recuperar, almacenar y gestionar del agua de manera racional para asegurarse un flujo regular a lo largo de todo el año. La historia nos demuestra que las generaciones pasadas han visto rápidamente que hacían falta presas y embalses para almacenar el agua y redistribuirla posteriormente.

Como en el pasado, el bienestar de la población mundial estará ligado también en el futuro a un abastecimiento de agua fiable y viable. La escasez de agua ha aumentado considerablemente en varias regiones del mundo. Un abastecimiento fiable de agua será necesario para mejorar el estado de salud de la población mundial y para aumentar la productividad agrícola e industrial.

A lo largo de la historia del mundo, las presas han tenido un papel importante en el almacenamiento y la gestión del agua indispensable para el desarrollo de la civilización. Hoy, el mundo conoce cambios importantes en sus valores éticos, sus prácticas comerciales y sus condiciones de vida debidos a los rápidos avances de la tecnología y de la expansión de las comunicaciones provocados por el crecimiento continuo de la población. También dejamos constancia de una utilización negligente de nuestros recursos naturales y una contaminación acelerada del medio ambiente. Con el crecimiento de la población mundial y de su desarrollo económico y agrícola, crece igualmente la necesidad de abastecimiento de agua y de presas. La cuenca hidrográfica es pues el primer elemento de gestión de los recursos hídricos y del medio natural. En el futuro, los estudios y el desarrollo deben estar basados en estas cuencas. Como la demanda de agua continua aumentando, la humanidad necesitará tener recursos para una planificación e ingeniería previsora. El procedimiento en 6 etapas es la clave del éxito para responder de la mejor manera posible a estas necesidades así como a los fines y objetivos de los proyectos individuales de presas. Con la implicación y la coordinación adecuadas del público, las cuestiones socioeconómicas tales como la reubicación de la población y la redistribución equitativa de los beneficios, debe ser resuelta siendo adaptada a los usuarios. Presas del tamaño adecuado en los emplazamientos adecuados pueden ser entonces diseñadas y construidas. Esto es principalmente importante en los países en vías de desarrollo. Las Naciones Unidas reconocen que el agua es un elemento esencial para alcanzar los objetivos principales que son la erradicación de la pobreza y del hambre, la mejora de la sanidad, y la lucha contra las epidemias de aquí al año 2015. La minimización de los daños causados por las avenidas necesita su vigilancia y su control por medio de las presas existentes y futuras. Harán falta

más presas y deberemos tener la certeza de que estas presas y embalses, cuando están gestionadas correctamente y respetando el medio ambiente, representan la única opción viable para proporcionar las cantidades de agua necesarias.

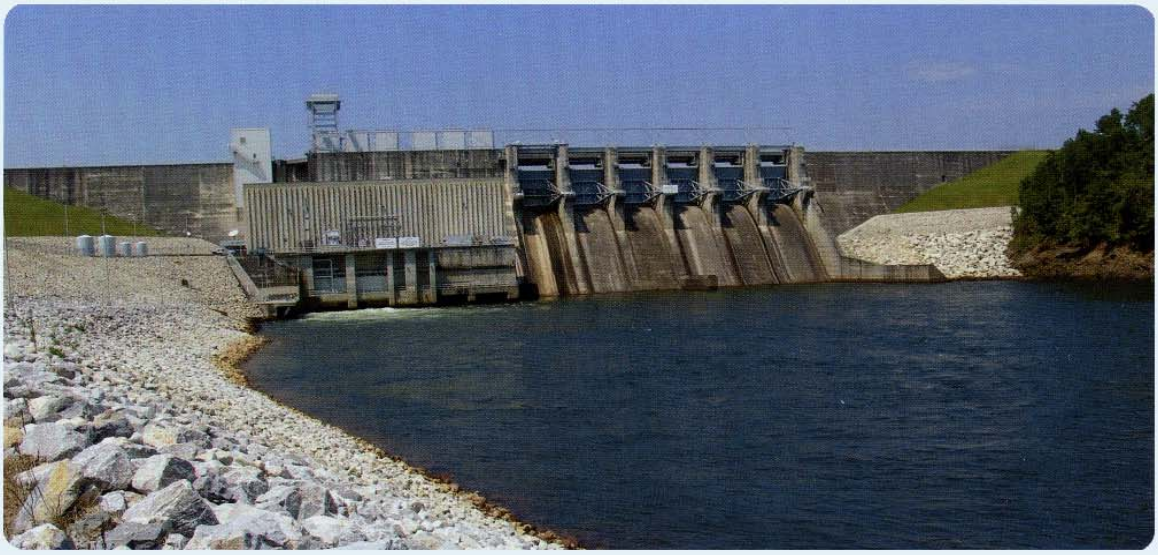
Puesto que el medio ambiente es un aspecto importante de nuestra existencia y se encuentra ligado a nuestros cursos de agua y ríos, los embalses deben ser gestionados sobre la base de una cuenca vertiente para optimizar los beneficios amortiguando los impactos negativos sobre el medio ambiente. El objetivo de la gestión del agua a escala de una cuenca permanece: satisfacer las demandas respetando los usos existentes.

Las cuestiones principales concernientes a la gestión del agua en las cuencas vertientes son:

- Proporcionar un caudal adecuado;
- Satisfacer las necesidades de las poblaciones, de la agricultura... sin perjudicar los medios naturales;
- Evaluar y mejorar la calidad del agua.

La planificación a escala de una cuenca y la gestión del agua incluyendo la protección medioambiental son elementos clave para proporcionar una distribución óptima de agua y un control de las avenidas sin dañar el ecosistema. Para conseguir un éxito en la gestión integrada del agua, hay que recoger los datos en tiempo real, hacer las previsiones de precipitaciones y de escorrentía sobre la base de modelos fiables. De esta manera se logrará proporcionar un agua de calidad en cantidad adecuada para poder responder a las necesidades locales y regionales. Será necesaria una tecnología avanzada para el estudio, el proyecto, la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento de las grandes presas así como para sus obras anejas, con el fin de que sean económicas, seguras y respetuosas con el medio ambiente. Como en el pasado la ICOLD/CIGB continua haciendo progresar las prácticas con respecto a los proyectos, a la ingeniería, la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento de las presas, todo ello minimizando lo más posible los impactos negativos sobre el medio ambiente y optimizando los beneficios socioeconómicos. Es la mejor manera de conseguir un desarrollo duradero y una gestión viable de los recursos hídricos. El fin es conseguir planificar, proyectar, construir y explotar presas que sean a la vez rentables, eficaces y responsables a niveles medioambientales y sociales. La mejor estrategia es la puesta en marcha eficaz de todos los recursos hídricos en la cuenca vertiente con la implicación de los usuarios. Las inquietudes y los impactos potencialmente negativos de las presas pueden ser eliminados si se sigue atentamente este procedimiento.

Para proyectarnos hacia el futuro, debemos sacar provecho de las buenas experiencias de las generaciones precedentes en la gestión mundial del agua. Una planificación racional del agua subterránea y de los embalses en una cuenca vertiente será la mejor manera de adaptarse a las necesidades crecientes de agua. Las presas y los embalses continuarán siendo necesarios para un abastecimiento de agua saludable y en gran cantidad con el fin de responder a las necesidades de una región.



Glosario

El objetivo de este glosario es dar la definición de algunos de los términos usuales en el sector de las presas y de la gestión y el aprovechamiento de los recursos hídricos. Estos términos son genéricos y se aplican a todas las presas, sin tener en cuenta su tamaño, su propietario o su emplazamiento. Estos términos están clasificados por orden alfabético.

Acueducto Puente construido para hacer pasar el agua por encima de un valle.

Afluente Río que vierte en otro río con caudal más importante, en el punto de confluencia.

Aliviadero Estructura por encima de la cual o a través de la cual el caudal es liberado durante las avenidas. Si, por ejemplo, el caudal es controlado por medio de compuertas, se trata de un aliviadero con compuertas; en el caso contrario, se trata de un aliviadero de labio fijo.

Altura de salto Distancia vertical entre dos niveles de agua (expresada en metros); se trata de un parámetro importante de la potencia de las centrales hidroeléctricas.

Apoyo Parte lateral del valle contra la cual se construye la presa. Un apoyo artificial se construye a veces para soportar el empuje de una presa bóveda cuando no existe apoyo natural.

Aprovechamiento con fines múltiples Es el concebido para responder al menos a dos de los objetivos siguientes: regadío, producción hidroeléctrica, control de avenidas, recreo, preservación de la vida salvaje y acuática. Por el contrario los de un solo fin no responden más que a una de estas necesidades.

Aprovechamiento único Es el que se limita a un solo fin, por ejemplo la navegación fluvial.

Área del embalse Superficie cubierta por un embalse lleno (expresado en km^2).

Ataguía Estructura temporal realizada durante la construcción con el fin de que las obras definitivas pueda hacerse en seco. Una ataguía de desvío permite desviar un curso de agua a un conducto, un canal, un túnel...

Auscultación Colocación de aparatos de medida instalados en una presa o cerca de ella para evaluar el comportamiento y los rendimientos de una estructura.

Avenida Subida temporal de las aguas de un río o de un cauce como consecuencia de lluvias importantes en la cuenca vertiente. Conlleva la inundación de zonas habitualmente secas.

Avenida de proyecto Avenida de cálculo utilizada para proceder al dimensionamiento de una presa y sus obras anejas tales como los aliviaderos y los órganos de desagüe y para determinar la capacidad máxima de almacenamiento, la altura de la presa y los resguardos necesarios.

Canal de evacuación Canal abierto o conducto cerrado que permite el paso del agua del aliviadero hasta el río aguas abajo.

Canal Término general para todo conducto natural o artificial que permita el paso del agua.

Capacidad de los aliviaderos Caudal máximo que puede pasar por los aliviaderos de una presa cuando su embalse está al más alto nivel (expresado en metros cúbicos por segundo).

Capacidad del embalse Volumen total de agua en el embalse; suma del volumen muerto y del volumen

activo.

Caudal punta Caudal máximo que se produce durante una avenida; se expresa en metros cúbicos por segundo.

Cimentaciones Parte del suelo del valle que sirve de base y soporta la estructura de la presa.

CMP Crecida máxima posible que puede ser esperada según las condiciones meteorológicas e hidrológicas muy severas en la cuenca hidrográfica estudiada.

Compactación Acción mecánica que consiste en acrecentar la densidad de un material reduciendo los huecos.

Compuerta Barrera móvil que permite controlar los caudales de agua.

Compuerta lisa Compuerta que puede abrirse y cerrarse por un sistema de deslizamiento.

Compuerta segmento Compuerta provista de un tablero curvado hacia aguas arriba y pivotante sobre dos ejes.

Conducción Un paso cerrado que permite hacer pasar el agua a través, alrededor o debajo de la presa.

Conducción forzada Conducto que lleva el agua bajo presión desde el embalse hasta la central hidroeléctrica.

Consignas de gestión Conjunto de procedimientos utilizados para la gestión del volumen de agua embalsada en el embalse, para el vaciado de agua programado...Se presentan generalmente en forma de cuadros o gráficos o se recurre a útiles informáticos para optimizar la gestión en función del o de los objetivos del proyecto.

Coronación Plano más alto de una presa de hormigón o mampostería.

Corte Vista de una presa como sección del interior en sentido perpendicular al eje.

Cuenca hidrográfica Zona drenada hasta un punto particular de un río o de un curso de agua (expresada en km^3).

Cuenca vertiente La cuenca de captación o cuenca vertiente es, para una presa, la zona situada aguas arriba de la presa (a menudo expresada en km^3). Las precipitaciones que caen en la cuenca vertiente de una presa discurren y vierten hasta la presa.

Cuenco amortiguador Estanque construido aguas abajo de una presa para disipar la energía del agua, proveniente por ejemplo de un aliviadero, con el fin de proteger de la erosión el lecho del río.

Derivar Hacer ir en una dirección diferente.

Desagüe de fondo Órgano de desagüe en la parte baja del embalse utilizado habitualmente para vaciar el embalse o evacuar los sedimentos y a veces para permitir el regadío.

Distancia de resguardo Vertical entre el nivel máximo de un embalse y la altura de la presa.

Erosión Deterioro progresivo de una superficie, sea un río, el lecho de un curso de agua, una riera o cualquier otra superficie provocado por el flujo del agua, las olas de los embalses, el viento o cualquier otro proceso natural.

Espesor de tongada del hormigón Espesor de las capas sucesivas de hormigón delimitadas por juntas de construcción horizontales.

Estabilidad Condición de una estructura que es capaz de soportar fuerzas y presiones instantáneas o de larga duración sin sufrir deformaciones significativas.

Glosario

Evaporación Proceso de paso de un líquido al estado gaseoso o de vapor que se mezcla con el aire.

Fertilidad Riqueza de las tierras que permite obtener las mejores cosechas.

Generador Máquina que produce electricidad.

Gestión integrada de los recursos hídricos Proceso por el cual el agua almacenada en los embalses y el caudal cotidiano liberado son gestionados en la cuenca para asegurar una cantidad adecuada y fiable de agua. Cada presa de la cuenca está provista de un sistema de control que calcula la cantidad de agua a liberar aguas abajo del embalse sobre la base de los caudales de entrada y de las necesidades aguas abajo. Todos los sistemas de control de la cuenca están coordinados entre sí.

Hidrología Ciencia que estudia el reparto en el tiempo y en el espacio de las precipitaciones, escorrentías, sequías, avenidas...

Hidrometeorología Ciencia que estudia las interacciones entre las fases atmosférica y terrestre del ciclo hidrológico así como las consecuencias de estas interacciones sobre los recursos hídricos.

Longitud de la coronación de la presa. Longitud de la cima de la presa de una orilla a otra.

Mapa topográfico Mapa a pequeña escala que representa el relieve, la altimetría y las construcciones de una región geográfica de manera precisa y detallada.

Márgenes del embalse Límites de la superficie del agua del embalse.

Meteorología Ciencia de los fenómenos atmosféricos y de las variaciones del tiempo, tormentas y precipitaciones en particular.

MW o Megavatio Unidad de potencia particularmente en producción eléctrica. Equivale a un millón de vatios.

Nivel aguas abajo Nivel del agua que se encuentra inmediatamente aguas abajo de la presa. El nivel de aguas abajo varia según los caudales liberados desde la presa y según las influencias de las otras presas y estructuras situadas aguas abajo.

Nivel mínimo de explotación Nivel más bajo que puede alcanzar el embalse en condiciones normales de explotación; corresponde al nivel inferior de capacidad útil de embalsado.

Núcleo Zona de material impermeable en una presa de materiales sueltos. Se habla a veces de núcleo central, de núcleo inclinado, de núcleo de arcilla con grava o de núcleo de arcilla.

Obras anejas Otros equipamientos de un proyecto hidráulico que pueden ser la sala de mando, los conductos del aliviadero, los órganos de desagüe, las conducciones forzadas, la central hidroeléctrica...

Órgano de desagüe Abertura a través de la cual el agua puede ser liberada desde un embalse a un río.

Pie de la presa Intersección del paramento aguas abajo con el terreno; se llama también “pie de aguas abajo”. La intersección con el paramento aguas arriba se llama talón o pie de aguas arriba.

PMP Precipitaciones máximas probables correspondientes, en teoría, al nivel más fuerte de precipitaciones posible de una duración dada que es materialmente posible en caso de tormenta para un lugar preciso en una cierta época del año.

Presa Obra artificial construida a lo ancho de un valle y que permite retener agua o cualquier material transportado por el agua, todo ello con el

fin de crear un embalse y controlar el caudal.

Presa bóveda Presa de hormigón o de mampostería curvada hacia aguas arriba con el fin de que la mayor parte del empuje del agua se transmita a las laderas.

Presa de bóvedas múltiples Presa de contrafuertes que presenta varias bóvedas aguas arriba.

Presa de contrafuertes Presa cuyo muro aguas arriba apoya sobre una sucesión de contrafuertes. Estas presas pueden tener aguas arriba una losa plana o contrafuertes prolongados aguas arriba, o bóvedas entre los contrafuertes.

Presa de derivación Presa construida para hacer derivar el agua de un río hacia otra dirección.

Presa de escollera Presa de materiales sueltos de cuyo volumen total más del 50% está compuesto de bloques compactados o vertidos de rocas, fragmentos rocosos o de roca de cantera de dimensiones generalmente superior a 10 cm.

Presa de gravedad Presa construida en hormigón y/o mampostería y cuya estabilidad es debida a su propio peso.

Presa de Hormigón Presa de gravedad compactada con rodillo construida con un hormigón poco húmedo, transportado a la obra y compactado in situ, con la ayuda de grandes máquinas de tracción con rollos vibradores.

Presa de mampostería Presa construida principalmente en piedras o ladrillos con juntas de mortero. Este término no se aplica más que a las presas que sólo tienen una cara en mampostería.

Presa de materiales sueltos Presa construida con materiales naturales extraídos en el mismo lugar de la construcción; se trata de presas de tierra o de escollera.

Presa de tierra Presa de materiales sueltos construida con más del 50% de tierra compactada.

Roca Todo material sedimentario, eruptivo o metamórfico representado como unidad geológica masiva, capa o saliente sano y sólido de materia mineral; y con una velocidad de cizallamiento que sobrepase 800 metros / segundo.

Seísmo Movimiento o temblor súbito del suelo provocado por la liberación de tensiones acumuladas a lo largo de una falla de la corteza terrestre.

Talud Inclinación en relación con un plano horizontal; pendiente mide la inclinación respecto a la vertical.

Toma de agua Situada a la entrada de los órganos de desagüe, la toma de agua fija el nivel último de vaciado del embalse. Puede tratarse de torres verticales o inclinadas, o de estructuras sumergidas. El nivel de las tomas esta fijado según los caudales requeridos, teniendo en cuenta la sedimentación y el nivel deseado de vaciado.

Túnel Larga galería subterránea con dos aberturas o más a la superficie que tiene generalmente una sección uniforme.

Umbral de los aliviaderos Nivel inferior de los aliviaderos; corresponde al nivel mínimo del embalse que permite el paso del agua por los aliviaderos

Volumen activo Suma del volumen útil y del volumen inactivo.

Volumen de control de avenidas Hecho de almacenar o de retardar las avenidas por medio de una operación planificada como en el caso de los embalses, o por el rellenado temporal de zonas inundables, como el hecho de hacer derivar agua en un canal de flujo natural.

Volumen de la presa Volumen total de la estructura de la presa desde el nivel de cimentación a la coronación de la presa y del estribo derecho al estribo izquierdo.

Volumen de nivelación Volumen de la franja por encima del volumen útil entre el nivel de embalse normal y el nivel máximo del agua.

Volumen del embalse Volumen de agua retenida y almacenada por la presa.

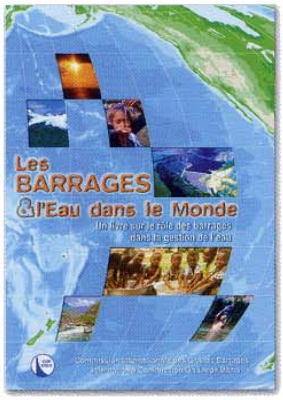
Volumen inactivo Volumen entre el órgano de desagüe más bajo y el nivel mínimo de explotación.

Volumen muerto Volumen de la capa de agua situada debajo de la toma de agua más baja y que, por tanto, no puede evacuarse del embalse excepto por bombeo.

Volumen útil Volumen del embalse que está disponible para usos como la producción de energía, el regadío, el control de las avenidas, el suministro de agua... Su nivel más bajo del embalse es el nivel mínimo de explotación. Su nivel más alto es el nivel de embalse normal.

Zona de préstamo Lugar del cual son extraídos los materiales naturales como la roca, las gravas o la tierra para la construcción de obras.

Zona inundable Tierras próximas a un embalse o a un río que pueden ser cubiertas por el agua. Este término es igualmente utilizado para describir la zona aguas abajo que sería inundada o afectada por avenidas importantes, o en caso de rotura de la presa.



Las PRESAS & el agua en el mundo

© CIGB-ICOLD 2007

Commission Internationale des Grands Barrages
International Commission on Large Dams
151, Boulevard Haussmann - 75008 Paris - France
Tél.: 33 (1) 40 42 68 24 - Fax: 33 (1) 40 42 60 71
www.icold-cigb.org

Directeur de la publication :
M. Michel de Vivo (Secrétaire Général de la CIGB)
Auteurs :
Comité de l'information du public et de l'éducation présidé par M. Art Walz (Vice-Président de la CIGB) en collaboration avec M. Andy Hughes (Vice-Président de la CIGB), M. Patrick Bonnet (Secrétaire Général du Comité Français) et M. Gerrit Basson (Président du Comité sur la Sédimentation)

Conception et production :
Vlady France Conseil - VFC
54bis, rue Louis Rouquier
92300 Levallois-Perret - France
Tél.: 33 (1) 40 89 23 23 - Fax : 33 (1) 47 58 80 95
Mise en page : Benoît Lamy - VFC
Imprimé dans l'Union européenne
ISSN N°0534-8293 - Dépôt légal juin 2007

Photos :
Couverture : © DR, © pmphoto/Fotolia, © Guillaume Beuls/Fotolia, © Julian Owen/Fotolia
Page intérieures : © Eric Martinez/Fotolia : n°1,3 - © Guillaume Beuls/Fotolia: n°4 - © Julian Owen/Fotolia : n°5 - © Geoffrey Whiting/Fotolia : n°6, 40 © Koldo Ruilope Gonzalez/Fotolia : n°7 - © Rudy Van Der Walt/Fotolia : n°14, 52 - © photo EDF : n°15, 16,18, 19, 20, 26 - © BRL i : n°17 © pmphoto/Fotolia : n°27 - © Philippe Aurouz/Fotolia : n°30 - Sören Platten/Fotolia : n°32 - © Studios Villeurbannais : n°34 - © Zastavkin/Fotolia : n°35, 37, 54 © Philippev/Fotolia : n°38 - © Jennie Hall/Fotolia : n°41 - © Emmanuelle Combaud/Fotolia : n°42 - © Sean Mcfadden/Fotolia : n°43 - ©Les quatre vents : n°54 © Sascha Felragel/Fotolia : n°45 - © CNR : n°46, © Matteo Natale/Fotolia : n°48 - © Micheal Andrey/Fotolia : n°49 - © photoeyes/Fotolia : n°50 © Jonart/Fotolia : n°51 - © JoLin/Fotolia : n°53 - © Médiathèque EDF : n°2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 28, 29, 30, 31, 33, 36, 39, 44, 47 - © Landscaping and publicity/Armin Rieg : n°55, 56, 57

Ce livre a été préparé par les membres du Comité de l'information du public et de l'éducation. Les photographies utilisées proviennent de la bibliothèque de la CIGB ou de certains des 88 pays membres de la CIGB. Les informations du chapitre « Les barrages actuels » sont tirées du Registre des Barrages de la CIGB.

Références :

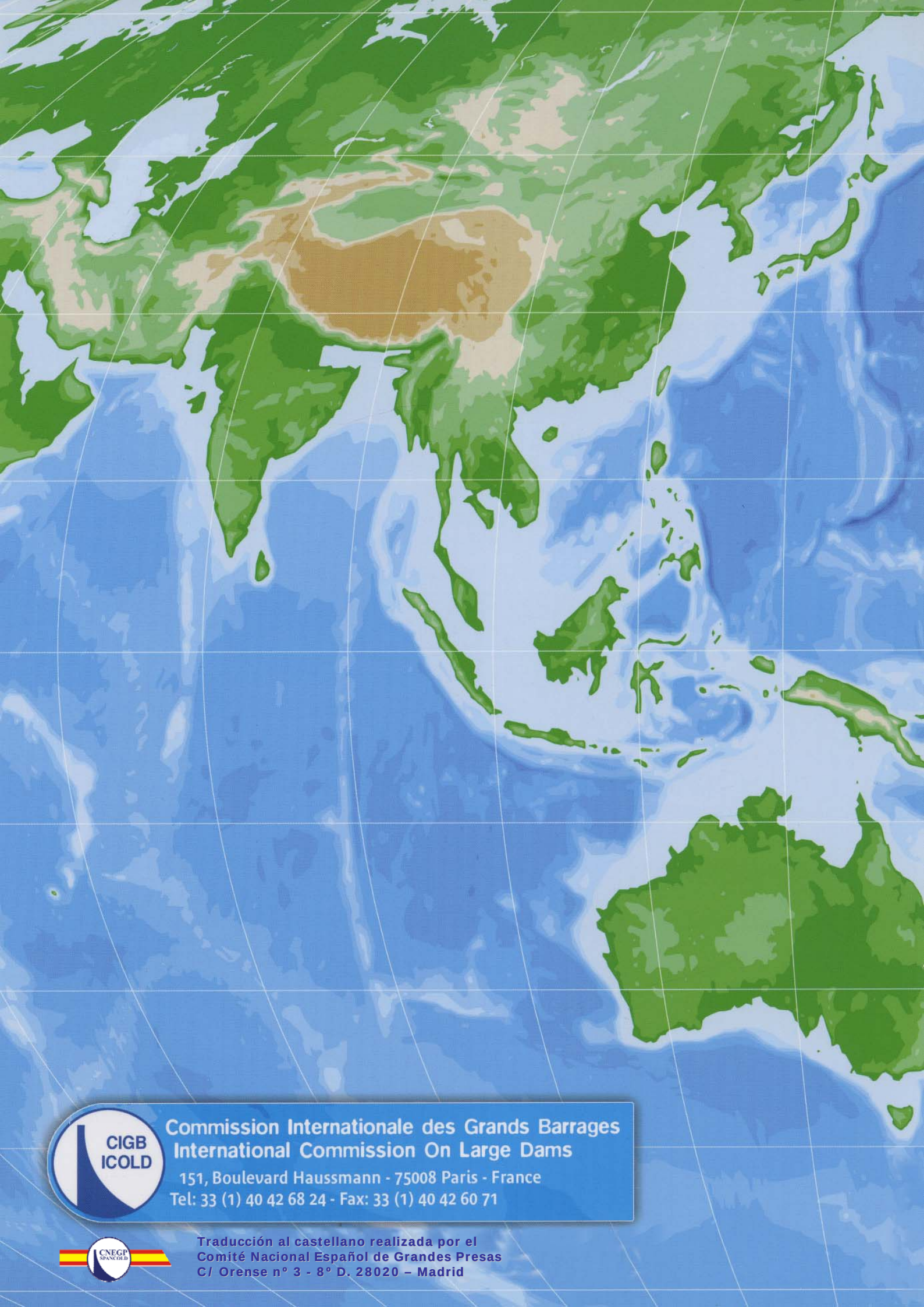
- ICOLD Position Paper on Dams and Environment, May 1997.
- ICOLD Position Paper on the Role of Dams in Flood Mitigation, 2006.
- ICOLD Paper - The Role of Dams in the XXI Century to Achieve Sustainable Development, 2006.
- ICOLD, Technical Dictionary on Dams - Glossary of Terms, 1994.
- ICOLD Bulletin 128, Management of Reservoir Water Quality - Introduction and Recommandations, 2004.
- ICOLD Bulletin 125, Dams and Floods - Guidelines and Case Histories, 2003.
- Dams, Dunn, Andrew, Thompson Learning, NY, 1993
- World Book Encyclopedia, 22 Volumes, 2006 Edition, World Book, Inc., Chicago, IL.
- The New Encyclopedia Britannica: Macropedia, 15th ed., 2005

Traducción al castellano realizada por el Comité Nacional Español de Grandes Presas
C/ Orense nº 3 - 8º D. 28020 – Madrid

www.icold-cigb.org

COMITÉS NACIONALES DE LA ICOLD / CIGB

- Afrique du Sud
- Albanie
- Algérie
- Allemagne
- Argentine
- Australie
- Autriche
- Belgique
- Bosnie-Herzégovine
- Brésil
- Bulgarie
- Burkina Faso
- Cameroun
- Canada
- Chili
- Chine
- Chypre
- Colombie
- Congo
- Corée (Rép. de)
- Costa Rica
- Côte d'Ivoire
- Croatie
- Danemark
- Egypte
- Espagne
- Etats-Unis
- Ethiopie
- Ex Rép.yougoslave de Macédoine
- Finlande
- France
- Ghana
- Grèce
- Guatemala
- Honduras
- Islande
- Inde
- Indonésie
- Irak
- Iran (Rép. Islamique d')
- Irlande
- Italie
- Japon
- Lesotho
- Lettonie
- Liban
- Libye
- Luxembourg
- Madagascar
- Malaisie
- Mali
- Mexique
- Maroc
- Népal
- Niger
- Norvège
- Nouvelle-Zélande
- Pakistan
- Panama
- Paraguay
- Pays-Bas
- Pérou
- Philippines
- Pologne
- Portugal
- Rép. Dominicaine
- Rép. Tchèque
- Roumanie
- Royaume-Uni
- Russie
- Serbie
- Slovaquie
- Slovénie
- Soudan
- Sri Lanka
- Suède
- Suisse
- Syrie
- Tadjikistan
- Thaïlande
- Tunisie
- Turquie
- Uruguay
- Venezuela
- Vietnam
- Zambie
- Zimbabwe



CIGB
ICOLD

Commission Internationale des Grands Barrages
International Commission On Large Dams

151, Boulevard Haussmann - 75008 Paris - France
Tel: 33 (1) 40 42 68 24 - Fax: 33 (1) 40 42 60 71

CNEGP SPANCOLD

Traducción al castellano realizada por el
Comité Nacional Español de Grandes Presas
C/ Orense nº 3 - 8º D. 28020 – Madrid