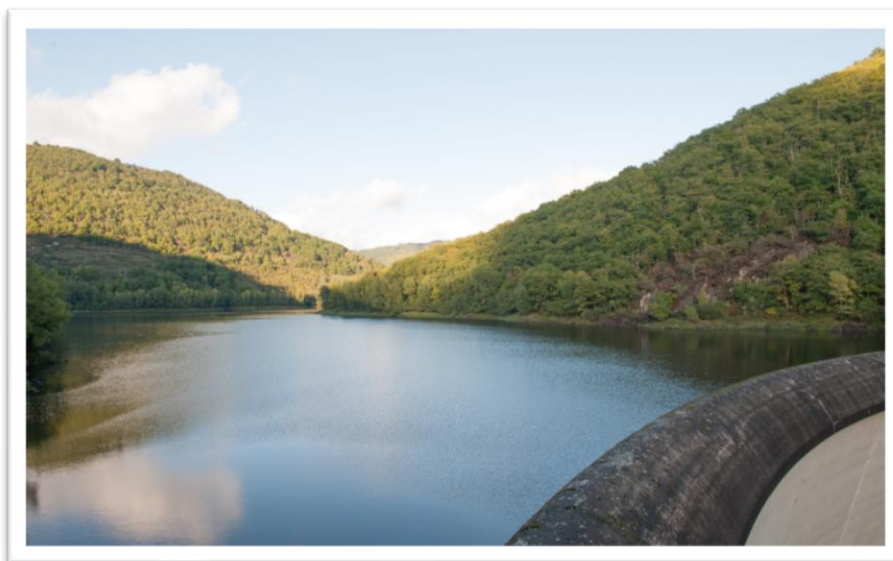


Tecnologías de energía hidroeléctrica

El Estado-of-the-Art



Fecha:	de agosto de 2019
Documento núm:	PT4-DLRP-02
Versión:	v4.0
Estado:	Sequía
No se puede entregar:	D4.3
Responsable del Equipo:	EUREC



El Foro EUROPA La energía hidráulica es apoyado por un proyecto que ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en el marco del acuerdo de subvención n 826010

INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO

Título	Hidroeléctricas Technologies: el estado-del-arte
Autor principal	Emiliano Corà (EUREC)
colaboradores	Jean Jacques Fry (ICOLD), Mario Bachhiesl (VGB), Anton Schleiss (ICOLD)
Distribución	Público
Número del Documento	PT4-DLRP-02

HISTORIA DEL DOCUMENTO

Fecha	Revisión	Preparado por	Aprobado por	Descripción y estatus
09.04.19	V1	Emiliano Corà		estructura del documento
17/06/19	V2	Emiliano Corà		Primer borrador
17/07/19	V3	Emiliano Corà		proyecto consolidado
08.08.19	V4	Emiliano Corà		documento final

RECONOCIMIENTO



El Foro EUROPA La energía hidráulica es apoyado por un proyecto que ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en el marco del acuerdo de subvención n 826010

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Este documento refleja sólo los puntos de vista de los autores y no los de la Comunidad Europea. Este trabajo puede confiar en los datos de fuentes externas al proyecto Consorcio HIDROELÉCTRICA Europa. Los miembros del Consorcio no aceptan responsabilidad por pérdidas o daños sufridos por terceros como consecuencia de errores o inexactitudes en tales datos. La información contenida en este documento se proporciona "tal cual" y no se da ninguna garantía o garantía de que la información es apto para cualquier propósito en particular. El usuario utiliza la información en su propio riesgo y ni la Comunidad Europea ni ningún miembro del Consorcio EUROPA La energía hidráulica es responsable de cualquier uso que pueda hacerse de la información.

TABLA DE CONTENIDO

Información del Documento	2
Historia del documento	2
Reconocimiento	2
Descargo de responsabilidad.....	2
Contenido	3
1 Introducción	6
2 Tipos de centrales hidroeléctricas	8
2.1 Los principales componentes de las centrales hidroeléctricas	8
2.2 Clasificación de las centrales hidroeléctricas	9
2.3 Almacenamiento de la planta de energía	10
2.4 Dirigido del río (ROR) planta de energía	11
2.5 planta de energía de almacenamiento por bombeo	11
2.6 Dentro de la corriente de las tecnologías y la energía hidroeléctrica en alta mar	12
2.7 la energía hidráulica híbrida	13
3 Tipo de proyectos de energía hidroeléctrica	15
3.1 Greenfield proyectos de energía hidroeléctrica puros	15
3.2 Los proyectos de renovación, modernización y mejora	15
3.3 esquemas de usos múltiples	dieciséis
3.4 Alimentación de presas sin motor	17
4 Infraestructuras	18
4.1 instalaciones de almacenamiento y estructuras accesorias	18
4.1.1 Represa	18
4.1.2 estructuras de desvío	20
4.1.3 desagües de fondo	20
4.1.4 estructuras de aforo	21
4.1.5 estructuras de disipación	22
4.1.6 tecnologías de paso	22
4.2 sistema de conducción de agua	23
4.2.1 Las tomas de agua	23
4.2.2 Suministro funciona, aducción y canal de descarga	24
4.2.3 Compuertas, ejes de presión y depósitos de desbordamiento	25
4.3 Casa de máquinas	25

5 equipos electromecánicos	26
5.1 Turbinas	26
5.1.1 Las turbinas de impulso	28
5.1.2 Turbinas de reacción	30
5.1.3 Bombear Hydro Turbinas	32
5.1.4 Las turbinas de gravedad	33
5.2 Generadores, transformadores y equipos de alta tensión	33
5.2.1 Los generadores de eje vertical	34
5.2.2 PIT generadores de tipo	34
5.2.3 Los generadores de motor	34
5.2.4 VELOCIDAD VARIABLE motogeneradores	35
5.2.5 Transformador y equipos de alta tensión	35
5.3 estructuras hidráulicas de acero	35
5.3.1 Puertas	36
5.3.2 Válvulas	36
5.4 Tuberías de presión	40
6 La flexibilidad en la generación de energía y almacenamiento	42
6.1 Equilibrio y servicios auxiliares de energía hidroeléctrica	42
43	
6.2 sistemas ternarios conjunto	44
6.3 operaciones de velocidad variable de PSH	44
7 El diseño eficiente y resistente	48
7.1 Las causas de las ineficiencias	48
7.2 técnicas de modelado	48
7.3 Materiales avanzados	49
8 La digitalización de la energía hidroeléctrica	51
8.1 la gestión del rendimiento de activos	52
8.2 Condición de los equipos de vigilancia	52
8.3 gestión de interrupciones	52
8.4 La energía hidráulica SCADA	53
8.5 Internet de los objetos (IO) en energía hidroeléctrica	54
8.6 inteligencia artificial y aprendizaje automático	54
9 Operaciones y mantenimiento	56
9.1 Planificación de operaciones	56

9.2 Automatización y digitalización	56
9.3 Estrategias de mantenimiento	56
9.4 monitoreo remoto centrales hidroeléctricas	58
9.5 Previsión del río y la optimización del uso del agua	58
10 resiliencia Infraestructura	60
10.1 la capacidad de recuperación de inundaciones	60
10.2 resiliencia terremoto	61
10.3 La evaluación de riesgos y la protección de la sociedad civil	61
10.4 Aumento de por vida de las infraestructuras	62
10.4.1 El envejecimiento del hormigón: la expansión del hormigón de las presas	62
10.4.2 la vigilancia de la presa	63
10.4.3 El envejecimiento de las estructuras de tierra: erosión interna	64
10.4.4 estructuras subterráneas	64
11 Las cuestiones ambientales y sociales	sesenta y cinco
11.1 la migración de peces	sesenta y cinco
11.2 La sedimentación	66
11.3 Calidad del agua	67
11.4 Los caudales ambientales	67
11.5 Hydropeaking	68
11.6 jerarquía de mitigación	68
12 Las centrales hidroeléctricas en ambiente marino: soluciones emergentes	69
12.1 Mar del agua bombeada plantas de almacenamiento	69
12.1.1 Concepto	69
12.1.2 retos específicos	69
12.1.3 Preparación nivel técnico y estado de desarrollo	69
12.2 rango de marea planta de energía	70
12.2.1 Concepto	70
12.2.2 retos específicos	72
12.2.3 Tecnológica Nivel de Preparación	72
Referencias	73

1 Introducción

Desde finales de los 19^o siglo, la energía hidroeléctrica se ha desarrollado como una fuente limpia, segura, fiable y de bajo costo de los servicios de electricidad y energía. Generación de energía hidroeléctrica corresponden a aproximadamente el 12% de la generación neta de electricidad de Europa y el 36% de la electricidad a partir de recursos renovables en Europa (EUROSTAT, 2019). La energía hidráulica es técnicamente maduro y suele ser económicamente competitiva en mercados liberalizados. También proporciona beneficios significativos para todo el sistema de energía; de hecho, las capacidades de respuesta rápidos proporcionados por depósitos y plantas de almacenamiento y bombeo proporcionan energía fundamental para las redes de electricidad, ayudando para que coincida con las fluctuaciones en la demanda de electricidad y suministro de fuentes de electricidad intermitentes y menos flexibles. Además, dado que la energía hidroeléctrica está situado en el cruce de dos cuestiones importantes para el desarrollo, el agua y la energía, los embalses a menudo pueden ofrecer servicios más allá de suministro de energía eléctrica. Hydro capacidad de almacenamiento puede mitigar escasez de agua dulce, proporcionando seguridad durante flujos bajos y la sequía para abastecimiento de agua potable, riego, control de inundaciones y servicios de navegación. proyectos de energía hidroeléctrica de usos múltiples pueden tener una función de capacitación más allá del sector eléctrico para asegurar la disponibilidad de agua dulce.

La energía hidráulica se considera una fuente de energía controlable (o despachable) renovable. Esto es en parte debido al control sobre la fuente a través de sus capacidades de almacenamiento y la mayor previsibilidad sobre el viento y la energía solar de su generación. La energía hidráulica es, sin embargo, variables en escalas de tiempo más largos, ya que depende de la precipitación y el agua de escorrentía. A cambio climático a nivel regional puede afectar el potencial de generación de energía (incluso si no existe un patrón claro en toda Europa), pero al mismo tiempo su papel en la gestión del agua mediante embalses pueden contribuir a mitigar los efectos negativos en términos de disponibilidad de agua.

En general, la energía hidroeléctrica tiene un gran potencial para permitir la transición hacia una economía sin carbono en Europa (ya que juega un papel importante en el equilibrio de la red de mitigar los efectos negativos de la forma de variables de generación intermitente RES) y para mitigar los efectos negativos del cambio climático (por almacenar y suministrar agua). Sin embargo, los procedimientos legales largos, la oposición pública y las condiciones desfavorables del mercado (por ejemplo, precios bajos de la electricidad, productos para untar que faltan). Las cuestiones ambientales relacionadas con el impacto en el flujo aguas arriba y aguas abajo régimen de presas y embalses, las barreras a la migración de los peces, la pérdida de la biodiversidad y la alteración de la morfología de los ríos, es también un motivo de preocupación. La industria de la energía hidroeléctrica ha estado haciendo grandes esfuerzos para mitigar el efecto negativo sobre el medio ambiente de la planta de energía hidroeléctrica y la mejora considerable se han implementado en los últimos años. A pesar de importantes avances se han hecho en el tratamiento de estos problemas, todavía hay bajo nivel de conciencia entre el público en general en estos logros.

Durante las últimas décadas, el equipo de la energía hidroeléctrica ha sido optimizado para lograr un alto rendimiento, disponibilidad y flexibilidad. En cuanto a la infraestructura hidráulica, medidas innovadoras para mitigar los impactos ambientales se han desarrollado. Por otra parte, las mejoras significativas han sido habilitada por las tecnologías informáticas en muchas áreas, incluyendo el diseño, construcción, monitoreo, diagnóstico, protección y control. Las inversiones en investigación y desarrollo (I + D) son fundamentales para cumplir con los avances en la tecnología y el trato con competencia en el mercado. Por otra parte, para gestionar los aspectos ambientales y socioeconómicos a nivel regional, existe la necesidad de establecer vínculos entre la industria, la I + D y las instituciones políticas.

El objetivo de este documento es proporcionar una visión general del estado de la técnica de tecnologías y técnicas de energía hidroeléctrica, con el fin de establecer una referencia de línea de base para identificar y futuras acciones Priorizar I + D. Primero se introduce el principales componentes de las centrales hidroeléctricas, embalses y la relacionada

infraestructuras. A continuación, mira a las recientes innovaciones tecnológicas que permiten una mayor flexibilidad en la generación y almacenamiento de energía, mayor eficiencia de las plantas de energía hidroeléctrica, la mejora de la capacidad de recuperación de los equipos electromecánicos e infraestructuras y mejores operaciones y mantenimiento. Por último, los documentos discuten técnicas y tecnologías actuales para mitigar el impacto ambiental de los proyectos de energía hidroeléctrica.

2 Tipos de centrales hidroeléctricas

2.1 Los principales componentes de las centrales hidroeléctricas

La energía hidráulica se basa en un concepto físico muy simple. Las centrales hidroeléctricas convierten la energía potencial o gravitacional de agua primero en energía mecánica y luego eléctrica: el flujo de agua hace girar una turbina, que está conectado a un generador. Los flujos de electricidad generada luego a una subestación, donde se aumenta la tensión, y luego se distribuye al usuario final o alimentan a la red de energía. La energía hidráulica es una energía renovable, ya que se basa en el ciclo del agua, que es un sistema sin fin, en constante recarga.

La energía hidráulica es una tecnología y las necesidades específicas de sitio para adaptarse a las características específicas de la hidrología local, la topografía y la geología. Sin embargo, mientras que el diseño cambia de acuerdo a las condiciones locales, los principales componentes de relieve en la **Figura 2-1 son el elementos básicos de las centrales hidroeléctricas convencionales. puertas son barreras que permiten regular la liberación de agua.** Ellos pueden tomar diferentes formas, tales como puertas fijas de ruedas, puertas correderas, compuertas radiales, y las puertas de la oruga, y se utilizan para la ingesta de energía, desagües de fondo, u obras de desviación de ríos. compuertas del vertedero también se utilizan para la descarga de inundación de control en los embalses.

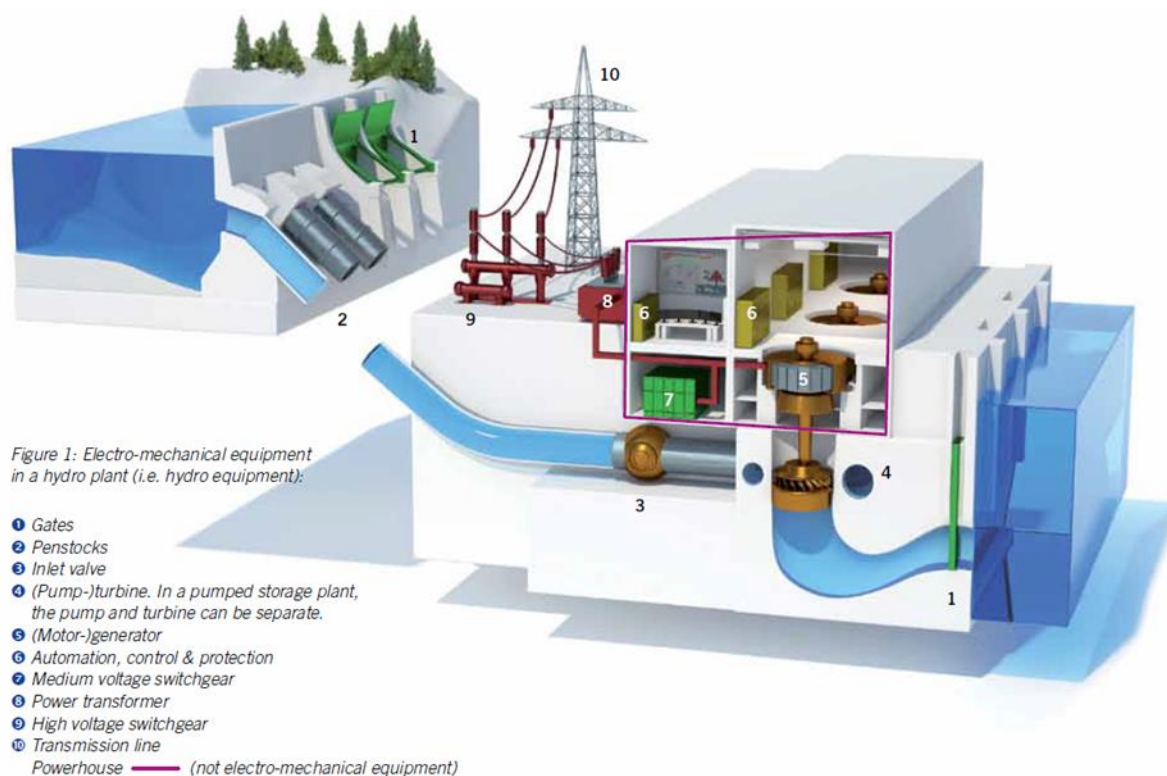


Figura 1 - equipo Electro-mecánica en una planta hidroeléctrica

Cuando puertas en la presa abierta, el agua fluye hacia abajo la tubería de carga a la turbina, por lo general a través de una válvula de cierre. **los compuerta es un conducto o tubería que conduce el agua de la admisión a la casa de máquinas. Compuertas se hacen generalmente de acero y tienen que soportar alta presión en la superficie interior con motivo de aumento repentino y descenso de la carga, el denominado martillo de agua.**

Si el **central eléctrica** se encuentra lejos de la presa y el depósito, el agua es transferida por canales abiertos, túneles bajo presión, o ejes de presión, que en función de la participación de las masas de roca puede ser sin revestimiento, forrado con hormigón o de acero revestido. la cabeza del agua Debe proporcionarse suficiente encima de la entrada de admisión para evitar la formación de vórtices que puede llevar aire en la tubería de carga y que resulta en problemas a la operación de la turbina.

UN **tanque de compensación** se introduce a menudo en el sistema entre la toma de agua y la casa de máquinas para absorber cualquier agua sobretensiones causadas en el túnel de tubería de carga o de la presión debido a la carga repentina y descarga del generador con la apertura y cierre de compuertas de válvula y wicket de entrada. Los álabes de la turbina permite regular la cantidad de agua que fluye hacia la turbina.

los **turbina** es la máquina que convierte la energía cinética / potencial del agua en energía mecánica. Se fija por medio de un eje a la **generador**, que transforma la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica. La turbina y el generador son el corazón de la planta de energía hidroeléctrica. La electricidad es generada por el campo magnético rotatorio creado por el giro del rotor, una serie de grandes electroimanes, dentro de una bobina apretadamente enrollado de alambre de cobre, llamada estator. La corriente alterna producida de este modo se transfiere a la **transformador**, que la convierte en un voltaje más alto. Por último, la electricidad de alto voltaje se transmite a la **Línea eléctrica**. El agua que pasa la turbina fluye a través del tubo de aspiración en el canal de canal de descarga y vuelve a entrar en el río aguas abajo.

2.2 Clasificación de las centrales hidroeléctricas

La cantidad de energía que una planta de energía hidroeléctrica puede generar es proporcional al producto de la carga hidráulica y el volumen de la velocidad de flujo. **Cabeza hidráulica** es la diferencia en los niveles de agua entre la entrada y el punto de la instalación de descarga. **Flujo de agua** (o de descarga) es el volumen de agua, expresado como metros cúbicos por segundo, pasa por un punto en una determinada cantidad de tiempo. Cuanto mayor es la carga hidráulica y la tasa de flujo de agua, mayor es la energía potencial que se puede convertir a la electricidad. Las centrales hidroeléctricas con flujos bajos requieren alta cabeza, mientras que las plantas con bajo cabeza necesita alto flujo para generar la misma cantidad de energía eléctrica. Gracias a la mayor presión de agua, cabezas superiores también permiten a la fuerza una velocidad de flujo superior a través de una turbina más pequeña (reduciendo así el costo del equipo). Los diferentes tipos de turbinas se han desarrollado, como Pelton, Francis y Kaplan por mencionar los más utilizados, con el fin de tener la máxima eficiencia en la generación de energía para diferentes rangos de altura y de flujo.

Las **centrales hidroeléctricas** a menudo se clasifican en términos de operación y el tipo de flujo. De acuerdo con esta clasificación, se pueden distinguir dos tipos principales de las centrales hidroeléctricas:

- **Instalaciones equipadas con un depósito, que puede ser dividida en:**
 - o plantas de energía de almacenamiento;
 - o plantas de energía de almacenamiento por bombeo;
- **gestión de los ríos centrales eléctricas, que no tienen ningún depósito.**

Además, también es importante tener en cuenta:

- **en alta mar y las plantas de energía de las mareas** basado en tecnologías in-stream;
- **plantas de energía híbridos.**

Las centrales hidroeléctricas también pueden clasificarse de acuerdo con su **Talla**, que varía constantemente y se extiende desde unos pocos kilovatios a varios gigavatios. Esta clasificación ha dado lugar a la distinción entre 'mini

hidro', 'pequeñas centrales hidroeléctricas' y 'las grandes centrales hidroeléctricas'. Sin embargo, no existe una definición universalmente aceptada de estas categorías: de hecho, diferentes países tienen diferentes definiciones legales de categorías de tamaño que responden a sus necesidades de energía y gestión de los recursos locales. En Europa, en la mayoría de los países 'mini-hidro' se considera por debajo de 1 MW, 'pequeñas centrales hidroeléctricas' inferior a 10 MW y 'las grandes centrales hidroeléctricas' superior a 10 MW. En cualquier caso, es importante destacar que la gran variedad en el tamaño de las plantas de energía hidroeléctrica permite satisfacer tanto a las grandes necesidades de energía centralizadas urbanas como rurales necesidades así como descentralizadas. Aunque el papel principal de la energía hidráulica es proporcionar electricidad a un sistema de energía centralizado, que también opera a menudo de forma aislada (fuera de la red) en las zonas rurales y remotas para satisfacer la demanda local de energía.

2.3 Central eléctrica de acumulación

plantas de almacenamiento se basan en **agua de embalse** detrás de una presa. Para producir electricidad, agua se libera de la depósito y enviado a la turbina. Las estaciones de generación pueden estar situados directamente en el pie de la presa sin desviación de agua o más aguas abajo con desviación de agua del río; en este caso las estaciones están conectadas al depósito a través de canales, túneles o conductos forzados. plantas de almacenamiento tienen la ventaja de que son menos dependientes de la corriente natural de agua; De hecho, de acuerdo a su capacidad de almacenamiento, que pueden funcionar de forma independiente del flujo hidrológico mediante el almacenamiento de agua durante la estación lluviosa y utilizarla la estación seca e incluso interanual. En otras palabras, pueden fácilmente almacenar energía potencial para ser convertida en energía eléctrica cuando sea necesario de manera flexible. Por esta razón, estas plantas se utilizan comúnmente para la siguiente intensa carga y de la demanda máxima se encuentran, lo que permite la optimización de la generación de energía de carga base de otras fuentes de electricidad menos flexibles. Cuanto más grande es el depósito de una planta de energía hidroeléctrica, la mayor capacidad de almacenamiento que puede proporcionar.



Figura 2-2 - Visión general de una planta de energía hidroeléctrica de almacenamiento con los elementos principales a partir de depósito alimentado finalmente por túneles de desvío de la vecina de captación, presa de arco, la ingesta de energía, túnel de presión, sobretensiones tanque, el eje de presión, central subterránea, canal canal de descarga y switchyard.

En las zonas de montaña, lagos de altura se pueden utilizar como depósito de preservar las características originales de los lagos. En este caso, la planta de energía está ligada al lago a través de los túneles de presión y ejes por una perforación bajo el agua del lago. La carga hidráulica puede alcanzar hasta dos mil metros. En otras áreas, un lago artificial se crea normalmente inundando valles (río). Una planta de energía puede tener túneles conectados a varios depósitos y también puede ser vinculado a las cuencas hidrográficas vecinas.

Las centrales hidroeléctricas con grandes depósitos ofrecen el mejor nivel de servicios. En primer lugar, se puede almacenar energía a gran escala durante los períodos de baja demanda y que esté disponible en los períodos de máxima demanda en una

por hora, semanal, mensual o incluso de forma estacional. Además, su rápido tiempo de respuesta les permitan satisfacer las fluctuaciones de la demanda repentina. Las centrales hidroeléctricas con un pequeño depósito están diseñados principalmente para la generación de modular sobre una base semanal diaria o máximo.

2.4 Dirigido del río (ROR) planta de energía

Dirigido del río centrales hidroeléctricas utilizan el flujo natural en el río de agua de aguas arriba y no implican ningún almacenamiento considerable. Por lo tanto, estas plantas son menos flexibles que (pumped-) centrales hidroeléctricas de almacenamiento; de hecho, las plantas de energía de pasada río operan bajo la restricción de controlar con precisión el nivel de agua en la admisión de acuerdo con el caudal del río entrante. La producción eléctrica de las centrales de pasada río depende de la disponibilidad de agua en el río y, por lo tanto, puede variar considerablemente a lo largo del año. Dirigido del río centrales hidroeléctricas suelen proporcionar energía de carga base, ya que el pronóstico hidrológico es lo suficientemente bueno para las escalas de tiempo requeridas en el mercado de la electricidad.

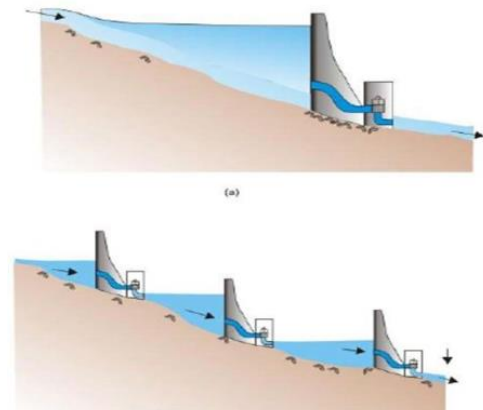


Figura 2-4 -

a) una sola etapa de desarrollo hidroeléctrico

esquema

b) sistema de cascada o energía hidráulica de múltiples etapas

Sin embargo, run-of-río plantas pueden tener algún corto plazo

posibilidades de almacenamiento (pocos minutos ciclo dinámico) y esta permiten alguna adaptación a la demanda, en especial para los servicios auxiliares tales como la frecuencia y el control de voltaje. El diseño de las plantas de energía de pasada río varía significativamente y puede ser optimizada tanto para la velocidad de flujo grande, con cabeza pequeña en gran río y caudal pequeño con alta cabeza en zonas de montaña. En algunos casos, una parte del agua de río podría ser desviado a un canal, túnel o canal de toma para transportar el agua a una turbina hidráulica, que está conectada a un generador de electricidad. plantas Run-de-río también se pueden combinar en una cascada o esquema de múltiples etapas; en este caso, dos o más plantas se encuentran en el mismo río en secuencia. esquemas en cascada pueden producir durante unas pocas horas pico de energía de acuerdo con un aumento simultáneo de la producción en todas las potencias. Una planta de energía de almacenamiento a menudo se encuentra en la cuenca superior ya que permite regular el flujo de agua y lograr una producción de energía constante a partir de los intermedios centrales de pasada-río y para producir unas pocas horas de pico de energía en toda la cascada. Desde el río regulado típicamente fluye de manera más uniforme durante todo el año, la cascada combinado de presas y embalses permite optimizar la generación de electricidad y también puede utilizarse para absorber el exceso de energía cuando se reduce el caudal del río.

2.5 planta de energía de almacenamiento por bombeo

plantas de energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo son similares a las plantas de energía hidroeléctrica de almacenamiento, pero que operan con dos depósitos, una inferior y una superior. Los dos depósitos están conectados entre sí a través de túneles o conductos forzados. A las plantas de almacenamiento por bombeo se mueven aguas entre los dos depósitos. En el modo de producción, la planta opera como una planta hidroeléctrica convencional: el agua se libera desde el depósito superior a través de las turbinas para generar electricidad; En el modo de bombeo, la energía eléctrica de la red se utiliza para bombear el agua desde el depósito inferior al superior (por lo general durante períodos offpeak utilizando excedente de electricidad generada por las plantas de energía de carga base). En este caso, un motor-

generador se utiliza para el trabajo, ya sea como un generador en el modo de producción o como un motor en el modo de bombeo. Como lo que se refiere al sistema hidráulico la elección es entre bombas de turbinas reversibles capaz de trabajar en ambas direcciones (por lo general estas turbinas son del tipo Francis) o la bomba y la turbina separada, tal como en sistemas ternarios. Reversible bomba de turbina son más comunes para las cabezas inferior a 600 a 700 m. En esta configuración, la dirección de rotación debe invertirse cuando el modo de bombeo se conmuta al modo de producción y viceversa. Un sistema ternario aporta flexibilidad adicional, puesto que la bomba y la turbina están separados en el mismo eje. No es necesario ningún cambio de dirección.

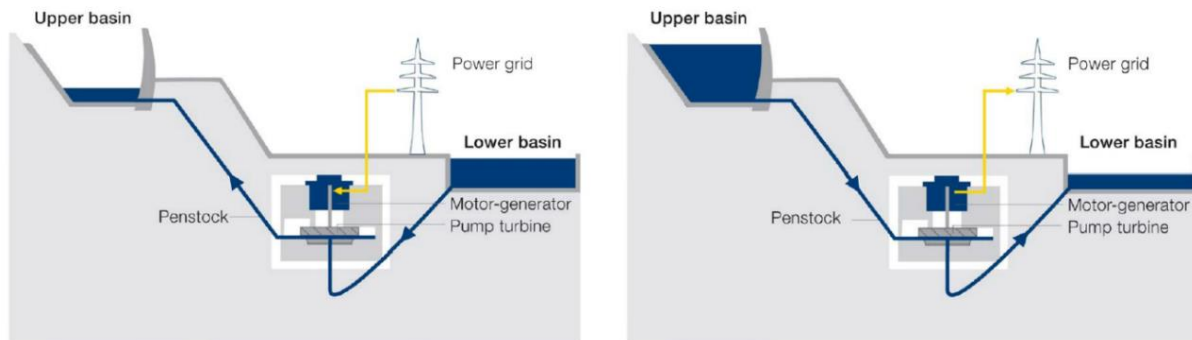


Figura 2-3 - Funcionamiento de PSH en el bombeo y el modo turbinado (fuente: Voith)

plantas de energía de acumulación por bombeo son operados en ciclos diarios y semanales (el tiempo de duración para la operación a plena capacidad se determina por la capacidad de almacenamiento del depósito superior) y están diseñados para proporcionar pico electricidad durante los períodos de alta demanda de electricidad. instalaciones hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo son actualmente los sistemas eficientes y de almacenamiento de energía a gran escala la mayoría, con eficiencia global típico (rendimiento del ciclo) en el intervalo de 70-85%.

Dependiendo de las condiciones topográficas e hidrológicas del sitio, embalses o lagos existentes pueden ser utilizados; si no hay depósito están disponibles deben crearse otras nuevas. En algunos casos, el depósito inferior es un río controlado por un vertedero o una planta de energía de pasada de río. Otros conceptos prevén el uso de depósitos subterráneos. El uso de minas abandonadas, cavernas, y depósitos de almacenamiento por el hombre ha sido investigada. Otra opción es el uso del mar como depósito inferior o superior, pero por el momento no es más que un ejemplo del agua de mar bombeada almacenamiento. Por último, a pequeña escala de almacenamiento por bombeo centrales hidroeléctricas pueden ser construidos dentro de las infraestructuras, tales como las redes de agua potable, esclusas de navegación e infraestructuras de nieve artificial artificiales.

las centrales hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo son consumidores netos de energía; la relación de la energía producida en la energía consumida para bombear el agua oscila entre 70% y 85%. Sin embargo, este inconveniente se compensa por la flexibilidad proporcionada por estas plantas. De hecho, se bombea la energía hidroeléctrica es actualmente la madurar, la forma más flexible y rentable de almacenamiento de energía mayor. Por lo tanto, el papel de las plantas de energía hidroeléctrica de acumulación por bombeo es doble: el equilibrio de la red para las fluctuaciones de la demanda y equilibrar las fluctuaciones de generación de guiado. Como las plantas de energía hidroeléctrica de tipo reservorio convencionales, las centrales de almacenamiento y bombeo pueden proporcionar toda la gama de servicios de la rejilla de estabilización.

2.6 Dentro de la corriente de las tecnologías y la energía hidroeléctrica en alta mar

Por último, es importante destacar que la generación hidroeléctrica no implica necesariamente obras civiles considerables. Dentro de la esfera de la tecnología se refiere a la utilización de turbinas hidrocínicas para cosechar la energía de

naturalmente el agua que fluye, tal como corriente, de marea, o el océano abierto fluye, sin impounding el agua. Esta tecnología se puede integrar en instalaciones existentes como vertederos, presas, canales o cae para generar electricidad. Estas instalaciones funcionan básicamente como un esquema de pasada de río.

Un importante potencial de desarrollo de las tecnologías in-stream incluye la energía hidroeléctrica en alta mar, que es un grupo menos establecido, pero cada vez mayor de tecnologías que utilizan las corrientes de marea o la fuerza de las olas para generar electricidad a partir del agua de mar. Más detalles sobre este y plantas hidropower de marea se discuten en el capítulo 12.

2.7 la energía hidráulica híbrida

Además de los cuatro tipos de centrales hidroeléctricas mencionadas anteriormente, es digno de mencionar el concepto de centrales híbridas. En este esquema de trabajo de energía hidroeléctrica con uno o más tipos diferentes de generación como una unidad integrada. plantas de energía híbridos pueden ocupar un solo sitio o comprender una microrred. plantas de energía híbridos pueden ser conectados a la red o ser alejadas de la red en zonas remotas, en las que constituyen la principal fuente de energía. En las plantas de energía híbridos, la energía hidráulica se puede combinar con energía solar o eólica para aumentar la estabilidad y la fiabilidad de la generación de electricidad. La hibridación permite que los paneles fotovoltaicos o turbinas de viento para producir energía cuando el sol o el viento está disponible, mientras que el ahorro de agua para la energía hidroeléctrica para completar intermitentes durante los tiempos cuando el sol o el viento bajar.

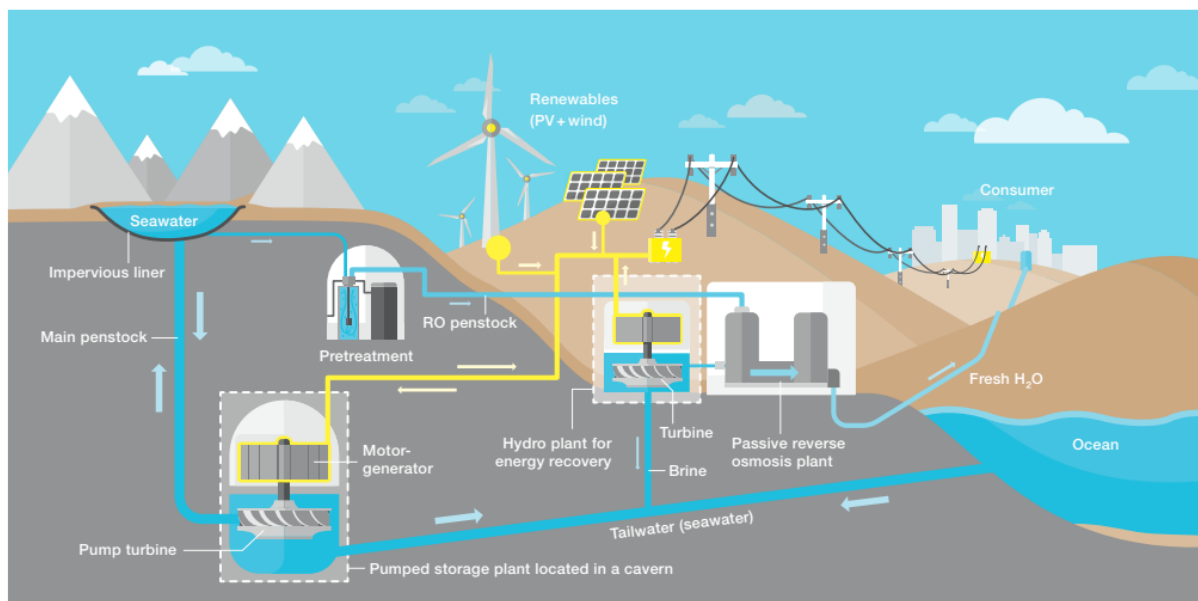


Figura 5 - ejemplificación de una planta de energía híbrida que combina el agua de mar bombeada almacenamiento, además de viento y / o solar generación de energía, con una desalinización (fuente: Voith)

Cuando acumulación por bombeo es posible, sino que también permite almacenar el exceso de energía y la demanda máxima cobertura. Otra de las ventajas de la hibridación es la posibilidad de utilizar la misma infraestructura eléctrica para ambos generadores, reduciendo así los costos generales de gastos de capital. Los beneficios adicionales se derivan por la combinación de la energía hidroeléctrica con fotovoltaica flotante, como la instalación de paneles solares en los espacios muertos de agua permite maximizar el uso de los recursos (aunque se debe prestar atención al impacto ambiental de la estructura flotante y sus anclajes). Por otra parte, cubriendo un área de superficie significativa en un cuerpo de agua, estos sistemas pueden reducir la evaporación y florecimiento de algas.

Los ejemplos anteriores se acaba de describir algunas de las muchas configuraciones posibles para la hibridación, mientras que otras opciones están sujetos a un mayor desarrollo. Estos son siempre adaptados a la demanda específica de los servicios de energía y / o agua.

3 Tipo de proyectos de energía hidroeléctrica

Las centrales hidroeléctricas requieren altas inversiones iniciales, pero tienen una vida útil más larga de cien años. Sin embargo, los equipos electromecánicos tienen una vida útil más corta. Por otra parte, alrededor del 60% del potencial económicamente viable en Europa ya ha sido explotado. Aumento de la producción hidroeléctrica se puede lograr no sólo mediante la construcción de nuevas plantas de energía (proyectos greenfield), sino también por reformar, reequipamiento y modernización de las infraestructuras existentes.

El principal tipo de proyectos de energía hidroeléctrica son:

- **Greenfield proyectos de energía hidroeléctrica puros;**
- **Renovación, modernización y mejora de proyectos;**
- **esquemas de usos múltiples.**

3.1 proyectos de energía hidroeléctrica puros Greenfield

Greenfield supone el desarrollo de proyectos de energía hidroeléctrica puros que identifican una ubicación adecuada y el diseño de una planta de energía hidroeléctrica que puede optimizar la producción de electricidad de acuerdo a las características topográficas específicas del sitio. En segundo lugar, es esencial investigar adecuadamente la historia a largo plazo y la variabilidad de los recursos hídricos a través de un área de modelación hidrológica en base a los mejores datos históricos combinados con las proyecciones del calentamiento global. Los efectos climáticos no implican necesariamente la disponibilidad de agua reducida. En algunos casos, la central hidroeléctrica puede tener que ser capaz de adaptarse y optimizar el uso de aumento de las lluvias o de entrada. A continuación, las investigaciones de la geología del sitio propuesto, incluyendo el riesgo sísmico, la disponibilidad de materiales y transporte de sedimentos especializada, son cruciales y puede ser de gran impacto costos, financiación y viabilidad. Sin embargo, cuestiones de ingeniería son sólo una parte de la ecuación. También es fundamental tener en cuenta las partes interesadas del proyecto, las comunidades locales y el medio ambiente desde los primeros pensamientos y discusiones sobre un nuevo desarrollo de energía hidroeléctrica. Esto implica dar la debida consideración a los impactos sociales y ambientales en todo el ciclo de vida del proyecto (incluidos los cambios en los alrededores de uso de la tierra y la propiedad) y de consultoría y las comunidades afectadas atractivas para que puedan recibir un beneficio neto del proyecto.

3.2 proyectos de mejora de renovación, modernización y

Renovación, modernización y mejora de las centrales antiguas es menos costoso, requiere menos tiempo y por lo general tiene un impacto ambiental y social más pequeña o incluso sin adicional de desarrollar una nueva planta de energía. Estos tipos de proyecto lo general consisten en la sustitución selectiva o la reparación de componentes en la casa de máquinas (tales como corredores, devanados del generador, gobernadores o paneles de control). Normalmente, las necesidades de equipos electromecánicos para ser reemplazado después de 30-40 años, mientras que las estructuras civiles duran más tiempo antes de requerir actualización. La vida útil total de una planta de energía hidroeléctrica supera los 100 años con un mantenimiento adecuado. proyectos de mejora, puede provocar aumentos incrementales en la generación de energía hidroeléctrica debido a las turbinas y generadores más eficientes. Además, reequipamiento la planta de energía utilizando equipos de generación con un rendimiento mejorado a menudo habilitado para responder a las demandas del mercado para, modos más flexibles en horas pico de operación. Por otra parte, las infraestructuras de la energía hidroeléctrica como tomas y sistemas de navegación (túneles, tuberías de presión) se pueden optimizar con el fin de reducir las pérdidas de agua y energía y por lo tanto aumentar la producción de energía.

3.3 esquemas de usos múltiples

esquemas de usos múltiples se refieren a la utilización de los embalses para proporcionar otros servicios más allá de la generación de electricidad. Los proyectos hidroeléctricos presentan múltiples oportunidades para crear valor ambiental y socioeconómico de sus comunidades y regiones anfitrionas. A través de esquemas de usos múltiples, embalses hidroeléctricos pueden contribuir a la gestión del agua adecuada, incluyendo el suministro de agua, inundaciones y la gestión de la sequía, el riego, la navegación, la pesca, los servicios ambientales y las actividades recreativas. Las presas se han construido más a menudo para servir solamente uno de los fines antes mencionados. Sin embargo, debido a la creciente demanda de estos servicios prestados, sus superposiciones espaciales y temporales, la creciente amenaza que supone el cambio climático y los objetivos nacionales e internacionales de sostenibilidad, construcción y / o adaptación de presas polivalentes se ha visto favorecido en los últimos años, ya que tienen varios fines con una sola instalación. infraestructura de agua multiusos abarca todos los sistemas de agua construidos, incluyendo presas, diques, depósitos y canales de riego asociados y redes de suministro de agua.

En un proyecto de usos múltiples una distinción se puede hacer entre los propósitos primarios y secundarios. los

propósito primario es la razón principal para iniciar la planificación y construcción, y que determina en gran medida el régimen financiero de una presa de usos múltiples. **usos secundarios** se han previsto o se atribuye como funciones adicionales para hacer una presa más rentables y tienen menos prioridad con respecto a la gestión operativa del depósito. Si la generación de energía hidroeléctrica es el objetivo principal, varios beneficios económicos y sociales pueden ser el rendimiento mediante la adición de otros usos, incluyendo:

- **almacenamiento de agua** durante los momentos de alta precipitación, para compensar la variación estacional y satisfacer la alta agua la **demanda de riego** durante todo el año;
- Proporcionar **suministro de agua fiable** para uso municipal e industrial del agua;
- usando depósito de almacenamiento a **mantener un canal de suficiente flujo de aguas abajo** para permitir la navegación compensando la variación estacional;
- la explotación de los embalses para públicamente **beneficios recreativos**, tales como canotaje, natación y la pesca;
- almacenar toda o una parte de las aguas de inundación y liberar estas controlados y lentamente con el tiempo a **inundaciones prevenir y sequía**.

Sin embargo, la generación de energía no puede ser el objetivo principal del proyecto. En este caso, las infraestructuras de generación de energía se pueden añadir para proporcionar electricidad dentro de los límites determinados por el uso principal. Este es el caso de las presas sin alimentación e infraestructuras existentes de gestión del agua.

Un proyecto de usos múltiples puede ser un proyecto de nueva creación o el resultado de la actualización de las infraestructuras existentes. En cualquier caso, mientras que la planificación de un proyecto de usos múltiples, es importante entender los propósitos del proyecto y su compatibilidad relativa; De hecho, los más compatibles esos diferentes usos, y el más largo y más en profundidad son las consultas antes de la puesta en marcha, más fácil se convierte en la gestión de un depósito. Tres tipo de conflicto puede surgir de proyectos de usos múltiples:

- **conflictos en el espacio** puede ocurrir si el volumen disponible del depósito tiene que ser dividido para el almacenamiento de agua para objetivos divergentes. largas discusiones entre todos los usuarios del agua, con el tiempo crear un consenso entre las partes interesadas.
- **conflicto en el tiempo** puede surgir cuando los patrones de uso del agua varían dependiendo de la finalidad, ya que las descargas de agua podrían ser óptima para un propósito, pero no para otro. En este caso se requiere el establecimiento de prioridades.

- **conflicto en la descarga** aparece si se requiere la liberación de agua para más de un uso consuntivo, al mismo tiempo, y la cantidad almacenada no es suficiente para todos ellos. Este es el caso cuando los propósitos de los embalses son la generación de energía y usos de consumo. Desde los comunicados para los dos propósitos pueden variar considerablemente durante el día, las cuencas de compensación pequeñas corriente abajo de la casa de máquinas se utilizan para mitigar las fluctuaciones en las emisiones para cumplir con diferentes demandas de potencia y asegurar el volumen de agua para usos de consumo.

Si bien los proyectos de usos múltiples a menudo generan mayores beneficios económicos para la comunidad de la infraestructura finalidad única, **que atrae a los inversores privados para financiar proyectos de usos múltiples es a menudo difícil, ya que son menos rentables para ellos. La razón de ello se establecen principalmente en la complejidad inherente de tratar con múltiples grupos de interés. Hay una necesidad de modelos de negocio sostenibles tanto para la financiación, operación y mantenimiento y la aparición de riesgos no previstos y las externalidades negativas.**

3.4 Alimentación de presas sin alimentación

Según registro ICOLD, aproximadamente el 20% de las grandes presas y embalses en el mundo no se utiliza para la generación de energía hidroeléctrica (Voith, 2017). Alimentación de las infraestructuras existentes ofertas un gran potencial para aumentar la generación de energía hidroeléctrica. La mayor parte de estas infraestructuras son relativamente pequeñas en tamaño y tienen cabezas bajas. proyectos potenciales requieren soluciones de bajo costo estandarizados con un impacto ambiental mínimo y sin necesidad de extensas obras civiles. Las pequeñas centrales hidroeléctricas turbinas que requieren un mantenimiento mínimo, los plazos de entrega bajos y facilidad de instalación, tales como la tecnología HYDROMATRIX® de Andritz Hydro y StreamDiver de Voith™, son una buena opción en este caso. Estos tecnología consisten en múltiples turbinas bulbo Kaplan idénticos en una matriz de cara al flujo de agua. Su ventaja es que las turbinas individuales en la matriz pueden ser recuperados para su reparación o en caso de condiciones de inundación inminente. También, dependiendo de la descarga del río en un momento dado, diferente número de turbinas pueden ser encendidos, lo que permite la descarga a través de uno a estar en el nivel óptimo (Asociación de Equipos de Hydro, 2015).

4 infraestructuras

4.1 instalaciones de almacenamiento y estructuras accesorias

4.1.1 Represa

Una presa es una estructura diseñada para retener el agua de un río. Hay dos tipos de presas:

- **presas de derivación**, cuales sistemas de uso de desvío para mantener la superficie del agua a nivel constante y evitar el cambio de régimen fluvial. presas de derivación, también llamados vertederos, se utilizan para centrales de pasada-río, el medio acuático, actividades recreativas, etc.
- **presas de retención** cuales crear una barrera para almacenar el agua en un depósito, cambiando así régimen de río y de mantenimiento de la superficie del agua a un nivel variable. presas de retención pueden ser construidos para dos tipos de depósitos:

a. **depósitos de suministro**, en la que el agua se extrae de la río para otros usos, tales como riego, la navegación, el agua potable, el uso industrial.

si. **depósito de regulación**, cuya función principal es la de regular el flujo de agua. En este caso, el agua se almacena y se libera en el río por diferentes razones, como el riego, protección contra inundaciones, prevención de la sequía, la compensación de las descargas de agua de las plantas de aguas arriba irregulares u otros usos.

La estructura de la presa se compone de un cuerpo acostado sobre una base construida sobre el lecho del río y las orillas del valle. Las pistas de la presa se denominan caras aguas arriba y aguas abajo, mientras que la cresta es la parte entre medio. Hay dos familias principales de presas de acuerdo con los materiales de construcción utilizados, a saber, **diques de contención y de hormigón**. **diques de contención** están hechos de tierra o escollera o una combinación de tierra y escollera, mientras **presas de hormigón** están construidos en hormigón convencional o en hormigón compactado con rodillo (RCC).

diques de contención están diseñados teniendo en cuenta las diferentes funciones de diseño, tales como la estanqueidad al agua, la estabilidad, el drenaje, la protección a la erosión y el envejecimiento, la filtración (por terraplenes), seguridad incluyendo sistemas de vigilancia y minimización de los impactos ambientales. Por otra parte, el diseño de la presa debe garantizar la capacidad de soportar carga de casos accidentales (debido a la estanqueidad al agua de drenaje dañado o ineficaz) casos extremos de carga (debido a las inundaciones o los terremotos de tiempo extremadamente largo períodos de retorno) y. Dado que, diques de contención están compuestos de cualquiera de relleno de tierra o una combinación de tierra y escollera, por lo general se construyen sobre bases suaves en las zonas donde gran cantidad de tierra o rocas están disponibles. Representan el 75% de todas las presas del mundo. La presa se construyó en el refugio del río por uno o dos ataguías. Una cortina de lechada o en la pared de membrana bajo el núcleo o debajo de la cara a la corriente se requiere a menudo estanco el fundamento y A menudo se combina con una cortina de aguas abajo de drenaje o alfombra (Figura 4-1). Impermeabilización se proporciona a menudo por una parte central hecho de tierra compactada llama un núcleo; en ausencia de tierra, el núcleo se sustituye por una cara a la corriente de hormigón (CFRD), un hormigón bituminoso aguas arriba o por una pared bituminoso central. El núcleo está rodeado por una o más capas de filtro para prevenir la erosión interna. Estabilidad es asegurada por los hombros, a ambos lados del núcleo, hecho de escollera, grava o tierra más resistente. Una capa de escollera en la cara a la corriente, llamado riprap, protege contra la acción de las olas. Sistema de vigilancia y los procedimientos operativos garantizan la seguridad. células de presión de los poros, desplazamientos puntos de referencia y Weir caudal de agua se controlan regularmente.

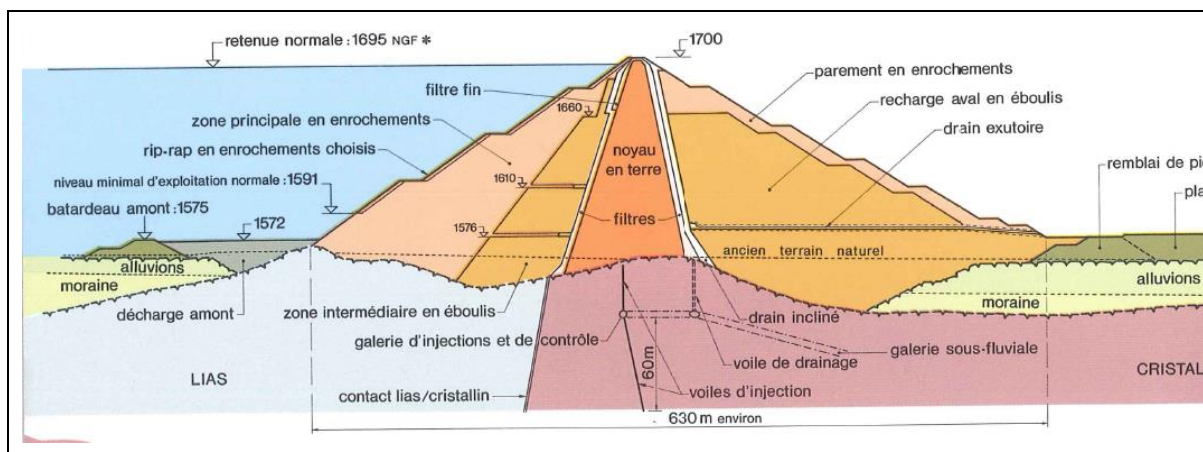


Figura 4-1 - Dique de contención con un núcleo de material impermeable (arcilla y limo)

presas bóveda son presas de hormigón que la curva de corriente arriba hacia el flujo de agua. Por lo general se construyen en valles estrechos, donde el arco puede transferir la fuerza del agua a las orillas del río. presas bóveda requieren mucho menos concreto que presas de gravedad de la misma longitud, pero requieren una base de roca sólida para soportar las cargas. En la base presa, una cortina de lechada reduce la filtración, mientras que una cortina de drenaje reduce las presiones de poro y la fuerza de levantamiento. Principales diseñadores son presa de arco en Europa. Este tipo de presa es muy resistente a cargas hidrostáticas y sísmicos. Sin embargo, se enfrenta a un problema cada vez mayor: el envejecimiento de hormigón, que causan grietas. El reto futuro para las próximas décadas es la demostración de su capacidad de recuperación.



Figura 4-2: Tignes arquee presa EDF (izquierda) y sección típica de una presa de arco (derecha)

presas de gravedad dependen por completo de su propio peso para resistir la tremenda fuerza del agua almacenada. En los primeros tiempos, algunas presas se han construido con bloques de mampostería o con contrafuerte, para ahorrar volumen. Hoy en día, es más barato para construir presas de gravedad por hormigón en masa, hormigón compactado con rodillo (RCC) o suelos tratados de cemento (Hardfill y CSD).

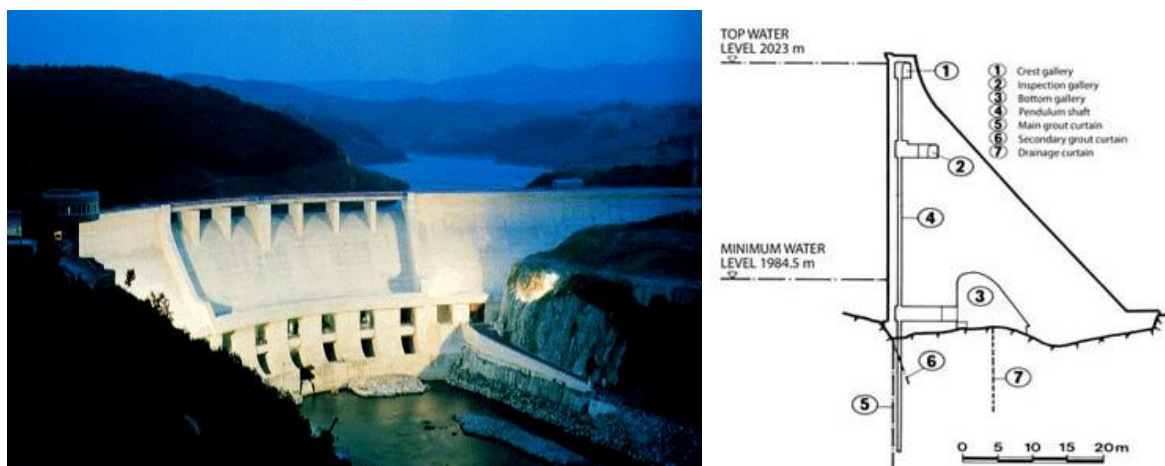


Figura 4-3: Presa de Villaverde gravedad (izquierda) y sección típica de una presa de gravedad (derecha)

Dirigido del río presas móviles son presas de gravedad construidas en el lecho del río específicamente para la energía hidroeléctrica, teniendo en cuenta las necesidades de navegación. Incluyen estructuras fijas y equipos hidromecánicos móvil. La estructura es una balsa que es compatible con pilares de hormigón en el lecho del río y de los pilares sobre los bancos, cubiertos por un puente de maniobra. Las partes móviles son puertas situadas entre los pilares de hormigón.

Las presas están equipadas con **estructuras accesorias** que permiten la reserva de agua, inundaciones y peces para pasar a través. Éstos incluyen:

- **estructuras de derivación** (canal, túneles o alcantarillas) para la desviación del río durante la construcción en el lecho del río;
- **tomas de estructuras** para el transporte de agua a la planta de energía;
- **desagües de fondo** para depósito de vaciado en caso de problema de seguridad;
- **estructuras de aforo** para controlar el nivel del depósito durante las inundaciones, con el fin de evitar el desbordamiento y el fracaso de la estructura;
- **pasajes de pescado o ascensores** para la migración de los peces.

4.1.2 estructuras de desvío

Durante la construcción, el río tiene que ser desviado para permitir la construcción de la presa en el cauce del río. Una vía alternativa se construye con el fin de pasar por alto el sitio de la presa y para evitar cualquier daño a las estructuras en construcción en caso de inundación.

Hay dos tipos principales de estructura: **túneles de desvío o canales (acueducto)**. Aunque las estructuras son temporales, una parte de ellos se puede utilizar durante el funcionamiento. Al final de la construcción, que están cerrados de forma permanente con los registros de parada o un tapón de hormigón, integrado en la salida del fondo o se utiliza como la toma de agua de la planta.

El túnel de desviación tiene tres partes: la toma de agua, el túnel y la salida. La ingesta de agua es una estructura de hormigón diseñado para producir una transición suave flujo del río para el túnel y a la obstrucción futuro impiden. El túnel de desvío o canal se construye en una orilla del río con el fin de eludir el sitio de la presa. La salida está conectada ya sea al río o a un cuenco amortiguador proporcionado a la energía cinética exceso de disiparse.

4.1.3 desagües de fondo

desagües de fondo generalmente realizar las siguientes funciones:

- el control de la subida de la masa de agua durante el primer llenado del depósito, antes de que se alcance el nivel de aliviadero alféizar;
- bajar el nivel del depósito para permitir que las estructuras que deben visitarse y mantenidos;
- el lavado de los sedimentos del fondo del depósito;
- derramar parte de las grandes inundaciones como aliviadero auxiliar.

salidas inferiores consisten generalmente en uno o más tubos de acero o de hormigón que cruzan la presa o galerías de pasar por la presa a través de las rocas. Ellos están cerradas aguas arriba por una válvula de guardia y aguas abajo por una válvula de control que permite variar la velocidad de flujo. Aguas abajo, el flujo se libera en el río a través de una estructura o el equipo de disipación de energía.

4.1.4 estructuras de aforo

UN **aliviadero** es una estructura de seguridad, diseñado para controlar el nivel del depósito y para liberar el exceso de agua de una manera controlada. El aliviadero permite inundación fluye a pasar a través de una presa sin la estructura o de sus fundaciones ser dañado por sumersión o socavación, y sin que el nivel del depósito durante los periodos de inundación que exceden los niveles predeterminados conocidos como los niveles máximos de agua. A aliviadero esencialmente tiene una o dos porciones: (1) una entrada para guiar el flujo, y (2) un canal inclinado en un canal de aire abierto o una galería para liberar el flujo (en el caso de las presas de arco, esta parte no lo hace existe).

Los principales tipos de **estructuras de entrada** son:

- **tipo frontal**, cuyo desbordamiento en Weir es paralelo a la corriente del río, es el estándar y la estructura más simple, con conexión directa desde el depósito de agua de descarga. A menudo se utiliza en la gravedad y presas bóveda.
- **canal lateral**, cuyo desbordamiento en Weir es perpendicular a la corriente del río, está justificada en aquellos lugares en vertedero frontal no es factible, por ejemplo, en earthfill presas.
- **tipo de eje**, cuyo overflow es radial, podría ser económico, siempre que el túnel de desviación se usa como la estructura de canal de descarga del eje. Se requiere la aireación a la vibración de inhibición, la cavitación y el reflujo de aire. Podría ser vulnerables a la obstrucción por los escombros y los árboles.
- **tipo orificio**, utilizado para el vaciado del depósito.
- **tipo laberinto**, de la que la anchura de flujo de superficie libre es de 3-5 veces la anchura del aliviadero, tiene la ventaja de aumentar varias veces el flujo de descarga en comparación con un vertedero frontal para un nivel de depósito dado.

los **rampas** podría ser:

- de largo y aliviadero liso (a lo largo de diques de contención o en pilares), transmisora de flujo con alta velocidad. Particular atención tiene que ser pagado a la cavitación, debido a la muy alta velocidad de flujo que puede generar presiones negativas por debajo de la presión de vapor de agua.
- vertedero de cascada (en la cara aguas abajo de presas de gravedad), la disipación de energía en las escaleras de hormigón.
- ausente, la entrada es la salida en la cresta de presa de arco, induciendo una nuca caer en una cuenca de disipación o en el agua de descarga.

Los aliviaderos se pueden clasificar de acuerdo con: tipo de flujo (flujo libre o flujo presurizado), la posición (colocado en la presa o separados) y control de flujo (con o sin puertas).

los **puertas** tener dos funciones; En funcionamiento normal, el nivel de agua se mantiene generalmente en el nivel más alto posible a fin de maximizar la cabeza agua. En condiciones de inundación, la sección de paso abierto

debe ser lo más grande posible. Las puertas están situadas generalmente en la cresta del aliviadero para la regulación del nivel del depósito. Las puertas están hechas de chapa metálica soldada, ya sea de accionamiento mecánico o hidráulico. Actualmente se utilizan tres tipos de puertas:

- **compuertas radiales** son los más frecuentes en las estructuras grandes, porque son fáciles de mover;
- **puertas verticales** requieren dispositivos de elevación pesados y ranuras grandes y resistentes;
- **puertas de aleta** se utilizan para cabezas pequeñas y grandes longitud de derramamiento. Se pueden añadir en la parte superior de compuertas radiales para el control fino del nivel del depósito y para la liberación de agua de la superficie bien oxigenada.

apertura de puerta puede ser un problema en las condiciones de inundación extremas, principalmente debido a las interferencias con los desechos, avería de alimentación o incidente mecánico. En consecuencia, las puertas deben ser especialmente aseguradas contra un posible fracaso: simple, fiable, fuente de alimentación de copia de seguridad, probado con regularidad y fácil de mantener. Las ventajas de aliviaderos cerrados son el control fino de nivel del depósito, gran capacidad de descarga, el nivel de almacenamiento más y más alto cabeza en las turbinas. Las desventajas son la pérdida de fiabilidad en comparación con el vertedero libre y costos adicionales para la construcción y mantenimiento. En conclusión, las puertas se utilizan principalmente para las grandes presas, grandes inundaciones y grandes equipos de mantenimiento.

Una combinación de aliviaderos gated-un y cerrados, la adición de las ventajas de ambos, es el uso de puertas de fusibles. Una puerta de fusible es un componente de hormigón o de acero (bloque, placa, solapa) situado en la presa cresta, que se vuelve inestable y se arrastra por el único gravedad si el depósito alcanza un nivel de umbral. La puerta de fusibles no se basa en la fuente de alimentación, o la acción humana y puede ser considerado como un sistema de control de inundaciones muy fiable. Sin embargo, las puertas de fusibles pueden generar un aumento notable y repentino de la descarga, y necesitan ser reemplazados después de la inundación.

4.1.5 estructuras de disipación

La energía se disipa casi siempre por una desaceleración repentina del flujo hacia abajo y un cambio concomitante desde super-crítico a condiciones subcríticas. Esto se logra en una de dos maneras. Toda la distancia sobre la cual el flujo es super-crítico puede ser canalizado, y el cambio a la condición sub-crítico en una estructura, por lo que llaman la cuenca salto hidráulico, cuya geometría se determina de la teoría y las pruebas físicas. Alternativamente, el flujo turbulento puede ser lanzado en el aire por encima del canal del río como un chorro o nappe. El cambio en las condiciones de flujo se produce en el foso de erosión o sumergirse en la piscina. Un foso de erosión es adecuado si se forma de manera natural con el primer derrame y por lo tanto crece lentamente lo suficiente como para no poner en peligro la estabilidad de la presa o el valle cercano.

4.1.6 tecnologías de paso

Hay una amplia variedad de especies de peces, pero en términos de su movilidad natural que se pueden separar en tres categorías principales:

- **peces que no dejan el río;**
- **peces que viven en el mar y llegan hasta los ríos para reproducirse;** y
- **peces que viven en los ríos y descienden hasta los océanos para reproducirse.**

Las estructuras para la migración de peces se refieren a los peces migran río arriba (como el salmón). Hay cuatro tipos de ellos:

- **escala de peces para bajo presa cabeza, río artificial con una pendiente muy ligera (de 3 a 5%), son más eficaces que es el canal lateral de edad donde el agua se frena por paredes transversales.**

- ascensor peces para alta presa cabeza es un tanque equipado con un sistema de elevación mecánica que mueve peces de aguas abajo a aguas arriba. Los peces son atraídos al tanque por la corriente de llenado del tanque.
- pasa pescado para presas de cabeza media (<30-46m) son sucesión de piscinas conectadas por presas de rebosadero, ranuras verticales u orificios sumergidos, que distribuyen la cabeza sobre gotas sucesivas de 10 a 40 cm.
- peces de bloqueo tiene dos cámaras conectadas por una galería inclinada. Fish se mueven hacia arriba desde la cámara de aguas abajo a la cámara de aguas arriba mediante el cierre de la válvula de aguas abajo.

En este tema se amplía en el capítulo 11.1.

4.2 sistema de conducción de agua

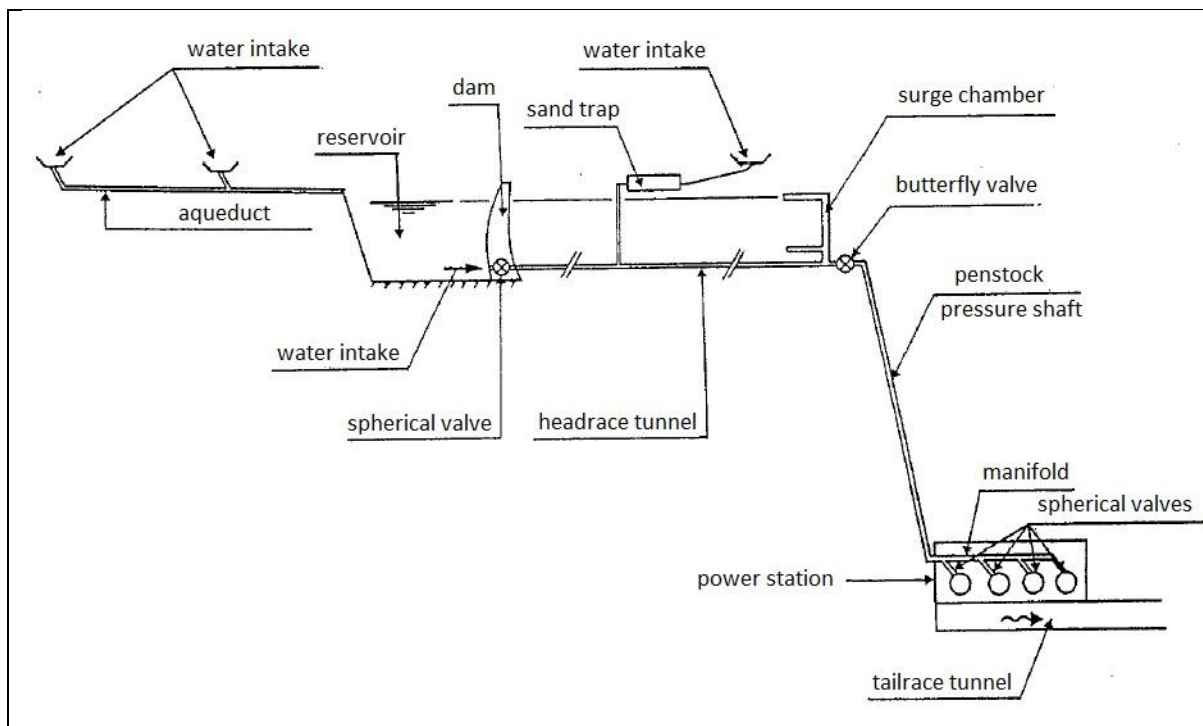


Figura 4-4 - sistema de conducción de agua para energía hidroeléctrica

4.2.1 Las tomas de agua

La ingesta de agua estructuras están diseñadas para tomar agua de un río o depósito para suministrar las turbinas de la planta de energía, mientras que la eliminación, en la medida de lo posible, los sólidos llevados a cabo por el agua. Las tomas de río generalmente tienen tres partes principales: (1) una entrada diseñada para maximizar la velocidad de flujo, (2) una puerta para controlar la velocidad de flujo derivado y (3) de sólidos instalaciones de eliminación para tomar el agua y la liberación en el río los sedimentos. La entrada consiste en una estructura de hormigón que dirige el flujo de un umbral para el canal de aducción o túnel o tubería de carga. Las tomas de agua suelen estar equipados con puertas verticales o en los registros de parada verticales que se utilizan para aislar el circuito hidráulico para el mantenimiento. Entre los tres tipos utilizados en la actualidad, las compuertas radiales son los más frecuentes en estructuras de gran tamaño, ya que son fáciles de mover; puertas verticales requieren dispositivos de elevación pesados y ranuras grandes y resistentes, mientras flaps puertas se utilizan para cabezas pequeñas y grandes longitud derramamiento. Las instalaciones de eliminación de los sólidos están diseñados para eliminar las cargas suspendidas (arcilla y limo), cargas de cama (grava y arena) y escombros. Los escombros, como maderas flotantes, son

detenido por el auge de registro y pantallas. Un auge del registro es un cable flotante, se extendía a través del río, aguas arriba de la toma de agua. Una pantalla de malla grande se encuentra en la entrada del canal de desviación o run-of-river planta. El espaciamiento de las barras es un compromiso entre la protección de los peces y la limitación de las pérdidas de carga. La limpieza de las pantallas está asegurada, ya sea por un filtro de estante basura automático para cuerpos pequeños o por palas mecánicas equipadas con cucharas. Una cuenca grava situada justo aguas arriba desde el depósito es una cuenca almacenar la grava. La grava se borra al año o después de cada inundación grande por una pala mecánica. Una trampa de grava es un canal lateralmente colocado en la punta de aguas arriba del vertedero, en el que cae la grava. La grava se descarga mediante la apertura de una puerta que se vuelca hacia fuera. La arena se elimina en las cámaras de asentamiento o pases de arena. La cámara de sedimentación consiste en un recipiente con una sección transversal de flujo significativamente mayor que la del canal de aducción de modo que la velocidad del agua es baja suficiente para que los granos en suspensión se depositen en la parte inferior de la pasada de arena. Los granos depositados en la parte inferior de la cámara son evacuados periódicamente en el lecho del río a través de una galería de descarga, por el funcionamiento de un orificio cerrado. Para prevenir la sedimentación y la retención de grava en un depósito, una pequeña presa puede ser construido en el extremo aguas arriba del depósito. La presa se sumergió bajo las inundaciones y la arena y la grava se instalará detrás de esta presa. Un túnel sin pasar por el depósito puede ser utilizado para transportar los sedimentos de aguas abajo de la presa principal. Los granos depositados en la parte inferior de la cámara son evacuados periódicamente en el lecho del río a través de una galería de descarga, por el funcionamiento de un orificio cerrado. Para prevenir la sedimentación y la retención de grava en un depósito, una pequeña presa puede ser construido en el extremo aguas arriba del depósito. La presa se sumergió bajo las inundaciones y la arena y la grava se instalará detrás de esta presa. Un túnel sin pasar por el depósito puede ser utilizado para transportar los sedimentos de aguas abajo de la presa principal. Los granos depositados en la parte inferior

4.2.2 Suministro de obras, de aducción y el canal de descarga

obras de suministro conectar una toma de agua a la entrada del canal de toma de una central hidroeléctrica. Pueden ser de flujo de superficie libre en un canal o una galería, o el flujo a presión en una galería excavada en la roca o construida de hormigón armado en el aire abierto.

Si las plantas de energía lleva a cabo una función de ajuste de la frecuencia o el poder, debe ser capaz de modificar al instante la potencia que suministra, y esto sólo es posible con un flujo a presión en la galería. Por el contrario, si la planta sigue un programa de producción predeterminado, que puede ser suministrada por canales de flujo de superficie libre. variaciones de caudal son posibles en el canal mediante la operación de las válvulas de alimentación de canal, pero no son instantáneas.

los tailrace túneles o el canal tailrace conectar la salida de la turbina para el lecho del río. Es ya sea al aire libre para las plantas al aire libre o en galerías de plantas caverna subterránea. En la mayoría de los casos está libre fluyendo. La longitud de las obras tailrace depende del tipo de esquema de energía hidroeléctrica. Para las plantas situadas en el lecho del río o al pie de la presa, la longitud es corta, mientras que para instalaciones de cabeza bajo cuya planta está en un canal de desviación, la longitud del canal de liberación puede ser del mismo orden de magnitud que la de la canal de entrada.

Los canales tienen una forma trapezoidal. Se hacen a menudo en el relleno y, a veces son excavados en el suelo. Las pendientes de los canales dependen de las características mecánicas de los materiales. La velocidad del agua en el canal está diseñado de modo que no causa la erosión del material superficial. losas de hormigón armado o pavimento de hormigón bituminoso mejorar la fuerza de la orientación y la velocidad de flujo admisible en el interior del canal.

Las galerías pueden ser circulares para minimizar esquejes o en forma de herradura para facilitar los trabajos de excavación. Dependiendo de la rugosidad, la fuerza y la permeabilidad de la roca, la galería puede estar sin revestir, cubierto con hormigón proyectado, hormigón ordinario o de hormigón armado. La solera está casi siempre cubierto de hormigón. Si la galería es muy profundo, la presión externa del suelo puede convertirse Se requiere un apoyo considerable y pesado antes del hormigonado del revestimiento. En muchos casos, el contacto entre el revestimiento de hormigón y la roca circundante se llena con inyecciones de cemento.

4.2.3 Compuertas, ejes de presión y depósitos de desbordamiento

tuberías de presión o ejes de presión son tubos que conectan el extremo del canal de aducción / túnel a las turbinas o bombas de una planta de energía hidroeléctrica. Experimentan una presión próxima a la altura de caída. Están hechas de tubos de acero, hormigón armado y, a veces de plástico o materiales compuestos. La conexión entre las estructuras de admisión y tuberías de presión / túneles de presión o bien se hace con una chimenea de sobretensión o por una cámara de compensación si el canal de admisión es de flujo libre, para reducir la sobrepresión debido a golpes de ariete en la tubería de carga y en el túnel de conducción, causada por la carga repentina (flujo) cambia. La chimenea oleada es generalmente un tanque cilíndrico vertical excavada en la roca.

En la punta corriente abajo de la tubería de carga, justo aguas arriba de la casa de máquinas, el colector es el tubo que divide el flujo en tantas tuberías de presión como las turbinas. Cada canal de toma llegar a la casa de máquinas está equipado con una válvula de mariposa o una válvula esférica para cerrar el flujo.

4.3 Central eléctrica

Una central eléctrica incluye esencialmente:

- un **bahía de erección** utilizado para el montaje de las turbinas y generadores antes de la instalación;
- un **sala de máquinas** (o sala de máquinas) en la que se instalan todas las turbinas y generadores;
- un **habitaciones del sótano** de alojamiento turbinas y tubo de aspiración, en caso de unidades de eje vertical;
- un **sala de control** acoger el sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos), así como (parte de) el control, la supervisión y señalización;
- un **sala de transformadores** o de la bahía; y
- (**salas auxiliares** salas eléctricas, galería de drenaje, sistemas de refrigeración, etc.).

El equipo principal en la casa de máquinas, excepto las turbinas, es la grúa puente utilizado para erigir y desmontar las unidades. Las dimensiones de la habitación se determinan por el tamaño de la mayor pieza de equipo para movimiento. A veces, la altura potencia puede ser reducida mediante la sustitución de la grúa con una grúa de pórtico al aire libre que opera turbinas o bien al aire libre (de plantas al aire libre) o después de la eliminación de techo móvil de la planta. Cuando la topografía, la geología de la geología o las condiciones hidráulicas no son adecuados para instalar una potencia al aire libre y tuberías de presión en la ladera valle, la central eléctrica está construido en una caverna.

5 equipos electromecánicos

fabricante de equipos hidromecánicos están bajo presión fuerte y creciente para innovar. En Europa, la agenda de descarbonización de la UE se requieren mejoras de equipo hidráulico, mientras que otros fabricantes en el extranjero están amenazando con tomar la cuota de mercado de un sector que es una valiosa fuente de ingresos de exportación de la economía europea.

El mercado de las grandes centrales hidroeléctricas está dominado por unos pocos fabricantes de equipos de gran tamaño y una serie de proveedores de componentes y sistemas auxiliares. Durante las últimas décadas, no hay grandes avances pero continuos desarrollos se han producido en la máquina de base; la tecnología informática y la digitalización han dado lugar a mejoras significativas en muchas áreas, tales como el monitoreo, diagnóstico, protección y control. Operadores, fabricantes y proveedores deben invertir importantes recursos en investigación y desarrollo (I + D) a los avances se reúnen en el funcionamiento y la tecnología y hacer frente a la competencia del mercado. Además, las grandes centrales hidroeléctricas pueden tener un impacto considerable en los aspectos ambientales y socioeconómicos a nivel regional. Por lo tanto, el vínculo entre la industria, la I +

A diferencia de las plantas grandes, las instalaciones hidroeléctricas de pequeña escala comprenden una gran variedad de diseños, de disposiciones, equipos y materiales. Por lo tanto, las tecnologías del estado de la técnica, el conocimiento y la experiencia de diseño son clave para aprovechar al máximo los recursos locales a costos competitivos y sin significativo impacto ambiental adverso.

ofertas de mejora de una manera de maximizar la energía producida a partir de centrales hidroeléctricas existentes y puede ofrecer una oportunidad menos costosa para aumentar la producción de energía hidroeléctrica. Las ganancias de entre el 5% -10% en la producción y aún más en la capacidad de pico son objetivos realistas y rentables para la mayoría de las centrales hidroeléctricas. Las ganancias potenciales también podrían ser mayores en los lugares donde no presas generadoras están disponibles. La inversión en proyectos de repotenciación, sin embargo, implica riesgos, tanto técnicos como legales (por ejemplo, los riesgos asociados con la re-licencia de las instalaciones existentes, hace a menudo diseñados varias décadas, con registros limitados de documentación técnica). Como resultado, un potencial significativo se deja sin explotar. Sin embargo, las tecnologías actuales permiten un análisis preciso de la geología y la hidrología, así como evaluaciones precisas de las ganancias potenciales.

5.1 turbinas

máquina de energía hidroeléctrica, turbina de agua o turbina hidráulica son las designaciones usadas para una máquina que convierte directamente la energía hidráulica en un flujo de agua a la energía mecánica en el eje de la máquina. Esta conversión de potencia implica pérdidas que surgen en parte en la propia máquina y en parte en los conductos de agua hacia y desde la máquina.

El tipo específico de turbina para ser utilizado en una planta de energía no se selecciona hasta que todos los estudios operacionales y estimaciones de costos se han completado. La selección de la turbina depende en gran medida de las condiciones del lugar, como el flujo de agua y la cabeza hidráulica. Hay una gran variedad de diseños, que son adecuados para diferentes aplicaciones. la selección de la turbina también debe incluir una comparación de la eficacia relativa de los tipos de turbina y su funcionamiento en todas las condiciones, especialmente bajo flujo reducida. Las turbinas pueden ser divididos por su principio de funcionamiento:

- **turbina de impulso**, que son accionados por un chorro de alta velocidad (o múltiples chorros) de agua. Hay tres tipos principales de turbina de acción en uso: la **Pelton**, el **Turgo**, y el **Flujo cruzado turbina**.

- **turbina de reacción**, cuyo rotor está totalmente sumergido en el agua y está encerrado en una carcasa de presión. Los álabes están perfilados de modo que las diferencias de presión a través de ellos imponen las fuerzas de elevación, al igual que en las alas de aviones, lo que causa que el corredor más rápido de rotación que es posible con un chorro. Los dos tipos principales de turbina de reacción son la

Francis turbina (el más común) y el Hélice turbina con sus variantes

Kaplan (más común), Bombilla, Straflo y

Tubo tipo. Otro tipo de turbina de reacción son las **hidrocínicas** o **flujo libre**

turbinas sin ninguna carcasa de presión y tubo de aspiración.

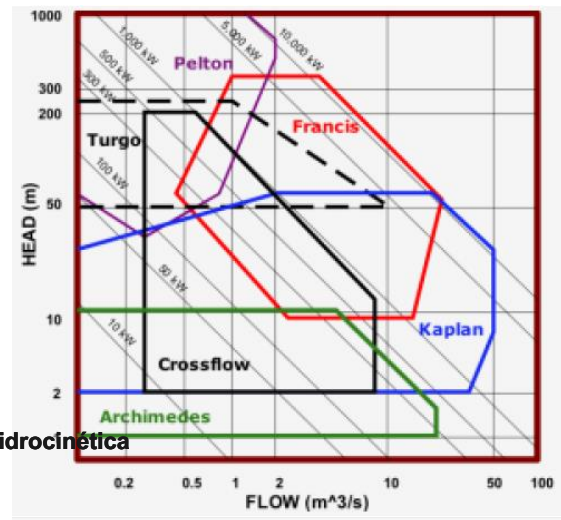


Figura 5-1 - Uso de tipos de turbina por cabeza altura, descarga, o la capacidad

- **turbina de la gravedad**, que es accionado simplemente por el peso del agua que entra en la parte superior de la turbina y caer a la parte inferior, donde se libera - por ejemplo, un enchufe de pesca **rueda de agua** o un **Tornillo de Arquímedes**. Estos son inherentemente máquinas de baja velocidad.

Los intervalos aproximados de cabeza, flujo y potencia aplicable a los diferentes tipos de turbinas se resumen en la tabla 5-1 y la figura 5-1. Estos se superponen, sólo una indicación aproximada y dependen del diseño preciso de cada fabricante, así como de los detalles específicos de un sitio.

clasificación de la cabeza	Impulso	Reacción	Gravedad
Alta (> 50 m)	• Pelton • Turgo	• Francis	
Medio (10-50 m)	• Flujo cruzado • Turgo • Multi-jet Pelton	• Francis	
Baja (<10 m)	• Flujo cruzado • noria undershot	• Alden • Hélice • Kaplan • Francis • Bulbo • Straflo • Flujo libre	• noria overshot • Pitchback Noria • Breastshot Noria • Tornillo de Arquímedes

Tabla 5-1 - Clasificación de las turbinas

Una turbina de agua corriente a una cierta velocidad dibujará un flujo particular. Si no hay suficiente flujo en el río para satisfacer esta demanda, la turbina podría empezar a drenar el río y su rendimiento se degrada rápidamente. Por lo tanto, o bien se tiene que cerrar, o tiene que cambiar su geometría interna - un proceso conocido como regulación. turbinas Regulados pueden mover sus paletas de guía de entrada y / o álabes del rodete con el fin de aumentar o reducir la cantidad de flujo dibujar. La eficiencia de las turbinas diferentes, inevitablemente, reducir, ya que consumen menos flujo.

Un factor significativo en la comparación de diferentes tipos de turbinas es sus eficacias relativas, tanto en su punto de diseño y en los flujos reducidos (véase la figura 5-2). Por ejemplo, Pelton y Kaplan turbinas conservan muy altas eficiencias cuando se ejecuta por debajo de flujo de diseño; mientras que la eficiencia de flujo cruzado y Francis turbinas cae más rápidamente si se ejecuta por debajo de la mitad de su flujo normal. En las últimas décadas, se hizo un gran progreso en el desarrollo de la turbina. No ha habido una tendencia hacia más grandes unidades de turbinas, eficiencias pico más altas y actuaciones hidráulicas, por ejemplo, una mejor eficiencia en todo el rango de funcionamiento (cabeza / descarga).

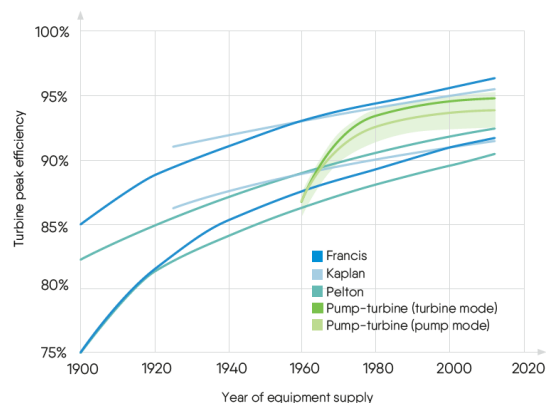


Figura 5-2 - Evolución de la máxima eficiencia de la turbina en los últimos años (fuente: Eurelectric / VGB PowerTech, la energía hidroeléctrica Fact Sheets, 2018)

5.1.1 Las turbinas de impulso

La turbina de impulso generalmente utiliza la velocidad del agua para mover el corredor y lo descarga a la presión atmosférica. La corriente de agua golpea cada cubo en el corredor. No hay succión en el lado negativo de la turbina, y el agua fluye hacia fuera de la parte inferior de la carcasa de la turbina después de golpear el corredor. Una turbina de impulso es generalmente adecuado para alta cabeza, aplicaciones de bajo caudal.

Las turbinas Pelton

La rueda Pelton es una turbina de tipo de agua de impulso, la extracción de energía desde el impulso del agua en movimiento. El agua se dirige con alta velocidad a través de boquillas contra los cubos, dispuestos alrededor del borde circunferencial de una rueda de accionamiento - el corredor. El diseño del eje puede ser o bien en posición horizontal en combinación con uno o dos inyectores por corredor, o en posición vertical con hasta seis boquillas por corredor. turbinas Pelton son la solución para las altas cabezas de hasta 1.800 m. Las unidades con salidas de hasta

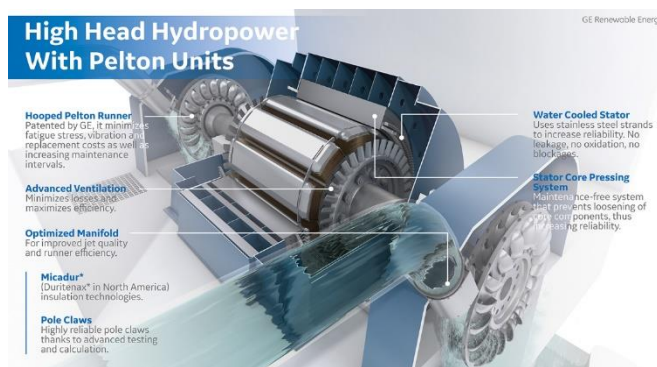


Figura 5-3 - turbina Pelton (fuente: GE)

a 800 diámetros MW y corredor hasta 5 m han implementado con éxito.

La simulación de flujo de turbinas Pelton es de lejos el más complejo y difícil de todas las simulaciones de turbomaquinaria hidráulicos. turbinas Pelton implican una serie de características de flujo especiales que son extremadamente difíciles de simular. El jet-cubo-interacción es totalmente transitoria y depende de la geometría en movimiento de los cangilones. Aún más difícil es el sistema de múltiples fases de aire y agua que gobierna la formación del chorro libre y el flujo a través de los cubos. En el pasado, el desarrollo de una simulación de flujo que permitiría un análisis realista de estos fenómenos parecía ser una tarea imposible.

Una rueda Pelton puede tener uno o más libre chorros de descarga de agua en un espacio aireado y que inciden sobre los cubos de un corredor.

Proyecto de tubos no se requieren para turbina de impulso desde el corredor debe estar situado por encima de la del agua de descarga máxima para permitir la operación a presión atmosférica.

Turgo Turbinas

Turgo turbina es una variación de la turbina Pelton, donde el agua no hace presión cambio, pero cambia de dirección cuando se mueve a través de los álabes de la turbina. la energía potencial del agua se convierte en energía cinética con una tubería de presión y la boquilla. La turbina Turgo es similar a la Pelton pero el chorro golpea el plano de la corredera en un ángulo (típicamente 20° a 25°) para que el agua entra en el corredor en un lado y las salidas por el otro. Por lo tanto, la velocidad de flujo no está limitada por el fluido descargado interferir con el chorro entrante (como



Figura 5-4 - Turgo turbina (fuente: Wasserkraft

es en el caso de turbinas Pelton). En consecuencia, una turbina Turgo puede tener un corredor de menor diámetro y girar más rápido que un Pelton para una tasa de flujo equivalente. turbinas Turgo son la turbina preferido para la energía hidráulica cuando la fuente de agua disponible tiene una cabeza hidráulica relativamente alta a velocidades de flujo bajas. Estas turbinas alcanzan eficiencias operativas de hasta el 87% (menos de Pelton).

El corredor es menos caro de fabricar que una rueda Pelton y que no necesita una carcasa hermética al igual que las turbinas Francis. Por otra parte, la Turgo tiene velocidades específicas más altas y al mismo tiempo puede manejar mayor cuántica de los flujos que una rueda Pelton del diámetro similar, lo que lleva al generador reducida y el costo de instalación. turbinas Turgo operan en un rango de cabeza, donde la superposición Francis y Pelton. Turgo instalaciones son generalmente preferidos para pequeños proyectos hidroeléctricos que el bajo coste es muy importante.

Las turbinas de flujo cruzado

Una turbina de flujo transversal es en forma de tambor y utiliza un alargado, de sección rectangular boquilla dirigida contra paletas curvadas sobre un corredor de forma cilíndrica. Se asemeja a un soplador de "jaula de ardilla". La turbina de flujo cruzado permite que el agua fluya a través de las cuchillas de dos veces. La primera pasada es cuando el agua fluye desde el exterior de las palas hacia el interior; el segundo pase es de la parte de atrás en el interior. Una paleta de guía en la entrada a la turbina dirige el flujo a una porción limitada del corredor. El flujo transversal fue desarrollado para acomodar los flujos de agua más grandes y cabezas más bajas que la Pelton. Turbina de flujo transversal está hecha de cabezas de entre 2,5 y 200 metros y está disponible con potencias de hasta 5 megavatios.

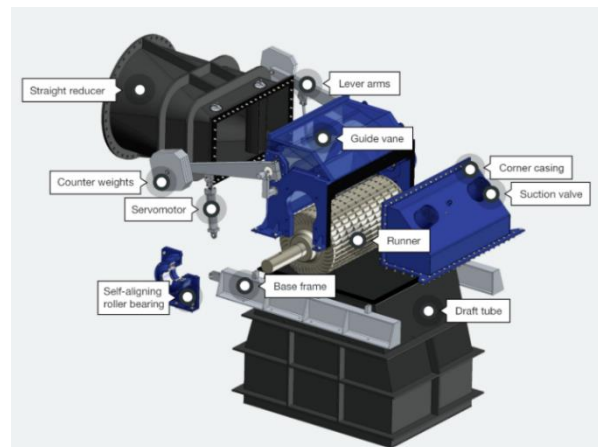


Figura 5-5 - Cross-flujo de la turbina (fuente: Ossberger)

Se inicia la producción de energía ya con una muy pequeña cantidad de agua y excepcionalmente se ocupa de diferentes flujos. Esto puede lograrse con dos células en el interior de la turbina de trabajo independientemente uno de otro. Se necesita sólo el 5% del caudal de diseño para la célula más pequeña para iniciar la turbina. Flujo cruzado

Las turbinas están en funcionamiento casi todo el año, e incluso cuando otros tipos de turbinas ya se han detenido.

5.1.2 Turbinas de reacción

Una turbina de reacción genera energía a partir de la acción combinada de presión y agua en movimiento. El corredor se coloca directamente en la corriente de agua que fluye sobre las palas, en lugar de golpear cada una individualmente. Las turbinas de reacción se utilizan generalmente para los sitios con menor cabeza y flujos más altos que en comparación con las turbinas de acción.

Las turbinas de hélice

Una turbina de hélice tiene generalmente un corredor con tres a seis palas en la que el agua está constantemente en contacto con todas las cuchillas. A través de la tubería, la presión es constante; si no lo es, el corredor estaría fuera de equilibrio. El paso de las palas puede ser fijo o ajustable. Los componentes principales, además de la carcasa, son un caso de desplazamiento, álabes, y un tubo de aspiración. Hay varios tipos diferentes de turbinas de hélice:

- Alden turbinas
- turbinas bulbo
- turbinas Kaplan

Alden Turbinas

Una de las nuevas mejoras en la tecnología de paso de peces proviene del desarrollo de un innovador concepto de corredor por el Laboratorio de Investigación de Alden. La turbina de Alden cuenta con una velocidad de rotación más lenta y sólo tres palas, con el fin de reducir la mortalidad de los peces debido a la huelga de la hoja.

Las formas de cuchilla están diseñadas específicamente para mejorar el ambiente de paso de los peces a través de las turbinas minimizando el cizallamiento, las tasas de cambio de presión y presiones mínimas dentro del paso de agua. Dependiendo de la especie, se espera que las tasas de supervivencia de peces a gran escala en un rango de 98% a 100%.



Figura 5-7 - turbina Alden
(Fuente: Voith)

Los beneficios clave de turbinas de Alden incluyen una probabilidad reducida por huelga, optimizar el número de álabes de la turbina, álabes y paletas de estancamiento, así como mejorar el perfil hidráulico de los componentes de la turbina y la velocidad de rotación. La turbina también tiene características optimizadas de geometrías de paso de agua para satisfacer especificados criterios de paso de los peces.

Las turbinas de bulbo

Las turbinas de bulbo son soluciones adecuadas para muy baja la cabeza y bajo de salida; que tienen un diámetro corredor de hasta 8,5 m, una salida de hasta 80 MW una gama cabeza desde 0,5 m hasta 30 m. La turbina y el generador son una unidad de sellado se coloca directamente en la corriente de agua (véase la figura 5-8). El término "bulbo" describe la forma de la carcasa a prueba de agua que contiene un generador sobre un eje horizontal. El generador se encuentra en una carcasa a prueba de agua llamado el "bulbo".



Figura 5-8 - turbina de bulbo (fuente: GE)

La aplicación de las unidades de la bombilla y de la turbina pozo tiene ventajas únicas. Su diseño proporciona una buena accesibilidad a los diversos componentes y asegura la fiabilidad y larga vida útil. La característica más importante de una turbina de bulbo es el posicionamiento horizontal del eje, en la dirección del flujo, lo que resulta en tamaño y construcción reducidos costes en comparación con una disposición de árbol vertical.

Después de la admisión, el agua pasa a través de los álabes móviles, que son otro dispositivo además del corredor para ajustar la descarga de agua y, como resultado, la salida de la turbina. Las palancas y enlaces conectan los álabes al anillo de regulación, que se mueve por dos servomotores de doble efecto. Después de pasar el corredor, el agua sale de la turbina a través del tubo de aspiración.

Una mayor eficiencia a plena carga y las capacidades de flujo más altas de turbinas bulbo y minas a cielo pueden ofrecer muchas ventajas con respecto a las turbinas Kaplan verticales. En la evaluación global de un proyecto bajo la cabeza de hasta el 30 m, la aplicación de las turbinas de bulbo / de pozo resulta en una mayor energía anual y bajar los costos de construcción relativos. Por otra parte, con algunas disposiciones especiales de diseño, las unidades del bulbo puede ser operado en el modo de bomba, cuando la rotación se invierte.

Las turbinas Kaplan

turbinas Kaplan se utilizan principalmente para cabezas inferiores de hasta 90 m y una salida de la unidad de hasta más de 230 MW. El grado de eficiencia es muy alta, con más del 95%. Los diámetros corredor puede alcanzar hasta 10,000 mm.

La turbina Kaplan es una turbina de reacción hacia el exterior, resultando en una presión del agua cambiado como el agua se mueve a través de la turbina y cede su energía. El corredor consta de álabes del rodete de acero inoxidable montado en el cubo del rodete y el corredor



Figura 5-9 - Kaplan turbina (fuente: GE)

tapa en el lado inferior del cubo, mejorando así la forma hidráulica optimizada. Los álabes del rodete son móviles, lo que permite ajustar la descarga de agua y salida de la turbina (ver **Error! No se encuentra la fuente de referencia. 18**). Debido a estas palas móviles, turbinas Kaplan muestran un alto nivel de eficiencia. En algunas aplicaciones, donde un flujo constante de agua (más o menos) puede ser garantizada, la turbina Kaplan puede ser diseñado con álabes fijos.

La turbina Kaplan se utiliza a menudo para proyectos de pasada río, por lo tanto el desarrollo del diseño reciente se ha orientado hacia temas ambientales - por ejemplo, el centro libre de aceite, donde el aceite de cubo del rodete se sustituye por agua. Con un sistema de doble regulación (cuchillas y álabes son ajustables), turbinas Kaplan proporcionan una alta eficiencia en una amplia gama de configuraciones.

turbinas Kaplan se diseñan generalmente con una estructura de "peces con niños", para mejorar la tasa de supervivencia de las especies que migran, y los cojinetes lubricados por agua y cubos llenos de agua para evitar la contaminación del agua.

Francis Turbinas

turbinas Francis se utilizan principalmente para cabezas medio de hasta 600 m y grandes flujos. Sus características hidráulicas especiales permiten a las unidades compactas relativamente alta velocidad, justo a las salidas de potencia más altos. turbinas Francis son la opción ideal para la cabeza medio y salida de la unidad grande. turbinas Francis son idealmente adecuadas para aplicaciones de energía con una cabeza medio

de hasta 700 metros y una potencia de hasta 800 MW por unidad.

La turbina Francis es una turbina de reacción donde el agua cambia de presión medida que se mueve a través de la turbina, la transferencia de su energía. Se necesita un batiente hermético para contener

el agua fluir.

Generalmente, tales turbinas son apropiados para los sitios tales como presas, donde se ubican entre la fuente de agua de alta presión y la salida de agua a baja presión. Las turbinas Francis son la turbina de agua más comunes en uso hoy en día.



Figura 5-10 - turbina Francis (fuente: GE)

A Francis turbina tiene un corredor con cubos fijos (paletas), generalmente en el número de nueve o más (ver **¡Error! No se encuentra la fuente de referencia.** 19). El agua se introduce justo por encima del corredor y alrededor de ella, y luego cae a través de él, haciendo que la turbina gire. Además del corredor, los otros componentes principales son la caja espiral, álabes, y tubo de aspiración. configuración Runner se puede adaptar para conseguir el más alto nivel de eficiencia en toda su gama de aplicación.

El resultado de la evolución del producto es la solución puerta anillo, un cilindro que se mueve entre la paleta estancia y las paletas de guía y puede sustituir a la mariposa tradicional o válvulas esféricas. Esta tecnología resulta en menores costos de mantenimiento y aumento de la seguridad, al tiempo que aumenta la eficiencia de la planta.

Las turbinas Francis están disponibles en configuraciones diferentes, horizontal o vertical, con flexibilidad en el diseño para garantizar la máxima eficiencia y fiabilidad de funcionamiento en las condiciones más extremas. turbinas Francis se caracterizan por la longevidad incomparable, durabilidad, fiabilidad y robustez. Extensas actividades de investigación y desarrollo garantizar el mejor eficiencia y la producción máxima en una amplia gama de operaciones, tanto en múltiples e individuales configuraciones de unidades.

Hidrocínética / Free-Flow Turbinas

Una turbina hidrocínética es un generador de turbina integrada para producir electricidad en un ambiente de flujo libre. No se necesita una presa o una desviación. Estas turbinas utilizan el flujo de agua para que se conviertan, generando así electricidad para la red de energía eléctrica en las tierras cercanas. Por lo tanto, pueden ser colocados en los ríos, canales hechos por el hombre, las mareas o las corrientes oceánicas.

5.1.3 La bomba Hydro Turbinas

turbinas de bomba pueden revertir el flujo de agua y operar como una bomba para llenar un depósito superior ubicada en períodos de baja demanda, y luego volver a una turbina de agua clásico para la generación de energía durante los picos de demanda.

La multitud de configuraciones disponibles incluyen horizontal o vertical, de una sola etapa o múltiples, fija o de velocidad variable, con o sin puerta de anillo cilíndrico, y individuo o el accionamiento de paletas de guía combinado. Las turbinas de bombeo, por lo general en función del tipo Francis, se diseñan a medida para satisfacer los requisitos más exigentes y criterios ambientales en las aplicaciones de almacenamiento de bomba en todo el mundo. Con

algunas disposiciones especiales de diseño, también unidades bulbo puede ser operado en el modo de bomba, cuando la rotación se invierte.

Las turbinas de bombeo, con su capacidad para dominar los rápidos cambios de modo, son ideales para la generación, así como el almacenamiento de energía, predestinado para estabilizar las fluctuaciones de la red eléctrica. Rápidos tiempos de arranque de sólo 90 segundos para un máximo de 400 MW permiten un mayor número de arranques y paradas diarias, añadiendo flexibilidad y disponibilidad.

La tecnología de bombeo puede cambiar entre el modo de bombeo y generación dentro de 20 a 30 segundos. Esto se puede realizar gracias a unidades reversibles de velocidad fija, turbinas de bomba de velocidad variable o ternarias unidades de turbina de la bomba. Es la tecnología de almacenamiento de electricidad a gran escala con el tiempo de reacción más corto.

5.1.4 Las turbinas de gravedad

Tornillo de Arquímedes

Arquímedes tornillos se utilizan para bombear grandes volúmenes de agua a las cabezas relativamente bajos y es extremadamente fiable y duradera para que los operadores de aplicación está completamente satisfecho. El tornillo de Arquímedes se ha utilizado como una bomba durante siglos, pero sólo recientemente se ha utilizado a la inversa como una turbina. principio de funcionamiento Es es la misma que la rueda hidráulica enchufe de pesca, pero la forma inteligente de la hélice permite que la turbina a rotar más rápido que la rueda hidráulica equivalente y con una alta eficiencia de conversión de potencia (más del 80%).

Sin embargo, siguen siendo máquinas de ejecución lenta, que requieren una caja de cambios de varias etapas para impulsar un generador estándar. Una ventaja clave de tuerca es que evita la necesidad de una pantalla fina y limpiador de pantalla automática, porque la mayoría desechos pueden pasar con seguridad a través de la turbina. El tornillo de Arquímedes se ha demostrado ser una turbina 'peces-friendly'.



*Figura 5-14 - Arquímedes
tornillo*

5.2 Generadores, transformadores y equipos de alta tensión

Generadores convierten la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica, la energía utilizando un sistema de excitación. Generadores se caracterizan por su diseño compacto, alta eficiencia, y una larga vida útil, gracias a la utilización de métodos de cálculo modernas y optimizados procedimientos y materiales de fabricación.

Dependiendo de las características de velocidad del corredor y de centrales eléctricas requeridas, los tipos de generadores se clasifican como sigue:

- **Horizontal vs vertical:** generadores hidráulicos se clasifican por su ubicación ejes.
- **excitación sin generador con la rotación de la máquina excitador vs excitación estática con anillos colectores y escobillas.**
- **Síncronico vs generadores asíncronos:** generadores (ynchronous el tipo usual) están equipados con un sistema de imán de excitación eléctrica o permanente DC, asociada a un regulador de voltaje que el voltaje de salida de los controles antes de que el generador está conectado a la red. la excitación del generador síncrono es independiente de la red, por lo que puede generadores síncronos

acumular tensión, incluso sin conexión a la red. **generadores asíncronos** son incapaces de regular la salida de tensión y son accionadas mecánicamente a una velocidad más alta que la frecuencia del sistema (la velocidad síncrona); si se aísla de la red no pueden producir energía debido a que su energía de excitación proviene de la red.

La elección de la **inercia del generador** es una consideración importante en el diseño de una central hidroeléctrica. El aumento de velocidad de la unidad de turbina-generador después de un rechazo repentino de la carga, causado por la desconexión instantánea de la carga eléctrica, es inversamente proporcional a la inercia combinado del generador y la turbina. Además, la inercia de las grandes unidades hidráulicas es un contribuyente valioso para estabilización de la frecuencia de la red eléctrica. Esto es cada vez más importante, ya que el aumento de las fuentes de energía renovables como la fotovoltaica volátiles no pueden proporcionar la inercia mientras que la participación de las grandes térmico basado está disminuyendo.

generadores síncronos y generadores de inducción se utilizan para convertir la salida de energía mecánica de la turbina en energía eléctrica. Inducción generadores se utilizan en pequeñas aplicaciones hidroeléctricas (menos de 5 MVA), debido a su menor coste, que resulta de la eliminación del excitador, regulador de voltaje, y sincronizador asociado con generadores síncronos. El generador de inducción extrae su corriente de excitación del sistema eléctrico y por lo tanto no se puede utilizar en un sistema de potencia aislado.

Grandes generadores hidráulicos son **personalizado para cada proyecto**, para asegurar un rendimiento mejorado de las condiciones del lugar y las necesidades de los operadores. Cada generador de gran hidráulica está diseñado para funcionar sin problemas bajo cualquier condición de funcionamiento, mientras que la reducción del estrés estructural y mejora de la fiabilidad durante la vida útil de la turbina.

5.2.1 Los generadores de eje vertical

generadores de eje vertical se acoplan al eje vertical de hidro turbinas de cualquier tamaño con producciones de hasta 840 MVA. Hay experiencias existentes con generadores verticales para Francis, Kaplan y Pelton, turbinas para toda la gama de productos y velocidades.

5.2.2 PIT tipo Generadores

PIT generadores de tipo se usan para aplicaciones más pequeñas, bajo la cabeza y se acoplan a través de engranaje reductor hasta el eje de la turbina horizontal. aplicaciones Pit son una solución económica para estaciones de energía hidroeléctrica bajo la cabeza con puntuaciones más bajas (típicamente hasta 17 MVA y con 500 a 900 rpm). PIT generadores de pie para el diseño robusto y fiable a hacer frente a las altas velocidades fuera de control requeridas para las centrales hidroeléctricas. sistemas evolucionaron a partir de los intercambiadores de calor originalmente separadas para sistemas de bucle cerrado sin mantenimiento de refrigeración, proporcionando la disipación de calor directamente en el agua de río que pasa a la unidad de bombilla. Para capacidades muy altas y unidades de alta velocidad, aire a presión también se puede utilizar para mejorar la disipación de calor.

5.2.3 motogeneradores

generadores de motor se utilizan en plantas de almacenamiento y bombeo para generar energía eléctrica y para impulsar las turbinas de bombeo. Motores-generadores para aplicaciones de almacenamiento por bombeo alcanzan hasta 360 MVA con constante o de velocidad variable y una o dos direcciones de rotación. Se puede acoplarse con todas las configuraciones de la unidad, por ejemplo acoplamiento fijo a las turbinas de bomba reversible o conjuntos de turbina-más-bomba (ternarios). Para iniciar las unidades desde parado en el modo de bomba, las necesidades de velocidad / frecuencia para aumentar suavemente desde cero a la velocidad síncrona. Las unidades se pueden iniciar con convertidores estáticos de frecuencia (SFC), un motor de caballo, un arranque de la turbina, o espalda con espalda (el generador de una segunda unidad en obras modo de generador como un suministro de frecuencia variable).

5.2.4 VELOCIDAD VARIABLE motogeneradores

En las plantas convencionales, la velocidad de rotación del generador / motor y la turbina / bomba debe ser constante, a fin de mantener la sincronía con la frecuencia de red. En estas condiciones la prestación de servicios auxiliares a la red es limitado. Además, en el caso de las plantas de almacenamiento por bombeo, el funcionamiento a una velocidad constante no permiten ajustar la potencia de bombeo, evitando así el uso óptimo de la energía excedente. De velocidad variable motogeneradores permiten superar estos defectos cambiando la velocidad de rotación en respuesta a las necesidades de la cuadrícula. En otras palabras, aumentan la capacidad de control del sistema de potencia, ofreciendo un control de alta dinámica. Encuentra más detalles en el capítulo 6.3.

5.2.5 Transformador y equipos de alta tensión

Las centrales hidroeléctricas, como otras plantas de energía, transformadores de potencia necesitan y equipos de alta tensión, tales como disyuntores, seccionadores, barras, cables, para transmitir electricidad a la red. Estos dispositivos no son específicos de mercado de la hidráulica. importantes esfuerzos están dirigidos a mejorar la duración de la vida, reducir al mínimo los impactos ambientales, reducir el riesgo de incendios, así como a adaptarse a los requisitos de diseño ecológico o código de red.

La primera preocupación con respecto a los transformadores es mejorar la seguridad con respecto al riesgo de incendio. análisis e investigaciones de evaluación del parque de transformadores y otros equipos eléctricos se realiza para obtener una mejor comprensión del riesgo de fracaso. Los acontecimientos recientes implican sistemas que proporciona información en tiempo real sobre el estado de funcionamiento del equipo de monitoreo. Por ejemplo, analizadores de gases en línea están instalados en los transformadores de potencia para detectar problemas y evitar los fallos.

En cuanto a los aspectos ambientales, aislamiento éster se prefiere aceite mineral. Beneficios de aislamiento de los ésteres son de inflamación alto y el punto de fuego para una mayor seguridad, líquido fácilmente biodegradable para la protección del medio ambiente extendido, alta tolerancia a la humedad para una larga vida útil. Otro problema principal es la reducción de la utilización de gas de efecto invernadero SF₆ para disyuntores y barras de distribución con aislamiento de gas. Los desarrolladores están probando nuevo gas aislante y la promoción de los disyuntores de vacío en lugar de interruptores de SF₆.

En las plantas de energía hidroeléctrica los esfuerzos se concentran en la fiabilidad de los transformadores y dispositivos de alta tensión, con el fin de maximizar su disponibilidad y para adaptarse a las condiciones específicas de operación con más arranques y paradas en las centrales de almacenamiento y bombeo. Nuevas herramientas de cálculo permiten a los fabricantes a optimizar su diseño como un compromiso entre diferentes aspectos: garantías especificadas de las pérdidas, los requisitos mecánicos (cortocircuito), requisito dieléctrica, requisitos térmicos, sino también la restricción de espacio para el transporte y la instalación de obras civiles.

5.3 estructuras de acero hidráulicas

estructuras de acero hidráulicos están instalados en los esquemas de planta de energía hidroeléctrica para el flujo de agua de control utilizando puertas o válvulas, que se clasifican de acuerdo a su propósito operacional:

- **puertas de servicio** para la regulación de flujo continuo en la vía fluvial o del nivel de agua en el depósito incluir compuertas del vertedero, puertas de salida en el fondo, y las puertas de bloqueo (para la navegación).
- **puertas de emergencia** se utilizan para cerrar el flujo de agua en los conductos o canales abiertos; típicamente, están diseñados sólo para ser completamente abierta o completamente cerrada y que incluyen puertas de admisión, puertas aguas arriba de las válvulas de servicio tubería de carga, puertas del tubo de aspiración, y las puertas instaladas aguas arriba de las puertas de salida del fondo

- **puertas de mantenimiento** se utilizan para vaciar el conducto o canal por un equipo de mantenimiento (turbinas, bombas u otras puertas); el tipo más común es la puerta stoplog. álabes del distribuidor o válvulas de aguja de la turbina se utilizan para la regulación del flujo.

5.3.1 puertas

Los tipos de compuerta más comúnmente utilizados son solapa, cilindro, stoplog, tobogán, oruga, inglete, rodillo, segmento, sector, tambor, ruedas fijas y visera. Cada tipo de puerta es única en términos de propósito, movimiento, paso de agua, la composición de la hoja, la ubicación y la forma de la piel de la placa. selección del tipo de puerta depende del propósito, dimensiones de la abertura a ser cerrado, las condiciones climáticas (por ejemplo, el paso de losas de hielo) y opciones para la operación de puerta. Hay varios tipos de puertas:

- compuertas radiales
- rueda de Gates
- Puertas deslizantes
- solapa Puertas
- Puertas de goma

5.3.2 válvulas

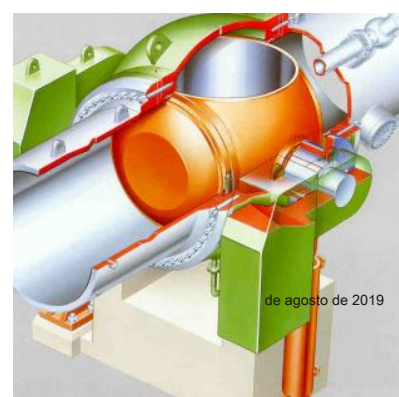
Las válvulas cumplen diversas tareas importantes: de mejora de la seguridad en centrales eléctricas o tuberías de presión de sellado hermético en los cursos de agua para fines de mantenimiento en maquinaria hidráulica. La energía hidráulica es una contribución indispensable para la generación de seguro y agradable, el medio ambiente de la energía eléctrica. El destino del mundo de hoy y del futuro depende de tener un suministro de energía seguro de las centrales hidroeléctricas que son confiables y operativa en todo momento. La seguridad sigue siendo en el primer plano cuando se trata de centrales hidroeléctricas. Válvulas y equipos de cierre que son juego fiable y duradero un papel vital en este sentido.

La función de la tubería de presión y válvulas de entrada principal es aislar la unidad y completamente de corte el flujo de agua en el lugar donde está instalada tal válvula. Por lo general, sirven como un dispositivo de seguridad y son capaces de cierre en la descarga de agua máximo. válvulas de entrada principales están posicionados entre la tubería de carga y la caja espiral de la turbina, mientras que las válvulas penstock pueden estar situadas en cualquier lugar dentro de la tubería de carga. Para evitar daños grande en caso de una rotura de la tubería de carga, una válvula de rotura de tubo se instala normalmente en el tubo justo aguas abajo de la válvula de cierre. Estas válvulas se cierran automáticamente cuando la velocidad del agua excede de un cierto valor de ajuste. Existen en diferentes tipos y diseño dependiendo de la función y los requisitos. Los tipos más relevantes de las válvulas son:

- válvulas esféricas
- Válvulas de mariposa
- Las válvulas de compuerta
- válvulas de junta

Las válvulas esféricas

válvulas esféricas se utilizan como equipo de seguridad y de cierre para las turbinas y bombas en condiciones bajo presión de funcionamiento alta. válvulas esféricas están cubriendo actualmente un intervalo de presión de 160 m a 1250 m cabeza agua. Se utilizan como válvulas de freno tubo también. Se cerrará automáticamente sin la necesidad de energía exterior, incluso en contra de la presión unidireccional a caudal máximo.



Las válvulas esféricas consisten en la carcasa de la válvula con bridas, rotor de válvula, cojinetes y sellos. válvulas esféricas son de construcción soldadas o forjadas utilizando aceros de alta calidad. En general, tienen dos sistemas de sellado. El anillo de cierre de inspección facilita los trabajos de mantenimiento sin tener que vaciar la línea de presión. El anillo de estanqueidad de funcionamiento - tomando el lugar de un bypass - también se utiliza para el llenado de la carcasa de la turbina.

Figura 5-15 - válvula esférica

La válvula esférica puede ser abierta y cerrada a través de peso, de agua de alimentación o el sistema hidráulico de aceite. El agua de alimentación para el accionamiento de las juntas se obtiene de la tubería de carga y se alimenta al sistema de control hidráulico a través de filtros adecuados.

La unidad de servo hidráulico y el contrapeso están embridados directamente sobre el cuerpo de la válvula y no requieren ningún anclaje adicional. equipos de amortiguación de la posición final facilita el procedimiento de cierre óptimos para evitar los golpes de ariete.

La operación de apertura y cierre de la válvula se lleva a cabo por uno o dos servomotores. Dado que la válvula está diseñado para cerrar contra el flujo en carga de la turbina completa, el rotor de la válvula está sujeto a un gran torque. Este par se transfiere a la carcasa de la válvula a través de la fundación del servomotor. Por lo tanto, el par de cierre total se absorbe por el tubo y la válvula.

Válvulas de mariposa

Válvulas de cierre y de la mariposa son adecuados para uso como equipo de seguridad en situaciones de parada de emergencia y entregar una fiabilidad absoluta en caso de una ruptura tubería de carga. Las válvulas de mariposa se aplican normalmente en frente de turbinas de baja y de la cabeza medio de agua, es decir, cabezas de hasta 200 m. Para las plantas de energía cabeza en alto, la válvula de mariposa es de vez en cuando se utiliza como un dispositivo de cierre en los túneles de entrada y, alternativamente, como válvulas de cierre de emergencia. Las válvulas de mariposa se componen de una carcasa en forma de anillo,

el disco de la válvula, el mecanismo operativo y el contrapeso. Ya sea en la entrada, en la línea de aducción, en el inicio de la tubería de carga para proteger contra la rotura. Mariposa

Las válvulas se adaptan de manera óptima a situaciones críticas y destacan por su rendimiento y la pérdida de baja presión, con la impenetrabilidad absoluta en todas las condiciones de funcionamiento.

Como discos se moldean para que coincida con la dirección de flujo, hay una pérdida de presión mínima. se utilizan dos (biplano) estructuras de una y doubledecker, según el diámetro nominal y la presión de funcionamiento. tiras de sellado en combinación con sellos de la válvula reemplazables de acero inoxidable garantiza sello en todas las situaciones de funcionamiento. Los cojinetes autolubricantes están libres de mantenimiento y los sellos de los cojinetes pueden ser sustituidos desde el exterior.

La unidad de servo hidráulico y el contrapeso están embridado directamente a la carcasa de la válvula y no se requiere ningún anclaje adicional. equipos de amortiguación de la posición final facilita el procedimiento de cierre óptimos para evitar los golpes de ariete en los conductos.

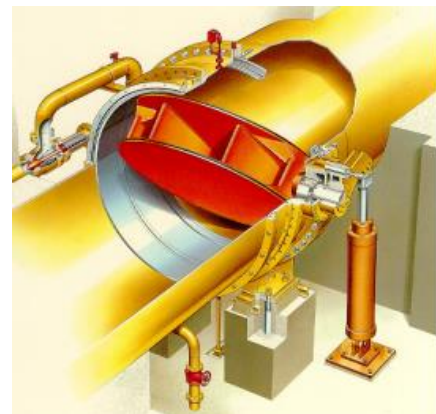


Figura 5-16 - Válvula de mariposa

La válvula de mariposa deberá ser capaz de abrir y cerrar bajo la presión del agua ecualizada en los lados de disco, así como en la descarga de la turbina completa. Además, las válvulas de cierre de emergencia se cerrará automáticamente en el caso de rotura de tubería de carga.

Las válvulas de pistones axiales

válvulas de pistones axiales son la solución óptima para llenado de tuberías controlada, incluso bajo una presión extremadamente alta, y también puede ser utilizado como una válvula de control para poner en marcha las bombas. Fabricado en acero inoxidable, que se caracterizan por su longevidad y alto nivel de disponibilidad. El chorro de agua interrumpe y posición doblada impiden un lavado fuera de la protección contra la corrosión en la zona de la entrada de chorro de agua. La operación se realiza ya sea agua o aceite hidráulico a través de un posicionador electrónico. Además, la posición del pistón axial se muestra visualmente en una escala. Las válvulas de compuerta son ideales como válvulas de cierre manuales a baja presión. Sobre la base de los requisitos específicos, las válvulas de compuerta se pueden proporcionar en acero inoxidable.



*Figura 5-17 - pistones axiales
válvula*

Para la apertura y cierre de la válvula del mecanismo de accionamiento puede ser hidráulico, eléctrico o manual. En las válvulas grandes es natural utilizar control hidráulico debido a las grandes fuerzas involucradas. Para el funcionamiento hidráulico, se utiliza la presión del agua de la tubería de carga o de aceite a presión desde una unidad de potencia hidráulica. Si se utiliza la presión del agua de la tubería de carga, la pared del cilindro tiene una capa interior de material inoxidable. En este caso el pistón tiene normalmente una junta de cuero contra la pared del cilindro. El agua debe pasar a un filtro y limpiarse cuidadosamente antes de entrar en el cilindro. Para válvulas remotas controlado más pequeñas operación eléctrica es una alternativa.

anillo Válvulas

válvulas de junta se han utilizado en muchos tipos de aplicaciones de energía hidroeléctrica. En las plantas de almacenamiento de la bomba que son la válvula más aplicado para el cierre de la salida de las bombas. Sin embargo, se aplican también como válvulas de rotura de tubería, válvulas de drenaje y, válvulas de seguridad.

válvulas de anillo consisten en un pistón en forma de dispositivo de cierre que se mueve axialmente cuando apertura y cierre. La carcasa de la válvula es en parte cónica y en parte cilíndrica, y junto con el dispositivo de cierre se forma una sección transversal de flujo en forma de anillo.



Figura 5-18 - válvula Anillo

El dispositivo de cierre se apoya en la carcasa mediante nervios. El cierre dispositivo consta de un pistón con vástago de pistón conectado a un elemento cilíndrico. Este miembro tiene un anillo de estanqueidad fijado al extremo de aguas abajo de la misma. El anillo de estanqueidad está hecho de acero inoxidable y diseñado para adaptarse al anillo de sellado de alojamiento en la posición cerrada. El pistón y el vástago del pistón están centrados por un casquillo en cada extremo.

válvulas de junta instalados en conductos de drenaje están equipados con una válvula de corriente arriba y un dispositivo reductor de presión auxiliar situado hacia abajo de la válvula de anillo. El dispositivo reductor de presión es un disipador de energía conectado con el extremo aguas abajo del anillo. El disipador de energía consiste en placas concéntricas con un gran número de orificios axiales pequeñas. Por esta disposición, la caída de presión en cualquier punto se mantiene por debajo de un nivel en el que la cavitación puede ocurrir. Para las cabezas menores que 75 metros válvulas de junta se entregan sin dispositivo de reducción de presión.

Válvulas de aguja

Las válvulas de aguja son el tipo ideal de las válvulas cuando el objetivo es la de regular de forma segura cabezales de presión o velocidades de flujo, por ejemplo, como esclusa suelo de depósitos de agua o en la entrada, la derivación o la salida secundaria de turbinas. Para este propósito, la sección transversal del cuerpo de válvula interna se estrecha por un pistón axialmente móvil, cambiando así la presión y la cantidad de flujo y la velocidad. Esto induce la alta tensión en la válvula, que la válvula de aguja será capaz de hacer frente a la larga.



Figura 5-19 - Válvula de aguja

transformación de energía segura y sin daños por cavitación está habilitado gracias a la sección transversal en forma de anillo existente en todas las posiciones. Dependiendo del campo de aplicación, más insertos de control, tales como

anillos de paletas, cilindros ranurados o cilindros perforados también están disponibles aparte del anillo de asiento estándar. Una gama de opciones de accionamiento (eléctrico, neumático, hidráulico o peso cargado) completan el sistema.

Las válvulas de derivación

Una válvula de derivación es el dispositivo de apertura / cierre en un tubo que conecta el lado de aguas arriba y aguas abajo de la válvula en el conducto principal. Esta derivación se utiliza para igualar la presión en los dos lados de la válvula principal, a fin de aliviar la válvula de grandes cargas durante la apertura y cierre normal. La derivación también se utiliza para llenar la caja espiral de turbinas Francis y el tubo de distribución de turbinas Pelton. De apertura y cierre de los tiempos están determinadas por orificios en los tubos de alimentación al servomotor.



Figura 5-20 - La válvula de derivación

Hueca Jet Cono Válvulas

En las plantas de energía hidroeléctrica, represas de riego, compensadores depósitos o depósitos de detención, las válvulas de inyección de huecos se utilizan para la descarga favorable al medio ambiente de agua aguas abajo o en una piscina de agua de descarga. El agua se enriquece de manera simultánea con el oxígeno en este proceso. La estructura de alta calidad facilita la disipación de energía cavitation- y sin vibraciones.

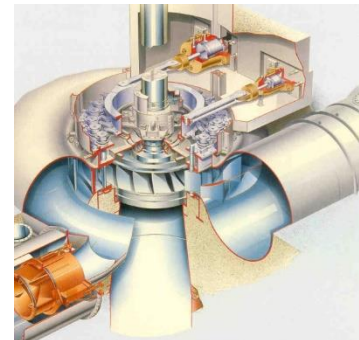


Figura 5-21 - válvula de cono de chorro hueco

Las válvulas de inyección de huecos hechos de acero de alta calidad, en combinación con un sello / de metal elástico y un deflector de chorro integrado, facilitan la disipación de energía cavitation- y libre de vibraciones.

Funcionamiento eléctrico y hidráulico permite un excelente rendimiento de control. calentadores eléctricos para su uso en climas fríos y otros requisitos específicos del cliente se pueden implementar. El sistema de control puede estar diseñado de tal manera, que la sala de control puede reconocer la posición del cilindro en todo momento. Esto permite un control preciso del volumen de descarga.

Válvulas de alivio de presión

Alivio de presión válvulas se utilizan para prevenir mecánica sobre-REV y un alto aumento de la presión, cuando no son cortos tiempos de cierre de boquillas de entrada de turbina o paletas de guía de la turbina. En las plantas de energía hidráulica donde se necesitan tiempos cortos de cierre en paletas de guía de la turbina y aviones debido a las



Figura 5-22 - Presión

Válvula de seguridad



razones técnicas, válvulas de alivio de presión están integrados en las líneas con el fin de obstaculizar mecánica sobre-rev y aumento de la presión excesiva. Cuando una orden de parada se envía a las turbinas, se abren inmediatamente y de forma simultánea y - como un by-pass - el volumen correspondiente re-ruta del agua directamente en la piscina del agua de descarga. Entonces la válvula de alivio de presión está cerrado por el marco de tiempo predefinido.

Las válvulas de alivio de presión se construyen como un asiento cónico válvulas de asiento con una tendencia a la apertura y accionamiento hidráulico. La forma óptima para los componentes de orientación agua es crucial para el funcionamiento, ya que es tan libre de cavitación y vibraciones como sea posible.

Vivienda y codo de entrada están hechos de acero de alta calidad, mientras que las juntas y los pistones están hechos de material inoxidable.

5.4 tuberías de presión

Compuertas suministran uno o más hidráulicos unidades con agua a alta presión. ingeniería Penstock y construcción implica diferentes disciplinas como la ingeniería civil y la toma de recipiente a presión. Hay tres tipos principales de instalación de la tubería:

tuberías aéreas: sea externa o colocado en una galería, tubos se colocan en soportes. Los codos de tubo o bien pueden ser bloqueados (en un lecho de hormigón de anclaje, o un lecho de acero de hormigón mezclado) o libre.

1. **tuberías enterradas:** colocado en una zanja que se rellenó a continuación.
2. **tubos bloqueados en la roca:** tuberías están bajo tierra, colocados en los ejes inclinados o verticales y adjunta a la roca con hormigón.

La elección del diseño se basa en estudios, donde las consideraciones de población y la vegetación podría ser tan decisivo como parámetros geológicos y geotécnicos. El diseño de la tubería de carga utiliza principios, normas y recomendaciones, pero no hay un producto estándar. El diseño final debe ser el resultado de un estudio técnico-ambiental y económica incluyendo aspectos geológicos, topográficos, ambientales, número de tuberías de presión de acuerdo con el número de máquinas, diámetro, longitud, la presión, las tecnologías disponibles, ingeniería civil / equilibrio tuberías, etc.

Equipos relacionados con tuberías de presión incluyen:

- bifurcaciones, distribuidores, coleccionistas y colectores para la alimentación de varias turbinas;
- trampa, de ventilación de aire para eliminar el aire y la reducción de la turbulencia;
- ventilar o copa de succión para drenaje de agua;
- bocas de acceso;
- puños extraíbles y juntas de expansión para equilibrar la expansión térmica y soltando tensiones térmicas; y
- supervisión del sistema de sobrevelocidad medida o desbordamiento, la tensión, el estrés, la presión del agua.

La realización de las tubería de carga ha evolucionado con los avances tecnológicos. Actualmente muchas tuberías de presión en la operación han sido fabricados utilizando tecnologías que ya han sido abandonados, tales como tubos de acero remachadas, tubos de acero soldados con gas y agua, tuberías de auto-trastes o de acero en caliente con trastes, tuberías con collares forjados, tubos con plancha para el cable, tuberías con uno mismo o caliente retractilado. Esto plantea un problema de mantenimiento. Los métodos anteriores ya no se utilizan con el advenimiento de la tecnología de soldadura de espesor en el sitio. Hoy en día, podemos utilizar aceros de alta resistencia "rendimiento", que son templados o

aceros termomecánicos, con características de resistencia elásticos de hasta 690 MPa. También se utilizan otros materiales más baratos: hormigón, hormigón armado con o sin núcleo de hoja de metal, de hormigón armado con chapa participante, hierro dúctil, PVC, HDPE y GRP.

6 La flexibilidad en la generación de energía y almacenamiento

6.1 Equilibrio y servicios auxiliares de energía hidroeléctrica

Las grandes fluctuaciones de voltaje y frecuencia, si se producen, conducen a los apagones y dañan los dispositivos e instalaciones eléctricas. El aumento de la penetración de la energía renovable en la red eléctrica plantea nuevos retos a la estabilidad del sistema. La fuerza principal de la energía hidráulica es el hecho de que puede servir como una fuente despachable, sensible de energía a granel; por lo tanto, generación de energía hidroeléctrica puede contribuir sustancialmente a estabilizar la red. plantas de almacenamiento por bombeo pueden servir adicionalmente como cargas controlables, dibujo electricidad de la red para cargar sus depósitos cuando el exceso de energía disponible. Por estas razones la energía hidroeléctrica es más y más utilizados para proporcionar servicios auxiliares a la red, incluyendo:

- **servicios de balance**, tales como control de frecuencia, reserva rodante y almacenamiento de energía. El control de frecuencia puede ser proporcionado por la energía hidráulica a través de diferentes mecanismos, a saber: a) la inercia (una respuesta pasiva debido a masas en generadores), b) respuesta de frecuencia primaria (activa, la respuesta no tripulado implementado a través de un dispositivo electrónico, digital, o mecánico giratorio) y c) regulación de frecuencia (respuesta activa para ajustar generación para mantener horario intercambio y frecuencia). Spinning ofertas de reserva de generación que está reservado para responder rápidamente a los eventos del sistema por aumento o disminución de la producción; la energía hidroeléctrica ofrece una excelente fuente de reserva, ya que tiene una alta capacidad de rampa en toda su gama. Adicional, almacenamiento de agua permite que el sistema de energía al equilibrio variabilidad existente en la carga en períodos de tiempo más largos que la respuesta de frecuencia,
- **Poder reactivo**: instalaciones hidroeléctricas son operados para seguir un programa de tensión para garantizar un apoyo suficiente voltaje.
- **inicio negro**: gracias a la capacidad de muchas centrales hidroeléctricas para iniciar su unidad de generador sin la necesidad de alimentación externa de la red, estos son los más adecuados para proporcionar la restauración de una red eléctrica después de un cabo negro.

Para proporcionar energía equilibrio hidroeléctricas operadores necesitan aceleración como para la producción de deceleración más a menudo y más rápido, así como frecuencia de inicio y parada de la generación de energía. La flexibilidad en la generación de energía y de almacenamiento está aquí pretende ser la capacidad de aumentar el rango de operación tanto en la generación y el modo de bombeo, permitiendo que la planta de energía para operar a carga parcial de profundidad y de forma rápida salida de potencia de cambio y

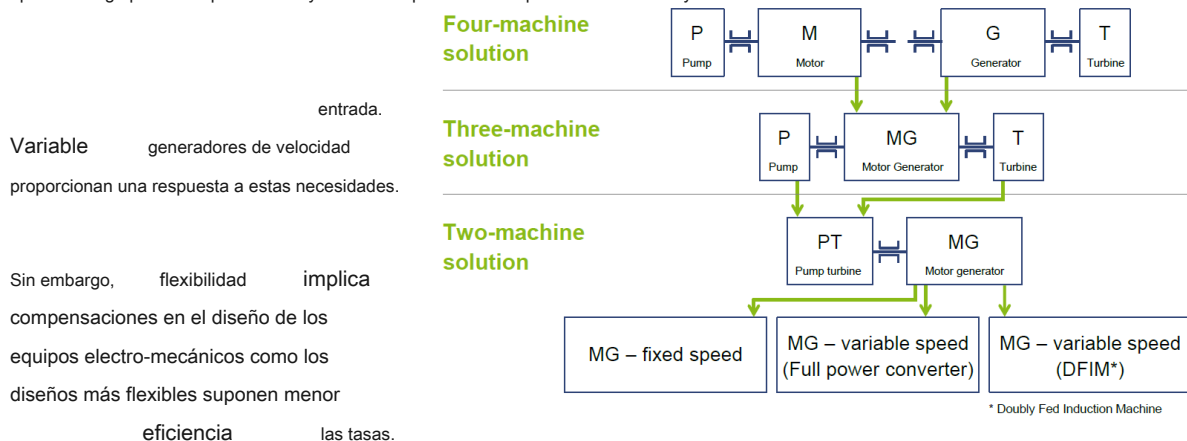


Figura 6-1 - Soluciones para PSP para equilibrar los servicios (Voith)

dada a la máxima eficiencia de las plantas individuales está disminuyendo con respecto a la capacidad de la planta para apoyar la rejilla. La capacidad para funcionar bien en lo profundo de carga parcial, tanto en la generación y el modo de bombeo se está volviendo más y más importante.

hidroeléctrica de bombeo de almacenamiento (PSH) es el más adecuado para equilibrar la oferta de servicios a la red. arreglos de almacenamiento bomba clásicos se basan en cuatro soluciones de la máquina, incluyendo una bomba, un motor, una turbina y un generador. soluciones más eficientes se basan en reversible turbina de velocidad fija. unidades reversibles pueden girar en dos direcciones diferentes, dependiendo del modo de operación. Tienen un rango de carga para la generación de entre 50% y 100% de la potencia total. Sin embargo, el control de potencia no es posible en el modo de bombeo, ya que sólo pueden operar a velocidad fija. Configuración del sistema ternario y tecnologías de velocidad variable ofrecen beneficios significativos en términos de flexibilidad.

Capability	Fixed-Speed PSH	DFIM Adjustable-Speed PSH	Ternary PSH with Hydraulic Bypass and Pelton Turbine
Generation Mode:			
Power output (% of rated capacity)	30% ^a –100%	20%–100%	0%–100%
Standstill to generating mode (seconds)	75–90	75–85	65
Generating to pumping mode (seconds)	240–420	240–415	25
Frequency regulation	Yes	Yes	Yes
Spinning reserve	Yes	Yes	Yes
Ramping/load following	Yes	Yes	Yes
Reactive power/voltage support	Yes	Yes	Yes
Generator dropping	Yes	Yes	Yes
Pumping Mode:			
Power consumption (% of rated capacity)	100%	60%–100% (75%–125%) ^b	0%–100%
Standstill to pumping mode (seconds)	160–340	160–230	80
Pumping to generating mode (seconds)	90–190	90–190	25
Frequency regulation	No	Yes	Yes
Spinning reserve	No	Yes	Yes
Ramping/load following	No	Yes	Yes
Reactive power/voltage support	Yes	Yes	Yes
Load shedding	Yes	Yes	Yes

Figura 6-2 - Capacidad de soluciones PSH (DOE, 2017)

6.2 sistemas ternarios conjunto

sistemas establecidos ternarios permiten reducir significativamente el tiempo de transición en comparación con las turbinas reversibles convencionales. Un conjunto ternario consiste en una turbina separada y la bomba en un solo eje con una máquina eléctrica que puede funcionar como un generador o un motor. Dependiendo de las características hidráulicas del sitio, la turbina puede ser de cualquiera de los Francis o diseño Pelton (por lo general el diseño Pelton se utiliza para instalaciones con muy alta de la cabeza). Esta configuración permite tener la misma dirección de rotación del motor generador en ambos modos de funcionamiento. A operable embrague en reposo, una turbina de partida o un convertidor de par de sincronización permiten cambiar la máquina entre la turbina y el funcionamiento de la bomba.

Esta configuración también hace posible implementar la llamada "cortocircuito hidráulico" dentro del conjunto de la máquina, que permite que la unidad para generar energía, al mismo tiempo que se está bombeando agua para su almacenamiento. Esto proporciona una respuesta inmediata a las cambiantes necesidades de energía. Una ventaja adicional de unidades ternarias más reversibles de bombas de turbinas es mejorar la eficiencia. Mientras que en una unidad reversible el diseño está optimizado para permitir la operación, ya sea como una bomba o una turbina, en una unidad de ternario tanto la bomba y la turbina pueden ser optimizados para la eficiencia. Sin embargo, el diseño ternario conlleva algunas desventajas, incluyendo:

- mayor coste por adelantado debido a que el diseño hidráulico es más complejo y porque se requiere más equipo;
- necesidad de plantas de energía hidroeléctrica más grandes debido a los equipos adicionales;
- operación y mantenimiento ligeramente mayores costos debido a los equipos adicionales.

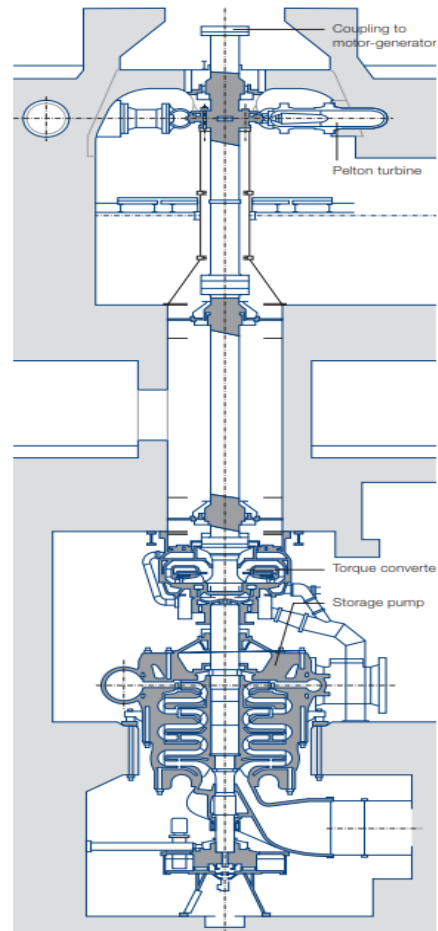


Figura 6-3 - Configuración de una
sistema conjunto ternario

6.3 operaciones de velocidad variable de PSH

En las plantas de energía hidroeléctrica convencionales, la velocidad de rotación del generador y la turbina debe ser constante, a fin de producir la frecuencia de red. En estas condiciones la prestación de servicios auxiliares a la red es limitado. Además, en el caso de las plantas de almacenamiento por bombeo, el funcionamiento a una velocidad constante no permiten ajustar la potencia de bombeo, evitando así el uso óptimo de la energía excedente. generadores de energía hidráulica de velocidad variable (motor de generadores en instalaciones de almacenamiento por bombeo) permiten superar estos defectos cambiando la velocidad de rotación en respuesta a las necesidades de la red. En otras palabras, aumentan la capacidad de control del sistema de potencia, ofreciendo un control de alta dinámica.

unidades de velocidad variable también operan con mayor eficiencia general que las unidades de velocidad fija, especialmente cuando se genera a carga parcial. Este aumento de eficiencia se debe a que la velocidad de rotación puede ser optimizado para una cabeza de dado y la tasa de flujo de agua a través de la turbina. Dependiendo del diseño, las unidades de velocidad variable pueden tener una zona rugosa más estrecha y la capacidad de generar a niveles de potencia más bajos.

Por otra parte, otra de las ventajas de las tecnologías de velocidad variable es el control desacoplado electrónicamente de potencia activa y reactiva, que proporciona soporte de tensión más flexible para el sistema.

soluciones de generación de energía hidráulica de velocidad variable se han vuelto populares para las plantas de energía hidroeléctrica pumpedstorage. Como cuestión de hecho, las instalaciones de almacenamiento por bombeo convencionales con velocidad de rotación constante no son capaces de proporcionar el alto grado de flexibilidad requerida por el sistema de potencia. Con el fin, para estabilizar una red eléctrica con altos niveles de fuentes de energía variables, las plantas de almacenamiento por bombeo necesitan de cambiar rápidamente de generación a modo y vice versa bombeo.

La operación de velocidad variable de centrales hidroeléctricas pumpedstorage puede aportar mayor flexibilidad al sistema de energía al tiempo que ofrece una variedad de servicios auxiliares valiosos.

Mientras que en las centrales hidroeléctricas convencionales el gobernador turbina tiene la responsabilidad de potencia de salida de control, en el sistema de velocidad variable esta tarea es realizada por el convertidor. en mayor control dinámico de potencia más rápido y esto resulta que se pueden utilizar para mejorar la estabilidad del sistema de potencia, por ejemplo por inyección de potencia instantánea (ya que la velocidad de rotación no tiene que ser constante, una gran cantidad de potencia activa se pueden inyectar en la red por la reducción de la velocidad de rotación). Otra ventaja significativa de la operación de velocidad variable es la capacidad de alimentación de control en el modo de bombeo, contribuyendo así a control de frecuencia tanto en el modo de bombeo y en el modo de generación. plantas de almacenamiento por bombeo de velocidad variable también son capaces de compensar en la producción de energías renovables variables y mejorar su integración en la red. En los sistemas de velocidad fija la potencia de bombeo no se puede regular y la única manera de aumentar la flexibilidad es utilizar múltiples bombas. Sin embargo, en este caso la capacidad de balanceo de carga es secuencias de arranque / parada más bajas y frecuentes implican mayores costos de mantenimiento.

operaciones de velocidad variable también se benefician de la eficiencia global de la planta de energía hidroeléctrica. Más específicamente, mejoran el rendimiento hidráulico. Desde a velocidad fija máquinas hidráulicas están optimizados para un único punto de funcionamiento, sólo pequeñas desviaciones en la cabeza y la descarga se permite como desviaciones más altas pueden conducir a la eficiencia reducida y aumento de la vibración y cavitación problemas. Por el contrario, mediante el ajuste de la velocidad de rotación es posible lograr una alta eficiencia aceptable también en caso de cabeza grande y la variación de descarga. Por lo tanto, el rango de funcionamiento se puede ampliar. Estos beneficios dependen fuertemente de las condiciones y la hidrología operacionales de la planta y son más evidentes cuando se producen grandes variaciones de la carga y la operación de carga parcial. Por otra parte, la ganancia en eficiencia es particularmente significativo en el caso de los sistemas reversibles de la bomba-turbina. Desde la turbina y el modo de bombeo tienen diferentes velocidades óptimas, en la operación de velocidad fija máquinas hidráulicas pueden ser optimizada sólo para un modo (por lo general que están optimizados para el modo de bomba y luego trabajar con una eficiencia reducida en el modo de turbina). Por el contrario, en la operación de velocidad variable óptima velocidad de rotación y la máxima eficiencia

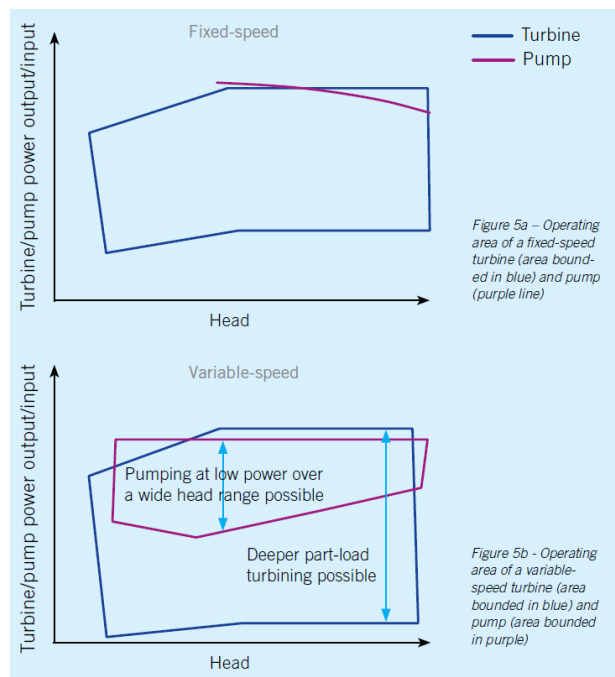


Figura 6-4 - Comparación de la zona de funcionamiento del
De velocidad variable y de velocidad fija turbinas

se puede lograr en ambos modos. Por último, que operan plantas de almacenamiento por bombeo a velocidad variable no requieren convertidores de frecuencia para el bombeo de arranque y sincronización.

La solución principal disponible para realizar las operaciones de las máquinas de inducción velocidad variable se alimentan doblemente (DFIMs) y el convertidor alimentado máquina síncrona (CFSM).

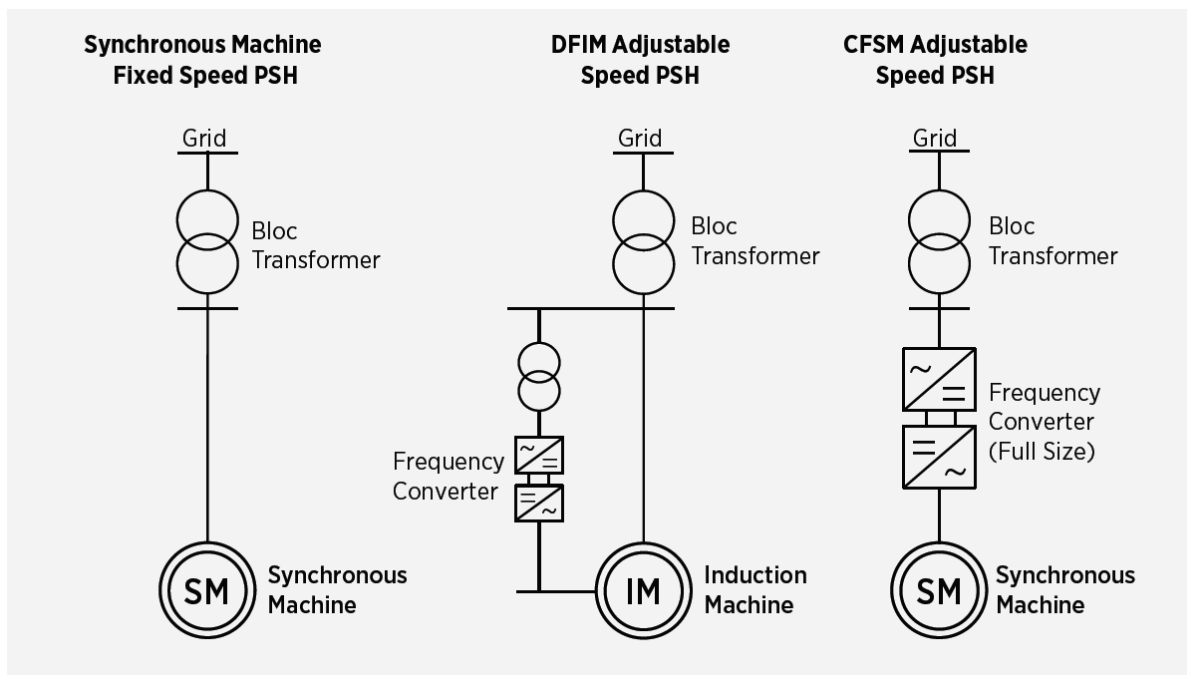


Figura 35: Las soluciones de convertidor para operaciones de velocidad variable (. Koritarov et al, 2015)

En el IEDM el estator está conectado directamente a la red, mientras que los devanados del rotor están conectados a través de un convertidor electrónico de potencia utilizando anillos de deslizamiento. A través del control de frecuencia de la corriente del rotor, es posible tener la operación de velocidad variable, mientras que la frecuencia del estator y la tensión se mantienen constantes. En CFSM una máquina síncrona está conectado a la red a través de un convertidor completo puntuación: a VSC-espalda con espalda se utiliza para conectar dos partes de corriente alterna utilizando un enlace de CC. Por lo tanto, la frecuencia del motor-generador puede variar de la cuadrícula. En general, el CFSM proporciona un mejor rendimiento que el IEDM. sistemas CFSM ofrecer más fácil y más rápida puesta en marcha y no tienen limitaciones en la velocidad máxima (IEDM tienen límites de velocidad en el rango de $\pm 10\%$ de la velocidad síncrona). Por otra parte, cuando no están conectados a la máquina, el convertidor puede ser utilizado como un compensador estático de corriente reactiva para suministrar potencia reactiva a la red. Sin embargo, el CFSM necesita un convertidor nominal completa, lo que podría ser muy caro y no es práctico para las clasificaciones de alta potencia. Por otra parte, CFSM puede experimentar pérdidas del convertidor más altos que los sistemas IEDM. Estos inconvenientes limitan la aplicación de CFSM a las plantas de energía hidroeléctrica hasta 100 MW. En resumen, el CFSM proporciona un rendimiento superior, pero la necesidad de un convertidor nominal completa es un gran inconveniente. Esto hace que el IEDM más atractivo en aplicaciones de alta potencia debido a que el propio convertidor puede ser considerablemente menor. Estos inconvenientes limitan la aplicación de CFSM a las plantas de energía hidroeléctrica hasta 100 MW. En resumen, el CFSM proporciona un rendimiento superior, pero la necesidad de un convertidor nominal completa es un gran inconveniente. Esto hace que el IEDM más atractivo en aplicaciones de alta potencia debido a que el propio convertidor puede ser considerablemente menor. Estos inconvenientes limitan la aplicación de CFSM a las plantas de energía hidroeléctrica hasta 100 MW. En resumen, el CFSM

Para concluir, hay que señalar que la aplicación de la tecnología de la energía hidráulica de velocidad variable no se limita a las plantas de almacenamiento por bombeo. De hecho, puede ser ventajoso a la tecnología de velocidad variable emplean también en la planta de energía hidroeléctrica conectado-HVdc: ya que en este caso la frecuencia del generador no está ligada a la red, la velocidad de rotación se puede adaptar para optimizar la operación de la planta. Además, las pequeñas plantas de energía hidroeléctrica con considerables variaciones altura y de flujo también pueden beneficiarse

de las operaciones de velocidad variable; en este caso, las tecnologías de velocidad variable permiten reemplazar las turbinas en lugar mecánicamente complejos con otras más simples, mientras que el mantenimiento de altos niveles de eficiencia.

7 El diseño eficiente y resistente

7.1 Las causas de las ineficiencias

El potencial para la producción de electricidad en una central hidroeléctrica depende de la hidrología, la topografía y el diseño de la planta de energía. Varios parámetros contribuyen a determinar, dentro de estas limitaciones, la eficiencia de la planta de energía:

- la cantidad de agua disponible;
- la pérdida de agua debido al derrame de inundación, los requisitos de bypass o fuga;
- la diferencia en la cabeza entre la ingesta de aguas arriba y aguas abajo de salida;
- pérdidas hidráulicas en el transporte de agua debido a la fricción y la velocidad de cambio;
- la eficiencia en la conversión de energía de los equipos electromecánicos.

El proceso de transformación de energía en centrales hidroeléctricas modernos es muy eficiente, por lo general con eficiencia mecánica más del 90% en las turbinas y más del 99% en el generador. La pérdida de eficiencia se debe a:

- pérdida hidráulica en el circuito de agua (de admisión, túnel, tubería de presión, la turbina y el canal de descarga);
- pérdida mecánica en el grupo turbogenerador;
- pérdida eléctrica en el generador, transformador de potencia y conductos.

La suma de estos tres pérdidas de determinar la eficiencia total de la planta de energía. Las pérdidas de carga pueden ser reducidos aumentando el área de aducción y tailrace túneles, por la disminución de la rugosidad en estos y al evitar demasiados cambios en la velocidad del flujo y la dirección.

Además, la eficiencia de las plantas depende en gran medida de la fiabilidad y la disponibilidad de los equipos, que puede verse afectada por el envejecimiento, desgaste, cortes bruscos, etc. lo largo de los años. Estas cuestiones se abordan en detalle en los capítulos 8 y 9.

7.2 técnicas de modelado

La eficiencia de los equipos electromecánicos, especialmente las turbinas, se puede mejorar mediante un mejor diseño y también mediante la selección de un tipo de turbina con un perfil de eficiencia que mejor se adapta a la curva de duración de la entrada. Por lo tanto, es importante para el flujo turbulento modelo rápido y con precisión y el rendimiento en una amplia gama de tasas de descarga. Las herramientas informáticas se utilizan para encontrar diseños que los vórtices Evita pulsaciones de presión relacionados y cavitación causadas por el movimiento del agua a través de la turbina. También se utilizan para optimizar la interacción del campo electromagnético del rotor del generador con el estator y para predecir la acumulación de calor en los generadores y de los flujos de aire o de agua necesaria para mantener bajas las temperaturas de refrigeración.

Las principales herramientas de diseño utilizados por la industria de la energía hidráulica son de laboratorio modelos físicos a escala reducida y modelos computacionales. modelos hidráulicos (tanto de laboratorio y numéricas) se utilizan generalmente para condiciones Simular para la mejora del medio ambiente, la operación presa, y diseño de la turbina y la optimización. El fuerte aumento de la potencia de cálculo en los últimos años ha llevado a un uso significativo en la industria de la energía hidroeléctrica de modelos de dinámica de fluidos computacional (CFD), que utilizan numérica

métodos para representar la física del fluido en movimiento en los sistemas de agua complejas de una instalación de energía hidroeléctrica.

7.3 Materiales avanzados

El uso flexible de la energía hidráulica puede causar algunos problemas en los equipos electromecánicos como muchas plantas hidroeléctricas no han sido diseñados para proporcionar equilibrio de energía continuamente. Los mayores desafíos son:

- frecuentes arranques y paradas (20 o más por día de bombeado hidro en contraste con 3 por día anteriormente), y la tensión mecánica y relacionados con la temperatura que ponen en el aislamiento del devanado del estator;
- respuesta rápida, lo que significa el ajuste del mando de aguja varias veces por minuto y el desgaste asociado y la carga en el mecanismo de regulación;
- picos de tensión debido al convertidor de frecuencia, y su efecto sobre el aislamiento del devanado del generador.

Además de eso, la cavitación, pulsaciones y vibraciones de presión del tubo de aspiración también es probable en estas condiciones, por lo tanto dañar los equipos electromecánicos. Por otra parte, las altas concentraciones de partículas duras en el agua, especialmente las duras y angulares tales como cuarzo y feldespato, pueden dañar a ciertas partes de la turbina, de abrasión rápidamente superficies y causando que las turbinas se vuelven menos eficientes. Las superficies expuestas a una alta velocidad del agua correspondientes son dañados más. Para turbinas Francis, el erosionado partes son principalmente las paletas de guía, frente a las placas, laberintos y corredores; para turbinas Pelton, que son los corredores y los inyectores. Estas piezas pueden necesitar ser tratado casi como un consumible y reacondicionado o incluso reemplazados después de cada temporada de inundaciones.

En yacimientos los sedimentos pueden tener tiempo para asentarse, pero en proyectos de pasada del río la mayor parte de los sedimentos pueden seguir el flujo de agua hasta las turbinas. La solución tradicional al problema ha sido la construcción de cámaras de-colmatación controlar la limo y el flujo al exterior en los puntos de derivación, pero es muy difícil de atrapar todas las partículas, especialmente las más finas. Nuevas soluciones se están desarrollando mediante el recubrimiento de superficies de acero con un revestimiento cerámico muy duro, la protección contra el desgaste erosivo o retrasar el proceso.

Hay altos costos directos asociados con la reparación y sustitución de álabes de la turbina de cavitación dañado. Sin embargo, las aplicaciones de ciencia de los materiales, tales como pulverización en frío, pueden reducir el costo de la implementación de la nueva energía hidroeléctrica o ampliar la vida útil de los proyectos hidroeléctricos existentes. de pulverización en frío es un método que funciona por disparos de partículas de metal a velocidades muy altas en la zona dañada; la energía de impacto creado por estas altas velocidades produce un estado sólido soldadura entre la partícula y la superficie de la turbina. Con esta fusión técnica y común la degradación del material en las técnicas de reparación de soldadura actuales no se produce y de energía hidroeléctrica álabes de la turbina se dejan en su forma original. reparación de pulverización en frío es capaz de depositar materiales con una dureza y resistencia al desgaste que igualar o superar la del metal base de la turbina. Una alternativa es el procesamiento de agitación uso fricción.

Una solución más eficaz es el uso de revestimientos protectores. Estos aumentan el tiempo entre revisiones por un factor de entre dos y cinco y reducir el daño a algunas partes específicas de la turbina en una cantidad aún mayor. Los períodos más largos de operación implican una mayor generación, ayudando en las inversiones

minimizar los daños de la erosión hidro-abrasiva para pagar rápidamente. Por lo tanto, precauciones contra la erosión hidro-abrasiva idealmente deben ser tomadas en el momento que la planta está diseñada. Las mejoras en el desarrollo de materiales se han realizado para casi todos los componentes de la planta.

8 La digitalización de la energía hidroeléctrica

transformación digital es un proceso continuo en casi todos los ámbitos de la vida moderna. En cuanto a la generación de electricidad a partir de energía hidráulica, modelos y procesos de negocio establecidos están cambiando sustancialmente debido a los componentes nuevos, conceptos, métodos y modelos tales como “energía hidroeléctrica

4.0”, aprendizaje automático, sistemas ciber-físicos, inteligencia artificial, Internet de las cosas, la minería de datos y acceso a Internet de los servicios. La digitalización también afectará mantenimiento y operación de centrales hidroeléctricas gracias a su potencial para reducir costes y aumentar la eficacia de la administración de personal. Sin embargo, como las tecnologías digitales están cambiando rápidamente que hay muchos desafíos, que hacen que la implementación de procesos digitales en centrales hidroeléctricas una tarea difícil.

soluciones de plataforma en red en energía hidroeléctrica plantas tienen que combinar los datos previamente aisladas y sistemas de información. Datos a través de todas las áreas deben estar disponibles localmente y de forma centralizada en el empuje de un botón y permitir análisis rápidos. medidas hidroeléctricas digitales innovadores incluyen la gestión del rendimiento de activos, seguridad cibernética, planta y mejoras de flotas, gestión de interrupciones, así como el equipo de monitoreo de condición. Todas estas innovaciones tienen el objetivo de ayudar a los operadores de la construcción, operación y mantenimiento de la central hidroeléctrica a un costo menor. El control de los gastos y la producción de energía, la creación de una turbina hidráulica más eficiente y construir sobre la automatización y el mantenimiento basadas en datos, llevar los servicios de energía hidroeléctrica a niveles sin precedentes. En conjunto, estas innovaciones están proporcionando los propietarios de activos de energía hidroeléctrica con una visión práctica de los datos,

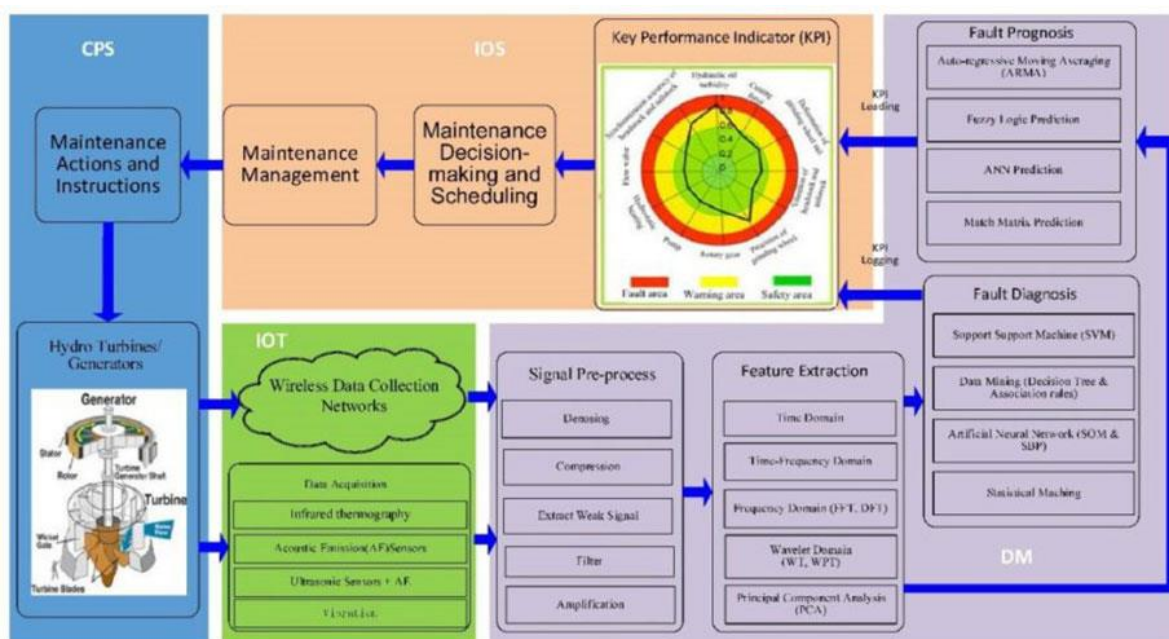


Figura 7-1 - Conceptos de digitalización en la energía hidroeléctrica (Wang, 2016)

Figura 7-1 ilustra cómo los diferentes conceptos tales como los sistemas ciber-físicos (CPS), la Internet de los objetos (IO), minería de datos (DM) y la Internet de los Servicios (IOS) se puede colocar en un marco de mantenimiento predictivo que utiliza mide datos.

8.1 la gestión del rendimiento de activos

Como parte del mantenimiento general de los activos existentes, nuevos análisis se han desarrollado; estos análisis pueden optimizar el mantenimiento de la unidad para reducir los costos de operación y mantenimiento a través de la reducción del tiempo de interrupción, mientras que la vida útil del activo se extiende. La gestión de activos se está convirtiendo cada vez más difícil en todo el sector que necesita ser renovado un número cada vez mayor de los activos de energía hidroeléctrica. Los administradores de activos utilizan digitalización a las embarcaciones e implementar estrategias de mayor valor y la fiabilidad de los activos de energía hidroeléctrica. La digitalización ayudará a asegurar que el papel de la energía hidráulica como fuente de energía flexible y renovable está optimizado dentro del contexto de la planificación y el funcionamiento de los sistemas existentes y futuras de energía. Actualmente, la digitalización ya ha sido desplegada en la modernización de los activos hidroeléctricos existentes, con el fin de mejorar la eficiencia general de la unidad a través de las actualizaciones a turbinas, tubos de aspiración y otro equipo asociado. Sin embargo, en la actualidad explotar todo el potencial de digitalización en esta área es un reto, ya que los datos pertinentes a menudo son omnipresentes, compartimentada, incompleta, de la frecuencia insuficiente, de calidad desconocida, mal alineados en el tiempo, y totalmente inadecuada para el reconocimiento de patrones, la causa y la determinación efecto .

8.2 equipos de monitorización

La energía hidráulica, como una de las fuentes de energía renovable más grande y eficiente, contribuye a la estabilidad de la red gracias a su escala de producción y su flexibilidad. La adaptabilidad es otra característica importante que hace que la energía hidroeléctrica una tecnología clave para la integración de otras fuentes renovables intermitentes de energía a la red. En este contexto, las empresas de servicios públicos hidroeléctricas están cambiando la forma en que operan sus plantas, el cambio de carga base para la producción de energía más flexible. Por lo tanto, inteligente condiciones de control y diagnóstico se vuelven cruciales. Para adaptarse a este cambio de modo de producción, operadores de plantas hidroeléctricas están buscando a ampliar el tiempo entre las revisiones de planta (TBO) y acortar el tiempo medio para la reparación (TTM). sistemas de vigilancia inteligentes permiten realizar un seguimiento de la salud de la planta para detectar los fallos antes de que ocurran, de manera que las plantas pueden ser reparados en el mejor momento posible para minimizar el tiempo de inactividad. Habilitados para Internet Condition Monitoring Systems (CMS) de forma remota recoger y analizar los datos en tiempo real, con el fin de mejorar diagnósticos y pronósticos sobre las fallas en la planta.

8.3 gestión de interrupciones

En el momento en una planta de energía hidroeléctrica o la unidad viene fuera de servicio durante un corte de luz, se detiene la generación de ingresos para su propietario y comienza a acumular gastos. El impacto económico de los cortes de mal planificadas y ejecutadas pueden ser graves.

La pérdida de disponibilidad o de su capacidad debido a las extensiones de interrupción o posteriormente vuelve a trabajar de manera espectacular los efectos de la declaración anual. Para preparar eficazmente para y ejecutar el corte - y rienda en en los costos inesperados y horario de deslizamiento - es necesario procesos de gestión de interrupción definidos sobre la base de cuatro pilares: Identificar, planificar, ejecutar, Review (Figura 7-2).

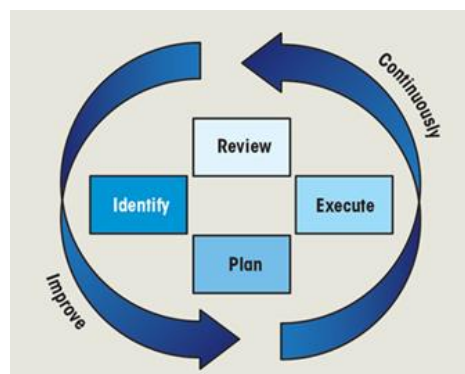


Figura 7-2 - La mejora continua
ciclo

Para gestionar adecuadamente un próximo corte - y sentar las bases para mejorar la siguiente - es importante identificar las actividades que requieren

atención y las métricas para evaluar (después de la interrupción) la eficacia con que se han aplicado. El éxito de la gestión de mantenimiento identifica la lista de trabajo interrupción de varias fuentes, incluyendo:

- solicitudes de trabajo resultantes de las reuniones crítica post-interrupción y la captura de las tareas identificadas durante el corte anterior;
- temas regulatorios, que imponen tareas adicionales y, en algunos casos, determinar la frecuencia de las interrupciones;
- corte y equipos de la historia, que debe ser usado como una fuente más importante para la identificación de los elementos de trabajo de interrupción;
- actividades de mantenimiento preventivo, retraso o el trabajo prórroga a partir de los cortes anteriores.

la planificación interrupción exitosa requiere que los eventos importantes ocurren con mucha antelación. La lista de obras identificadas debe ser bloqueado en el tiempo. De lo contrario, una inundación de complemento de los elementos de trabajo puede aparecer y conducir a la respuesta reactiva, costos excesivos y los excesos de horario. Si complemento de trabajo es inevitable, el solicitante debe pedir que justifican la necesidad de ella y para identificar los elementos de trabajo existentes que pueden ser sacrificados para compensar por ello. Sin embargo, esta situación debe evitarse, ya que es un desperdicio para cancelar un trabajo que ya se ha programado (con partes en orden o ya entregado) con el fin de hacer el trabajo planificado.

La ejecución es también una cuestión de programación. Programación implica conocer la cantidad de trabajo está disponible, cuánto tiempo llevará cada tarea, cómo se requieren muchos recursos de trabajo por tarea y cómo las tareas deben ser priorizados. Un programa de éxito también tiene que estar familiarizado con la ejecución del día a día. actualizaciones horario diario son esenciales. Sin ellos, la finalización del tiempo de la interrupción puede poner en peligro.

La medición de las cosas bien, de la manera correcta y en el momento adecuado, además de comunicarse de manera apropiada, permite el control de las actividades de trabajo mientras se está ejecutando. documentación pobres suele ser la causa de los excesos de costes y tiempo, pero si los problemas continúan en el futuro, a menudo es porque los sistemas adecuados no han sido establecidos para identificar los problemas.

8.4 La energía hidráulica SCADA

Muchas plantas hidroeléctricas están en un proceso de rehabilitación y actualización, con el fin de garantizar un funcionamiento optimizado. Una forma para que las plantas de producción de energía de optimización es para controlar a distancia todas las unidades de producción de energía a través de una Control de supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). Este tipo de sistema se encarga de ambas técnicas de software y hardware basados en computadoras personales (PC), recursos de comunicaciones por línea eléctrica (PLC), unidades terminales remotas (RTU), sensores inteligentes y de comunicación de datos y dispositivos de transferencia. requisitos del sistema SCADA son:

- y la apertura hacia abajo;
- adaptabilidad;
- operativo en tiempo real;
- la seguridad y la fiabilidad de los datos;
- interfaz fácil de usar;
- la disponibilidad y la exactitud (exactitud);
- capacidad de auto-prueba.

8.5 Internet de los objetos (IO) en energía hidroeléctrica

El Internet de las Cosas (IOT) y Big Data-análisis han revolucionado el futuro del sector de la energía. Junto con una infraestructura digital sólida, la IO permiten el acceso a los datos de casi cualquier parte del mundo; sino que también permite analizar los datos, mitigando así el riesgo de las inversiones en activos de energía, y para maximizar el rendimiento de la cartera. Este tipo de análisis es la fuerza impulsora detrás de la gestión normalizada de los activos de energía en todo el mundo. Esto hace posible la producción de potencia, rendimiento supervisar y gestionar carteras de manera eficiente dentro de las grandes redes.

El uso de sensores remotos aumenta en paralelo a la implantación de la IO. Los sensores pueden proporcionar una corriente continua, de alta tasa de datos para mantener al personal operacional informado en todo (de la estabilidad a la generación de calor en cojinetes de la turbina). Los sensores son relativamente simples de la fuente y de instalar. Las mentiras de desafío en la búsqueda de las habilidades capaces de prever y ejecutar las operaciones basadas en datos. Instalar y administrar un entorno operativo formado por miles de sensores es un tema complejo. Igualmente complejo es establecer cómo las conexiones entre los diversos grupos de sensores teórico se puede girar para dirigir ventaja operativa. La gama de la industria específica y habilidades de TI necesita aquí es bastante amplia. Experiencia en el desarrollo de las comunicaciones cognitivas de máquina a máquina es necesaria para el desempeño de energía hidroeléctrica sintonía de acuerdo con la demanda y las condiciones ambientales. Al mismo tiempo, las habilidades para integrar Se necesitan tecnologías operativas y de información. Preparación de pronósticos precisos y que los vinculen a los sistemas de comercio, por ejemplo, combina la experiencia que tradicionalmente ha sido separado de acuerdo con el enfoque profesional.

Durante muchos años, los servicios públicos han estado aplicando análisis de datos para la predicción de la generación y el consumo y para el comercio optimizado. Sin embargo, se han producido cambios significativos tanto en los modelos operacionales que afectan a la energía hidroeléctrica, y en las formas en que el análisis, la computación cognitiva e Internet-de-cosas pueden ser utilizados para crear ventaja operativa. En este nuevo escenario, los datos abiertos se vuelve particularmente importante.

Una combinación energética sólo puede funcionar si es impulsada por los datos. Esto no es sólo acerca de la gestión de la red eléctrica; también se trata de ser capaz de crear modelos operativos con múltiples y multi-escala proveedores. La colaboración entre entidades que, una vez se habría visto como competidores se convertirán en la norma. computación cognitiva tiene un impacto real también, como los resultados de análisis continuos se convierten en los insumos para la máquina de aprendizaje activo. Al otro lado del ecosistema más amplio, computación cognitiva puede ayudar a los operadores de energía hidroeléctrica para aumentar la eficiencia de la planificación y la producción colectiva, tanto con los principales proveedores de la red y con los productores independientes más pequeños.

Estos nuevos niveles de colaboración mutuamente provechosa pueden recurrir a las fuentes de datos más amplio y abierto en sus asociaciones operacionales más flexibles. operadores de energía hidroeléctrica, por ejemplo, ahora puede hacer tanto en tiempo real e histórico previsiones de consumo parte de la rutina de planificación al día siguiente. Para ello, pueden hacer uso de fuentes tan diversas como los datos abiertos de expertos en meteorología y las previsiones de producción de la industria local.

8.6 inteligencia artificial y aprendizaje automático

plantas de envejecimiento pueden ser caros de mantener, pero se pueden ahorrar costes en el mantenimiento gracias a una mejor planificación y mantenimiento dirigido permitido por la digitalización. En los últimos años, la digitalización de la energía hidroeléctrica tiene pase a la siguiente fase, que consiste en el desarrollo y ensayo de una variedad de algoritmos

y métodos diseñados para analizar los datos de funcionamiento de los sistemas de control de la planta de energía. Modelos y algoritmos utilizando datos operativos de los sistemas de control, así como de otros sensores y equipo de medición instalado en las plantas, se han desarrollado recientemente. Estos sistemas, también conocidos como “gemelos digitales”, proporcionan una notificación rápida de cambios en la función o el rendimiento.

Modelos y algoritmos cada vez más empresas de ayuda para identificar fallos o, más precisamente, fallas futuras en las plantas. El objetivo es identificar esos defectos antes de que ocurra una avería grave. A través de la digitalización y conceptos adecuados, la industria de la energía hidroeléctrica tiene un gran potencial para los procesos de mantenimiento de racionalizar y reducir los costos.

9 Operaciones y mantenimiento

9.1 la planificación de las operaciones

propietarios de las instalaciones hidroeléctricas necesitan para operar bajo varias limitaciones, incluyendo el mantenimiento de la calidad ambiental, la prevención de los riesgos de inundación, y la disponibilidad de suministro municipal de agua adecuada y actividades recreativas. Con el fin de optimizar el uso del agua disponible, las operaciones son planeadas cuidadosamente. Se estima la generación esperada en base a las previsiones de lluvia / escorrentía proyectados (niveles de acumulación de nieve se usan en climas montañosos y norte). Seguridad y operatividad se mejoran en gran medida por los programas de previsión del tiempo para informar al operador de cantidades de lluvia y los volúmenes de agua que deben llegar a la planta de energía de varias horas a varios días de anticipación. Este proceso de planificación dinámica requiere la revisión con el tiempo. cortes de unidad, que se ejecutan durante los períodos de baja disponibilidad de agua,

9.2 Automatización y digitalización

Las centrales hidroeléctricas son por lo general altamente automatizados, ya que son típicamente en áreas de difícil acceso. Muchas plantas de energía hidroeléctrica son no tripulados, confiando en ciclos regulares de servicio y sistemas de automatización para descubrir cualquier anomalía que ocurren que podrían conducir a eventos peligrosos. Las plantas se controlan o accionan a distancia como una piscina central eléctrica y algoritmos de software controlan automáticamente muchos procesos. Los sistemas SCADA supervisar, controlar, optimizar y gestionar los sistemas de generación y transmisión. Los principales componentes de estos sistemas son unidades terminales remotas (RTU) que los datos de recopilar automáticamente y se conectan directamente a los sensores, metros, registradores o equipo de proceso. Están ubicados cerca el proceso de verificación y que transfieren los datos a la unidad de controlador cuando se solicita. A menudo incluyen software, capacidades integrales de registro de datos, un reloj en tiempo real y una batería de respaldo. Estos dispositivos son unidades completas remotas terminales que contienen todos los transceptores, codificadores y procesadores para un correcto funcionamiento en el caso de que una RTU primario deja de funcionar. Las lecturas del medidor y los informes de estado del equipo también se pueden realizar por los controladores lógicos programables (PLCs).

La digitalización es un factor clave para los procesos más ágiles y eficientes, posibilidades remotas, mejores redes y aplicaciones sofisticadas de gestión de los canales de comunicación de la plantilla son ya una certeza en muchas centrales hidroeléctricas. Al mismo tiempo, la digitalización se utiliza cada vez más en el mantenimiento preventivo y predictivo, ya que permite procesar gran cantidad de datos y para realizar cálculos que vienen mucho más cerca de la determinación del riesgo; de hecho, permite detectar las anomalías de forma más rentable y proporcionar la inteligencia para hacer un juicio exacto.

9.3 estrategias de mantenimiento

Al lado de la eficiencia, la disponibilidad de una planta de energía determina su productividad. Minimizando el tiempo de interrupción y la optimización de los intervalos de mantenimiento es un reto considerable para todas las centrales hidroeléctricas, especialmente los que la entrega de potencia de equilibrio debido a la operación dinámica relacionada, cargas dinámicas y un mayor desgaste. Los programas de mantenimiento están dirigidas a reducir o eliminar los fallos del equipo no planificados,

por lo que la interrupción en la generación de electricidad se evitan. Estos programas prevén el mantenimiento de rutina de la instalación, equipos para transporte de agua (por ejemplo, compuertas del vertedero, conductos de agua, canales de flujo), el equipo hidráulico relacionada con la turbina y el generador, de conmutación, el equilibrio de la planta, y el transformador de aumento. Estrategias de mantenimiento suelen ser diseñados teniendo en cuenta la fiabilidad, los costes de producción, tiempos de parada, los costes de mantenimiento, y otro criterio estratégico. En general, es posible distinguir diferentes tipos de mantenimiento (DOE, 2016):

- **mantenimiento bajo condiciones** consiste en la programación de las actividades de inspección y mantenimiento sólo si los problemas se detectan mediante el seguimiento periódico de la maquinaria o mediante la observación de las tendencias anormales que se producen con el tiempo. Para este fin, el equipo normalmente viene con sensores que pueden detectar cambios en el rendimiento del equipo y del monitor anomalías que pueden requerir un mantenimiento correctivo. Este enfoque ayuda a evitar mayores inconvenientes.
- **mantenimiento preventivo basado en el tiempo** se basa en las inspecciones realizadas en un horario basado en el tiempo de calendario o el tiempo de funcionamiento de la máquina. No está destinado a resolver un problema específico, sino más bien para detectar y mitigar la degradación de un componente o sistema y para extender su vida útil. Este es el método de mantenimiento más común en instalaciones hidroeléctricas. Los periodos de tiempo para las actividades de mantenimiento son generalmente basa en la experiencia de funcionamiento, las recomendaciones del fabricante, o los requisitos reglamentarios. La mayoría de las actividades de mantenimiento se llevan a cabo durante las interrupciones planificadas, que permiten a los propietarios de instalaciones para llevar a cabo las inspecciones, reparaciones, las actividades de limpieza y pruebas de diagnóstico. Estos incluyen el mantenimiento de las vías fluviales, turbinas, generadores y transformadores.
- **Mantenimiento correctivo** No está previsto y se aplica cuando el equipo deja de funcionar. Este enfoque no requiere sistemas de monitoreo, pero puede causar tiempo de inactividad, los principales inconvenientes y generación y pérdidas económicas cuando aparecen fallos. Por lo tanto, el mantenimiento correctivo en una instalación de energía hidroeléctrica se limita generalmente a componentes que no son de misión crítica o que puede ser sustituido dentro de unas pocas horas.
- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad** es un enfoque sistemático basado en la combinación de técnicas de mantenimiento predictivo y preventivo para alcanzar el más alto grado de fiabilidad y facilidad de coste-efectividad. Implica la recopilación de datos de operación y mantenimiento, la realización de análisis y opciones para el desarrollo de mantenimiento. Después de la primera ronda de votaciones de mantenimiento completo se reunió para ver si las opciones eran óptimos y precisos, y se realizan ajustes según sea necesario. Este proceso se repite de forma regular.

Mientras que los enfoques tradicionales se basan principalmente en el mantenimiento preventivo y correctivo, mantenimiento predictivo puede aportar beneficios considerables a las operaciones de la planta de energía hidroeléctrica. De hecho, con un sistema de monitoreo en tiempo real el análisis de la salud de los componentes de la planta, se pueden tomar medidas en un tiempo oportuno, extendiendo la operación y dar una mejor planificación para el mantenimiento programado. Mientras que el mantenimiento preventivo implica un seguimiento constante de la situación de una central eléctrica y el correcto funcionamiento de sus componentes (por lo que requiere mucho tiempo y recursos), el mantenimiento predictivo representa un cambio significativo en lugar del ritmo gracias a su estrategia de gestión basada en los datos. El mantenimiento predictivo requiere un importante número de sensores que recogen un enorme conjunto de datos de todos los componentes. Estos conjuntos de datos se analizaron a través de modelos específicos y algoritmos avanzados para proporcionar información detallada sobre los equipamientos y las infraestructuras, permitiendo así que los equipos de mantenimiento a las obras de horario antes de un fallo potencial que podría suceder y la optimización de los costes y las horas-hombre. Más específicamente, la herramienta de soporte de decisiones integrada para gestión de vida activo utiliza datos en tiempo real para la situación de los activos críticos FCRPS monitoreo y permite el cálculo de las estimaciones de vida útil restante (junto con límites de confianza) para los activos controlados. También realizan integral del riesgo herramienta de apoyo de decisiones integrado para la gestión de vida activo utiliza datos en tiempo real para la situación de los activos críticos FCRPS monitoreo y permite el cálculo de las estimaciones de vida útil restante (junto con límites de confianza) para los activos controlados. También realizan integral del riesgo herramienta de apoyo de decisiones integrado para la gestión de vida activo utiliza datos en tiempo real para la situación

análisis para predecir cambios en el riesgo operativo en base a la condición monitorizada de los activos y permite la evaluación de costo-beneficio para la programación del mantenimiento predictivo. Por último, proporcionan entradas potenciales en la toma de decisiones para el control operacional de la planta, permitiendo que pasara si evaluaciones que incorporan en tiempo real condición de los componentes y de previsión de fallos probabilidades.

9.4 monitoreo remoto centrales hidroeléctricas

Con el fin de garantizar la seguridad de las estructuras de energía hidroeléctrica y la eficiencia de los equipos electromecánicos, un gran número de instrumentos de control se implementan y se instala para el control de los parámetros críticos. Estos instrumentos pueden ser incrustados en la estructura misma, durante la construcción, o instalados en su zona y las instalaciones de los alrededores. Una estructura hidroeléctrica grande podría tener cientos de instrumentos instalados monitoreo. La mayoría de ellos están equipados con sensores eléctricos, para que puedan ser controlados de forma remota. Los tipos más comunes de sensores utilizados en instrumentos de vigilancia hidroeléctricas son:

- vibrante sensores de alambre;
- sensores resistivos;
- salida de corriente o de tensión sensores industriales;
- , sensores de salida de frecuencia inductivos;
- sensores de salida digitales en serie.

La complejidad de las presas requiere el uso de múltiples sensores para la vigilancia. Cada sensor se centra en un área diferente de la barrera principal, las pistas que rodean el depósito de agua, y las estructuras de servicios públicos. Por lo general, las mediciones se realizan en un número limitado de puntos de control, debidamente establecidas en posiciones clave para extrapolar el comportamiento de toda la estructura. En paralelo, el seguimiento de la presa se ha beneficiado del desarrollo de las técnicas de teledetección desde plataformas terrestres y por satélite. Entre estas técnicas para la medición areal deformación se incluyen dos tipos de sensores basados en tierra: escaneo láser terrestre y radar de apertura sintética basado en tierra (SAR).

En cuanto a los equipos electromecánicos, la señal de vibración es el indicador más utilizado para evaluar el estado de salud y la estabilidad de la unidad de generación de energía hidroeléctrica, ya que la predicción tendencia vibración es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y llevar a cabo el mantenimiento condición. Sin embargo, otro tipo de sensores están disponibles comercialmente. sistemas de control acústico permiten supervisar espacios grandes con muchas máquinas y sistemas que proporcionan simultáneamente valor añadido adicional para operadores de las instalaciones en comparación con los sistemas de seguimiento condicionales tradicionales, que dependen de sensores montados en piezas de la máquina dedicados. Equipado con grabadora de sonido para la adquisición, el procesamiento previo y la transmisión de datos de sonido, y el registrador de datos para la adquisición, el procesamiento previo y la transmisión de datos de proceso,

9.5 Previsión del río y la optimización del uso del agua

operadores de energía hidroeléctrica liberan agua de una manera que optimiza la generación de energía y equilibrar los objetivos económicos, sociales y medioambientales. Varias herramientas analíticas se han desarrollado para apoyar a los operadores en la planificación y la programación sobre una base espacial y temporal. sistema de ríos en tiempo real

herramientas de programación modelado se han desarrollado para la toma de decisiones operativas, la predicción de respuesta, la gestión de inundaciones y el plan de acción de emergencia, la optimización del sistema, y la planificación de los recursos a largo plazo. Estas herramientas de programación en tiempo real permiten al usuario comparar varias alternativas de planificación mediante el modelado de procesos hidrológicos e hidráulicos, producción de energía hidroeléctrica, y los parámetros de calidad del agua tales como el oxígeno disuelto, total de gas disuelto, y la temperatura, entre otros factores. modelos hidrodinámicos y agua de calidad y optimización capaces de simular y predecir cómo las prácticas de manejo de cuencas podrían afectar a la calidad del agua de un embalse. Estos modelos utilizan varias suposiciones y aproximaciones a la hidrodinámica simular y transporte para predecir variables tales como elevaciones de la superficie de agua, velocidades, temperaturas,

10 la capacidad de recuperación de infraestructura

La resiliencia se refiere a la capacidad de volver rápidamente a una condición previa bueno después de que surjan problemas. En las estructuras de energía hidroeléctrica también significa la capacidad y adaptabilidad para operar en situaciones adversas, que pueden ser extrema o ligeramente diferentes de aquellos para los que fueron diseñados la planta de energía y de las infraestructuras relacionadas. situaciones adversas extremas para las centrales hidroeléctricas y las infraestructuras de seguridad se derivan principalmente de las inundaciones y los terremotos. La prioridad es, por lo tanto, para aumentar la resistencia de las infraestructuras contra estas amenazas. Otra fuente de riesgo es el envejecimiento de las infraestructuras. En las próximas décadas, más y más infraestructuras van a llegar al final de la vida útil esperada del proyecto (100 años) y la mayoría de ellos necesitan modificación. A través de la evaluación periódica de riesgos, los propietarios de las infraestructuras pueden mantener los riesgos de eventos naturales bajo control. El envejecimiento de los riesgos relacionados se tratan mejor a través del mantenimiento predictivo, que permite aumentar la vida útil infraestructuras. Se trata de mejorar los sistemas de vigilancia para detectar las primeras etapas del envejecimiento, el desarrollo de modelos de comportamiento para predecir la evolución del envejecimiento, el establecimiento de criterios de reparación y pruebas técnicas de refuerzo.

10.1 la capacidad de recuperación de inundaciones

Control de inundaciones en infraestructuras de energía hidroeléctrica se ha mejorado en gran medida en las últimas décadas. simuladores de gestión de inundaciones han elevado el nivel de conocimiento y la experiencia del personal de las centrales hidroeléctricas de funcionamiento. Los métodos para la estimación de crecientes se han mejorado en gran medida mediante la inclusión de nuevos patrones y gran conjunto de datos y ahora se utilizan **ampliamente. Los casos de carga se han aclarado y refinado. Dos acontecimientos importantes se consideran: la avenida de diseño y el comprobar inundación.** Los periodos de retorno de ambos eventos se han incrementado, en base a la evaluación de riesgos. El aumento de clientes potenciales período de retorno para aumentar la capacidad de la descarga y la necesidad de recalibración de los aliviaderos de presas: Clave del piano y el hormigón o la puerta de metal fusible son las principales soluciones para la recalibración del aliviadero. El tránsito de avenidas fue cambiado y mejorado, mientras que la innovación ha dado lugar a nuevas soluciones para evitar el desbordamiento, incluyendo losas de hormigón, hormigón proyectado vertedero incrustado en el muro de contención, aliviadero secundario en RCC coloca en la cara aguas abajo del terraplén. Consideración de los efectos del cambio climático se ha incluido en los estudios más recientes hidrológicos. Las vistas compartidas en esta tendencia son necesarios para fortalecer las hipótesis y resultados. Por último, la verificación de la consistencia de las directrices aprobadas en los países europeos es una de las más importantes medidas para mejorar la seguridad de la energía hidroeléctrica en Europa.

La razón fundamental para mejorar el control de inundaciones de las infraestructuras hidroeléctricas radica en la necesidad de:

- garantizar la protección de la población aguas abajo de los efectos de las inundaciones;
- aumentar el nivel de conciencia de los propietarios dam's y las autoridades públicas;
- cabida a efectos los cambios climáticos; y
- garantizar el cumplimiento de la legislación nacional y europea.

Los principales impactos de la industria son:

- aumento de la explotación flexibilidad depósito; y
- maximizar la producción de energía.

10.2 la capacidad de recuperación del terremoto

la capacidad de recuperación del terremoto es también una prioridad para garantizar la seguridad de infraestructuras. CIGP Boletín 148 (2016) actualiza las directrices existentes para la seguridad sísmica, la introducción de nuevas y más que abarcan conceptos. Los casos de carga se han confirmado y refinado. Dos acontecimientos importantes se consideran: el terremoto de funcionamiento básico (OBE) y el terremoto de evaluación de la seguridad (VER). Los periodos de retorno de ambos eventos se han aclarado y el aumento de los riesgos. Incluye criterios de diseño sísmicos que han de aplicarse a las presas, a las estructuras anexas y a los componentes pertinentes electromecánicos (desagües de fondo, compuertas del vertedero y unidades de potencia). nuevos métodos geofísicos relevantes en función de grabación de ruido ambiental y el procesamiento pueden capturar el periodo fundamental de vibración de la estructura. dinámica sofisticados análisis métodos, que permiten el cálculo de la no lineal respuesta sísmica de terraplén y concretas presas, están disponibles; Sin embargo, sus resultados deben ser verificados con los datos observados. La mayor parte de las presas existentes fueron diseñados utilizando los métodos antiguos y es altamente recomendable re-evaluar su seguridad sísmica. Muchas pequeñas presas son muy sensibles a los terremotos y las obras de refuerzo pueden ser necesarios. múltiples riesgos sísmicos asociados a desprendimientos de rocas, deslizamientos de tierra, asentamientos, licuefacción y otros factores, deben ser considerados.

Las presas de varios tipos ya han sido sometidos a los terremotos intensos con altas magnitudes ($M \geq 6$) y con epicentros en distancias relativamente cortas de la represa. Hay varias publicaciones que describen los efectos suyos; sería muy útil para informar de estas evaluaciones en una base de datos única europea y extraer de él las mejores prácticas a los daños causados por los terremotos Evita.

10.3 La evaluación de riesgos y la protección de la sociedad civil

los marco de análisis de riesgo es un enfoque maduro, que se aplica cada vez más a través de diferentes países. Por ejemplo, el análisis de riesgos se utiliza como soporte principal para la seguridad de la presa de toma de decisiones para el US Bureau of Reclamation (Recuperación) y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército (USACE). metodologías y directrices adhoc ya se han producido para el problema de la seguridad de presas, y el tema se incluye a menudo en conferencias en el sector. Se ha demostrado su idoneidad para dar prioridad a la inversión en seguridad de presas y la gobernabilidad, ya que facilita la identificación de los contribuyentes de riesgo y objetivamente cuantifica el impacto y la eficiencia de las posibles medidas de reducción de riesgos. También hay una tendencia a pasar de determinista a métodos probabilísticos. Esto permite a los ingenieros a juicio de ingeniería equilibrio y cálculos en todos los aspectos de la seguridad de las presas. Además, diferentes niveles de análisis de riesgo se han desarrollado, desde revisión evaluaciones a nivel de unos pocos individuos a un equipo de análisis de riesgo significativo en profundidad como con Oroville incidente Aliviadero de la presa en California, EE.UU.. En este contexto, los modelos numéricos son herramientas de estimación de valor incalculable para las probabilidades de fallo asociados a un determinado modo de fallo a través de técnicas de fiabilidad. Por ejemplo, las incertidumbres en las entradas de un modelo se propagan hacia su resultado, de modo que una función de densidad puede obtenerse en lugar de un valor determinista. Este tipo de análisis generalmente requiere una gran cantidad de casos para ser ejecutado y un enorme tiempo de cálculo, a menudo inviable. De este modo, se limitan a los modelos numéricos muy simples o incluso a expresiones analíticas. a partir del cribado evaluaciones a nivel de unos pocos individuos a un equipo de análisis de riesgo significativo en profundidad como con Oroville incidente Aliviadero de la presa en California, EE.UU.. En este contexto, los modelos numéricos son herramientas de estimación de valor incalculable para las probabilidades de fallo asociados a un determinado modo de fallo a través de técnicas de fiabilidad. Por ejemplo, las incertidumbres en las entradas de un modelo se propagan hacia su resultado, de modo que una función de densidad puede obtenerse en lugar de un valor determinista. Este tipo de análisis generalmente requiere una gran cantidad de casos para ser ejecutado y un enorme tiempo de cálculo, a menudo inviable. De este modo, se limitan a los modelos n

Las centrales hidroeléctricas son clave infraestructuras críticas, como otras instalaciones dependen del suministro de energía para sus operaciones diarias. Está por lo tanto, fuertemente regulado y gran parte de la información en torno a los problemas de seguridad es confidencial. Esta situación hace que sea muy difícil para los servicios públicos de energía a compartir información acerca de las soluciones de seguridad y compartir sus recursos para la investigación y la innovación. Debido

a la naturaleza misma de la infraestructura actual del sector de la energía y las consecuencias de los fallos de seguridad, el sector energético tiene algunas de las infraestructuras críticas más seguros y protegidos en Europa. La seguridad se considera desde el primer momento (seguridad por diseño) para todas las plantas y redes de productores de energía, ya que son vulnerables a la hecha por el hombre (el terror o error) y los desastres naturales.

Recientemente, ciberamenazas se han convertido en la mayor preocupación en la industria energética. Estos a menudo pueden tener repercusiones en el dominio físico. Esto es de gran preocupación, ya que en muchos países las agencias reguladoras que gestionan las amenazas físicas son separados de los relacionados con las amenazas informáticas; Por otra parte, a menudo poca o ninguna colaboración está en su lugar. Se necesita un enfoque coordinado entre todas las partes interesadas.

10.4 Aumento de por vida de las infraestructuras

Entre proyectos de energía hidroeléctrica elementos principales hay presas, aliviaderos, desagües de fondo, circuitos hidráulicos, las estructuras de entrada y salida y casa de máquinas. El rendimiento de estas infraestructuras influye en la calidad de la operación y el nivel de estructural, hidráulica terminar funcionalidades ambientales. anomalías detectadas, incidentes y / o accidentes son indicadores de un rendimiento insatisfactorio y la necesidad de mejoras. Las inversiones para la rehabilitación de infraestructuras están relacionadas principalmente con:

- recalibración de las crecidas de diseño y la capacidad del vertedero;
- mejora de la capacidad de resistencia sísmica de presas;
- hormigón hinchazón de presas de hormigón;
- mejora de la resistencia a la erosión de diques de contención;
- mejora de la vigilancia de la presa.

10.4.1 El envejecimiento del hormigón: la expansión del hormigón de las presas

fenómenos de hinchamiento concretos asociados en especial con las reacciones álcali-agregado, representa el principal problema mundial que afecta a las presas y estructuras de hormigón proyectos de energía hidroeléctrica. Por ejemplo, las relaciones de presas afectadas son 32% de presas (19 en 60) en Portugal; 20% (31 en 156) en Francia; 14% (22 en 154 presas) en Suiza. Otros casos en todo el mundo están descritos en la bibliografía específica. El problema es tan grande que la puesta fuera de servicio o ya se han producido de sustitución (por ejemplo, la sustitución de la presa de Sera en Suiza y el Ceira presa Alto en Portugal). La mayoría de las reacciones expansiones habituales son reacciones álcali-agregado (AAR), incluyendo reacciones álcali-silíce (ASR), interna ataque por sulfatos (ISA) y retardada Formación etringita (DEF). Pueden ocurrir a cualquier edad concreta (de 0 a 50-80 años). Sus principales efectos son agrietamiento severo y propiedades de degradación mecánicas, desplazamientos irreversibles, los movimientos que provocan interferencias con aliviaderos puertas y otros equipos, y disminución de la seguridad estructural. la gestión de procesos de expansión incluye varias medidas de mitigación que tratan de controlar la velocidad y la duración del fenómeno (geomembrana de PVC para evitar que el agua entre en el hormigón), los anclajes (de alta resistencia post-tensado o anclajes de acero dulce no acentuadas para asegurar el agrietado áreas concretas), (lechadas de cemento y / o epoxi) rejuntado, cortes de ranura de hormigón, aplicación de revestimientos epoxi, ajustes de puerta y de equipos y aplicación de sistemas de control dedicados. El objetivo es extender la vida útil de la estructura, el seguimiento de su seguridad y llevar a cabo la evaluación estructural mediante modelos numéricos. movimientos causan interferencia con aliviaderos puertas y otros equipos, y disminución de la seguridad estructural. la gestión de procesos de expansión incluye varias medidas de mitigación que tratan de controlar la velocidad y la duración del fenómeno (geomembrana de PVC para evitar que el agua entre en el hormigón), los anclajes (de alta resistencia post-tensado o anclajes de acero dulce no acentuadas para asegurar el agrietado áreas concretas), (lechadas de cemento y / o epoxi) rejuntado, cortes de ranura de hormigón, aplicación de revestimientos epoxi, ajustes de puerta y de equipos y aplicación de sistemas de control dedicados. El objetivo es extender la vida útil de la estructura, el seguimiento de su seguridad y llevar a cabo la evaluación

10.4.2 la vigilancia de la presa

CIGP emitió un conjunto de boletines con las directrices importantes relativas a la seguridad de presas (es decir, 118 - 2000 138 - 2009, 158 - 2013), lo que subraya el papel de vigilancia para prevenir la progresión de los mecanismos de falla. objetivos de vigilancia para reducir la probabilidad de ocurrencia de incidentes y de la rotura de la presa, por lo que permite evaluar el comportamiento de la presa, se identifican posibles modos de fallo, la detección temprana y la estimación de los niveles de riesgo asociados, y la aplicación de planes de acción de emergencia.

Las agencias gubernamentales han emitido partes de la legislación para hacer cumplir la vigilancia y control de la presa eficaz. El operador tiene la responsabilidad principal de todos los aspectos de la seguridad de presas, incluyendo la reducción de las consecuencias de cualquier rotura de la presa. operadores de energía hidroeléctrica en general, utilizar las mejores prácticas y actualizados sobre la vigilancia de la presa. Sin embargo, en las presas existentes sistemas de instrumentación pueden ser obsoletos o no fiable y re-instrumentación pueden ser necesarias. El nivel de riesgo de la presa, la criticidad de la información proporcionada, el costo y la posibilidad de instalación son todas las cuestiones a tener en cuenta para mejorar los sistemas de vigilancia. Extensas los nuevos avances en la instrumentación presa han surgido y se puede aplicar a las presas existentes con el trabajo de instalación relativamente limitado.

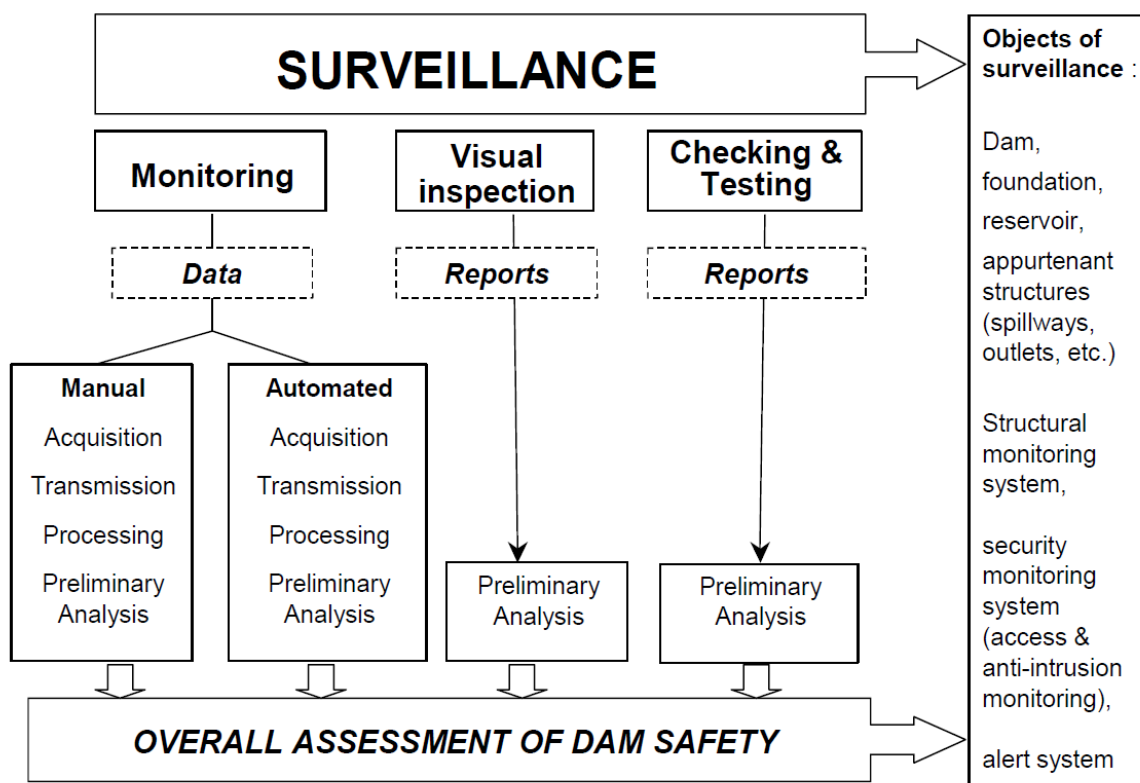


Figura 10-1 - Conceptualización de sistemas de vigilancia represas

Junto a la instalación del sensor en equipamiento e infraestructura, métodos de teledetección también existe:

- imágenes de satélite basados en la técnica de InSar se utilizan para la fluencia lenta monitor o deslizamiento de tierra de las orillas de los ríos;
- aviones no tripulados (UAV) son cada vez más utilizado para hacer encuesta topografía local por fotogrametría o para medir la velocidad de flujo;

- cámaras sónicas incrustados en barcos o robots hacen que sea posible obtener batimetrías precisas durante las inspecciones de presas bajo el agua; que pueden detectar la ocurrencia de sumideros, grietas o agujeros en presas o en sus bases;
- Las cámaras térmicas nueva baratas se utilizan durante la inspección visual para detectar zonas húmedas y fugas ocultas desde el suelo.

10.4.3 El envejecimiento de las estructuras de tierra: erosión interna

erosión interna es un mecanismo que separa las partículas del suelo y medios de transporte en una presa o su fundación como resultado de la filtración. Se hace que la alteración en el tiempo de los materiales (la desecación, la corrosión de las tuberías, la lixiviación de albañilería, grietas, disolución, descomposición de la madera) y es responsable de la falta de un medio casi de las estructuras hidráulicas (presas, diques y canales). Se ha hecho un progreso decisivo en las últimas décadas en la detección y el modelado de este fenómeno. Por ejemplo, las fibras ópticas se pueden instalar en la base de las estructuras, para supervisar continuamente y de forma remota los signos de erosión interna (cambios en el caudal, temperatura y deformaciones). Uno del principal reto para viejas estructuras hidráulicas de barro es fortalecer y uprate sistema de vigilancia, a fin de evitar fenómenos de erosión.

10.4.4 estructuras subterráneas

La impermeabilización de estructuras subterráneas es un problema importante para los operadores de energía hidroeléctrica. Actualmente, es proporcionada por costosa armadura de acero. galerías de hormigón tienen una larga y refuerzo caro. **la fatiga hidráulica de las necesidades de** estructura de hormigón a ser analizada más. La instalación de membrana de PVC en galerías de hormigón es una solución de actualización que mejora la impermeabilización y reduce la rugosidad, lo que permite al operador hacer ganancias financieras sustanciales mediante el aumento de velocidad de flujo y la carga.

El comportamiento hidro-mecánico de las masas de roca fracturada no se ha estudiado a fondo y la regla de edad todavía se utilizan. Se necesitan pruebas y análisis para una mejor comprensión y un mejor uso de la roca. La estabilidad del tanque de compensación y la seguridad de los ejes de presión bajo flujos bifásicos y arrastre de aire son dos cuestiones relevantes afectadas por las futuras condiciones de flujo más duras impuestas por la flexibilidad.

11 Las cuestiones ambientales y sociales

El desarrollo de proyectos de energía hidroeléctrica tiene dos impactos ambientales y sociales positivos y negativos. En cuanto a las cuestiones ambientales, estructuras hidroeléctricas afectan la ecología de un río, principalmente cambiando sus características hidrológicas e interrumpiendo la continuidad ecológica del transporte de sedimentos y la migración de peces a través de barreras físicas, tales como presas, diques y presas. En cuanto al impacto social, la energía hidroeléctrica podrá solicitar a la reubicación de la población local, pero por lo general es un motor de desarrollo socioeconómico. Por otra parte, puede afectar el uso del suelo, la economía, la salud y la seguridad de las comunidades locales. Por otro lado, las comunidades locales pueden beneficiarse de proyectos de energía hidroeléctrica no sólo mediante la generación de electricidad, sino también al permitir que múltiples otras actividades dependientes del agua, como el riego, la navegación, el turismo,

Los principales problemas medioambientales y sociales relacionados con proyectos de energía hidroeléctrica, así como la extensión de sus efectos positivos y negativos, son por lo general depende del sitio, ya que cada central hidroeléctrica está especialmente diseñado para adaptarse a las características específicas de sitio de un sitio geográfico determinado y los alrededores la sociedad y el medio ambiente. Como cuestión de hecho, HPPs de pasada río no alteran el régimen de flujo de un río, mientras que la creación de un depósito para el almacenamiento de energía hidroeléctrica implica un cambio ambiental importante. En general, la energía hidroeléctrica tiene un impacto medioambiental significativo en los niveles locales y regionales, pero ofrece ventajas a nivel macroecológicos.

Desde el punto de vista del medio ambiente, proyectos de energía hidroeléctrica necesidad de abordar cinco retos principales:

1. continuidad ecológica (migración de los peces y el transporte de sedimentos)
2. Calidad del agua
3. caudal ambiental
4. Hydropeaking
5. jerarquía de mitigación para la biodiversidad

Además, aunque la energía hidroeléctrica no produce emisiones de gases de efecto invernadero durante las operaciones, el metano (CH₄) las emisiones de los embalses podrían ser sustanciales bajo ciertas condiciones y esto implica la necesidad de evaluar adecuadamente el cambio neto en las emisiones de gases de efecto invernadero inducido por la creación de tales depósitos.

11.1 migración de los peces

Como se mencionó anteriormente, las represas pueden crear obstáculos para el movimiento de las especies de peces migratorios, reduciendo así el acceso a las zonas de desove y cría zonas y, finalmente, la disminución de las poblaciones de peces migratorios. Las necesidades de migración de peces, especialmente salmónidos y amphihaline especies europeas, están muy bien documentados (directrices, retroalimentación de experiencias). Sin embargo, el comportamiento de aguas abajo de los peces menos conocida (excepto para salmónidos y anguilas).

migración de los peces aguas arriba sólo puede ser facilitado con obras civiles instalados en presas (escalas de peces, elevadores de pescado) o artificiales con ríos de by-pass (cuando sea posible, a by-pass pequeñas represas). Estos dispositivos son bastante eficiente, aunque pueden causar retrasos de migración que pueden ser perjudiciales para algunas poblaciones de peces.

migración de los peces aguas abajo plantea retos más significativos. En este caso, minimizar los impactos negativos sobre las poblaciones de peces puede ser posible mediante diversas medidas constructivas u operativas. Soluciones están diseñadas de acuerdo a las características del lugar y especies de peces e incluyen:

- **Las turbinas de pescado-amigable:** para lograr este alcance de turbina objetivos de diseño a minimizar los huecos entre componentes rotatorio y fijo, crear como bordes de ataque de álabes del rodete, reducir la velocidad del corredor de rotación; minimizar el número de álabes del rodete y / o permitir turbulencias bajas.
- **Superficie inferior o by-pass** para presas más altas: en este caso pantallas u otro tipo de barreras para peces se colocan en frente de la toma de agua para evitar que el pescado sea llevado a la turbina y para guiarlos hacia el paso de pescado.
- **medidas operativas:** en ciertos casos, las turbinas de aberturas de apagado o aliviadero puede ser necesario en ciertos períodos para dejar que el pescado (anguilas principalmente) pase a través de las puertas de la presa.

Sin embargo, para cada uno de estos dispositivos, las condiciones hidráulicas no siempre son óptimas y los impactos residuales en los peces pueden permanecer importante. supervivencia de los peces es muy sitio- y las especies dependientes. Por otra parte, hay que tener en cuenta el hecho de que el diseño de pescado ambiente puede aumentar la pérdida de costes de mantenimiento y de cabeza. La reserva de agua para el movimiento de los peces o tomar las plantas fuera de línea para permitir la migración de peces, implica una pérdida de ingresos para el propietario del proyecto.

Cuando los peces son atraídos a la planta en lugar del paso de peces, puede ser necesario para implementar las barreras de pescado en el canal de descarga. Los diferentes tipos de barreras, como estroboscópicas y luces láser, cañones acústicos, burbujas y los campos eléctricos, se han probado o implementado, pero su eficacia no es realmente demostrado y, de nuevo, es altamente sitio- y las especies dependientes.

Con el fin de costos de garantía, así como la eficacia ecológica, proyectos y necesidades medidas que deben evaluarse específicamente en el sitio; También puede haber casos en los que facilitar la migración de peces no va a ser relevantes, tales como:

- donde la migración de los peces es (era) evitado debido a otras barreras (físicas);
- donde no hay hábitats adecuados pueden encontrarse o crearse UP / aguas abajo;
- donde no hay hábitats específicos de tipo agua se pueden realizar;
- en presas, donde no se esperan mejoras ecológicas significativas;
- donde una separación de especies tiene sentido y también se prefiere por razones ambientales, tales como la protección de poblaciones específicas de la enfermedad o el desplazamiento;
- en caso de que existan poblaciones autóctonas por encima de la barrera a la migración.

11.2 Sedimentación

carga de sedimentos de un río se compone de sedimentos del lecho del río y sedimentos generados por la erosión en la cuenca de drenaje. Mediante la reducción de velocidad de la corriente y la pendiente de la masa de agua, presas disminución de la capacidad de sedimentos portadores de ríos. Los depósitos de sedimentos en el embalse reducen su capacidad de almacenamiento y podría conducir a la elevación del lecho del río y un aumento en el riesgo de inundación. Además, la retención de sedimentos en los embalses puede conducir a un déficit de sedimentos aguas abajo del esquema con consecuencias potencialmente graves (incisión río, impacto en la reproducción de peces, etc.)

técnicas de gestión de sedimentación reducir están dirigidos a reducir estos riesgos. Respecto a **sedimentos finos**, extracción mecánica o dragado-dilución son práctica actual (pero caro). Sin embargo, los impactos en los salmónidos y otras especies y, por tanto, la determinación de un umbral de pilotaje para una operación de gestión de los sedimentos siguen siendo muy difíciles de evaluar. En **caso de sedimentos de grava**, transparencias Dam (rubor) pueden ser operados en torrentes con un alto nivel de transporte gruesa. Pero esto es

no siempre es posible. Donde los sedimentos de grava faltan las presas aguas abajo, **restauración de la morfología de los ríos** puede ser implementado, para mitigar la incisión lecho del río y reducir los riesgos para riverine.

11.3 Calidad del agua

Dependiendo de la naturaleza de la planta de energía hidroeléctrica, las sustancias en contacto con el agua que fluye a través de la turbina (típicamente lubricantes) pueden ser liberados accidentalmente en las vías fluviales, lo que afecta la calidad del agua aguas abajo. Soluciones para evitar este riesgo están disponibles e incluyen hubs libres de aceite o lubricantes ambientalmente aceptables. Sin embargo, este tipo de contaminación se mantiene relativamente marginal en comparación con los cambios en la calidad del agua observadas en grandes embalses.

Los cambios en la calidad del agua en los embalses dependen del tiempo de residencia del agua, la estratificación térmica, la calidad de los sedimentos y la calidad de las aguas entrantes, que dependen del contexto geológico, usos del suelo, las concentraciones de nutrientes, el clima, etc.). Dado que estos factores no pueden ser gestionados directamente, tienen que ser evaluados en las primeras fases de la gestión de proyectos para diseñar un esquema de energía hidroeléctrica que reducen el riesgo de la degradación de la calidad del agua; las cuestiones que ser cuidadosamente considerados son: la selección del sitio, diseño apropiado, la morfología futuro embalse y características hidráulicas. eutrofización modelos hidrodinámicos y se pueden utilizar para la comprensión de cómo ayuda la calidad del agua del embalse puede evolucionar en condiciones específicas.

La calidad del agua aguas abajo depende de la del depósito y de las fuentes de aguas arriba. A veces, el agua puede ser desoxigenada y contaminado con contaminantes orgánicos o minerales liberados por el sedimento en el depósito. Por lo tanto, es importante para oxigenar nuevo (diferentes tipos de soluciones existir dependiendo del sitio).

La emisión de gases de efecto invernadero de los embalses grandes, jóvenes y desoxigenación también puede ser un problema, aunque esto no es muy frecuente en Europa (en Europa, por lo general sin la biomasa se deja en depósitos que podrían dar lugar a emisiones de CH₄). Una vez más, la elección del sitio es esencial para limitar este tipo de riesgo.

La calidad del agua también puede verse afectado en algunas operaciones de gestión de presa, como vaciar los depósitos de obras; aunque corta en el tiempo, el impacto de este tipo de operaciones pueden ser graves y tienen consecuencias sobre los usos de la biología o de agua acuáticos. Muchas soluciones se pueden implementar para limitar el efecto negativo, incluyendo pilotando el lavado con umbrales de calidad de agua o la creación de una cuenca de decantación.

11.4 Los caudales ambientales

La gestión sostenible de los caudales ambientales es un tema central, ya que determina tanto la rentabilidad de un proyecto y su aceptación social y ambiental. Dependiendo del país, las directrices sobre este tema pueden ser más o menos precisa y / o vinculante. La aplicación de caudales ambientales es muy a menudo una medida clave para la restauración y la gestión de los ecosistemas fluviales. E-flujos tienen que ser prescrito y analizado específicamente en el sitio. Es crucial la forma e-flujos se definen (día / mes / ... caudal medio), ya que esto podría hacer una gran diferencia.

El objetivo es determinar el valor de flujo de entrada (s) que permiten el mantenimiento de un ecosistema acuático que funcione bien y otros usos del agua, al tiempo que permite la generación de electricidad. Hay muchos métodos disponibles para determinar el caudal ambiental para diferentes tipos de ríos. La mayoría de ellos se centran en las necesidades de las comunidades de peces, pero algunos métodos holísticos están disponibles, también. Por desgracia, no son

siempre bien adaptados a entornos específicos (por ejemplo, área mediterránea o intermitentes / grandes ríos) y por lo general no están suficientemente compartidos con las partes interesadas.

11.5 Hydropeaking

Hydropeaking puede afectar negativamente a la sección aguas abajo de la morfología hidroeléctrica del río y en los organismos acuáticos, ya sea directamente (mortalidad por varada, la deriva catastrófica, etc.) o indirecta (modificación del hábitat físico, la calidad del agua, etc.). El conocimiento sobre las causas ha mejorado recientemente: intensidad, tiempo y las frecuencias de los picos y la tasa de aumento o disminución de los flujos son los principales factores que se pueden administrar para reducir el impacto negativo. Las soluciones pueden ser proporcionados a través de dispositivos constructivos (cuenca de demodulación aguas abajo de la planta) o restricciones operativas. Estos últimos son muy caros y no es compatible con el objetivo de flexibilidad de producción. Por otra parte, todavía hay una falta de consenso sobre la evaluación de los impactos ecológicos. Por lo tanto,

plantas de energía desviación Hydropeaking enteramente evitar que las fluctuaciones que proporcionan un flujo residual ecológicamente apropiado y un lugar adecuado para su reintroducción en el cuerpo de agua fluir. A nivel empresarial, las nuevas plantas de energía desvío a menudo no son económicamente viables. No obstante, proporcionan efectos económicos positivos significativos a nivel macroeconómico.

11.6 jerarquía de mitigación

Todos los proyectos deben respetar la jerarquía de mitigación para apuntar el 'sin pérdida neta' principio de la biodiversidad. Esto se refiere a todas las etapas de la vida del proyecto: diseño, construcción, explotación, mantenimiento y desmantelamiento. En particular, es muy difícil evaluar los impactos a medio o largo plazo, especialmente en un contexto de cambio climático y la adaptación territorial; aún más difícil es determinar la equivalencia ecológica entre los impactos ecológicos y las ganancias asociadas a las operaciones de restauración. En general, la función de los costos, así como la eficacia ecológica tiene que ser garantizada.

12 Las centrales hidroeléctricas en ambiente marino: emergente soluciones

12.1 Mar del agua bombeada plantas de almacenamiento

12.1.1 Concepto

Como el nombre sugiere, un agua de mar bombeada de almacenamiento de planta es una operación de la planta de almacenamiento por bombeo con agua de mar: el océano se utiliza como depósito inferior, mientras que el depósito superior está situado en un punto alto de la costa. Es un activo de almacenamiento y regulación puro. Los principales beneficios de una planta de almacenamiento por bombeo de agua de mar en comparación con una planta de almacenamiento por bombeo en tierra son los siguientes:

- el esquema incluye un único depósito en tierra, lo que permite ahorrar gastos de ingeniería civil y reducir la huella en tierra, lo que limita la competencia por el uso de la tierra;
- la planta está totalmente alimentado por agua de mar, que minimizan el riesgo hidrológico y la competencia con el uso de agua dulce. La planta incluso puede ser implementado en desiertos áridos.

proyecciones de sitio en todo el mundo muestran numerosas zonas costeras que combinan altos recursos solares y eólicos y una topografía favorable, donde las plantas de agua de mar bombeada de almacenamiento podrían aportar la flexibilidad necesaria para el sistema para permitir una mayor penetración de las fuentes de energía renovables variables. También se identifican las oportunidades de los sistemas de energía y de desalinización híbridos.

12.1.2 retos específicos

El principal obstáculo para el desarrollo de la planta de agua de mar bombeada de almacenamiento es probable que sea la sensibilidad ambiental y social de las zonas costeras. Una evaluación exhaustiva de las restricciones legales y las áreas protegidas se llevará a cabo en la etapa de selección del sitio. desafíos técnicos específicos relacionados con el uso de agua de mar también tienen que afrontar:

- los circuitos de depósito e hidráulicos superiores deberán estar completamente estancos para evitar la infiltración de agua salada en el suelo y las aguas subterráneas;
- medidas de mitigación se aplicarán para limitar el crecimiento del bioensuciamiento en las pantallas de entrada de agua, a lo largo de los cursos de agua y en la turbina, con el fin de evitar la eficiencia reducida;
- se llevarán a cabo las estrategias de protección para evitar la corrosión de los componentes de acero de la corrosión en contacto con el agua de mar;
- obras civiles estarán diseñados para resistir eventos marinos extremos y para asegurar una ingesta constante y emisario flujos incluso durante las tormentas.

Estos asuntos deben ser abordados en las etapas tempranas del diseño pero no representan barreras tecnológicas como soluciones probadas de otras industrias están disponibles.

12.1.3 Preparación nivel técnico y estado de desarrollo

Okinawa Ybaru fue el primer y hasta la fecha la única agua de mar planta de almacenamiento por bombeo una alta cabeza del mundo que ha sido construido y operado en el mundo. Se encuentra en la parte norte de la isla de Okinawa, en Japón. Las principales características de la planta se resumen en la Tabla 1.

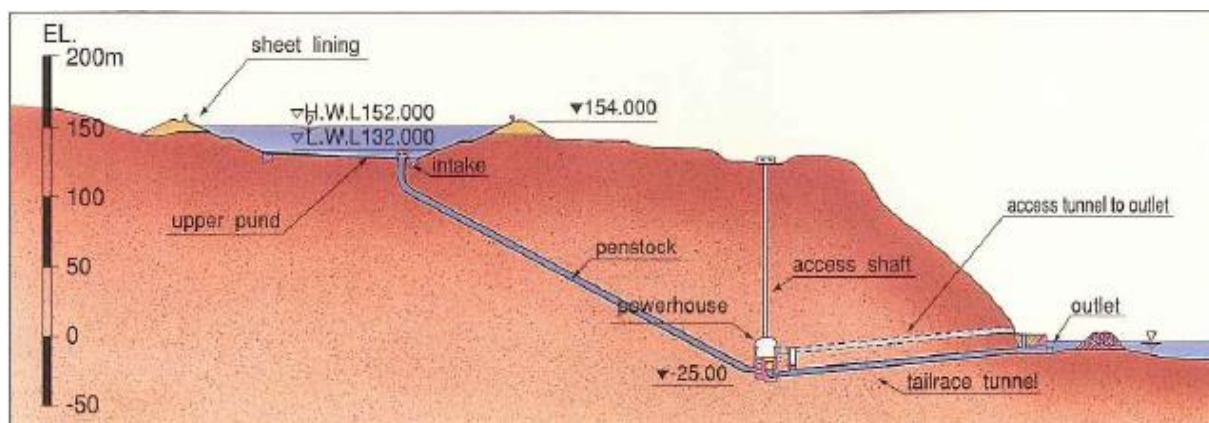


Figura 12-1: Okinawa Yambaru agua de mar planta de almacenamiento por bombeo. Vista general del sitio y el perfil de cursos de agua

Potencia instalada	30 MW
la cabeza efectiva	136 m
descarga máxima	26 m ³ /s
depósito superior de almacenamiento eficaz capacidad	0,56 10 ⁶ metros ³

Tabla 12-1: Principales características de Okinawa Yambaru
Mar del agua bombeada Planta de Almacenamiento



Figura 12-2 - Okinawa Yambaru agua de mar
planta de almacenamiento por bombeo

La planta fue construida inicialmente como un proyecto de demostración para un período de prueba de cinco años (1999-2004), pero después de que fue operado con éxito hasta 2016.

Varios proyectos están actualmente en desarrollo, tales como el proyecto "Espejo de Tarapacá" en el desierto de Atacama en Chile (300 MW) o Cultana proyecto hidrobombeo en Australia (220 MW).

El nivel de la tecnología de disposición de la planta de almacenamiento de agua de mar bombeado se considera que es 8-9.

12.2 planta de energía amplitud de la marea

12.2.1 Concepto

A Tidal Power Plant Rango consta de una presa que encierra un área de mar con amplitud de las mareas altas, compuertas puertas y turbinas de cabeza baja. Las compuertas se utilizan para controlar el nivel dentro del depósito, para crear una cabeza hidráulico entre el depósito y el mar abierto. Las turbinas convierten la energía potencial almacenada por la presa en electricidad. Diferentes variantes pueden ser consideradas:

- A vanos "barrera de mareas" todo un estuario de un río en una línea recta, como la planta de energía de La Rance operados por EDF (Francia).
- Una "laguna de marea costera" encierra un área de la costa detrás de un rompeolas, tales como la bahía de Swansea marea Laguna en desarrollo en el Reino Unido.

- Una “marea alta mar laguna” encierra una zona aislada detrás de un rompeolas.

Otras variantes de diseño se pueden prever, por ejemplo, un esquema híbrido que combina un costero de marea laguna conectado con el mar abierto con canales equipados con turbinas de corriente de marea se evaluó en estudios de concepto y se refiere como “Tidal Garden”.

Una planta de energía rango de marea se puede operar en varios modos:

- **unidireccional operación** (o una acción individual) medios que la generación se limita a, ya sea el reflujo o las fases de inundación:

o generación de flujo: mientras que la marea está

suba, el embalse detrás de la represa se llena a través de las compuertas. Cuando se alcanza la marea alta, las puertas están cerradas. Una vez que el nivel del mar ha retrocedido a niveles suficientemente bajos, la puerta de la turbina se abre y el agua del depósito canaliza en la turbina.

o generación de inundación: Mientras que la marea está

creciente el agua fluye a través de la turbina dentro el reservorio, generar electricidad.

- **funcionamiento bidireccional** (o DoubleAction) significa que flujo y generación de inundación se combinan, que requieren turbinas bi-direccionales.
- **Bombeo** También se pueden considerar para aumentar la eficiencia. El bombeo se ha previsto en el proyecto de Swansea, en Gales Laguna de marea con el fin de maximizar la producción anual de la planta. El proyecto se encuentra actualmente en espera (véase también 12.2.3).



Figura 12-3: La Rance central maremotriz (Francia, 240 MW)

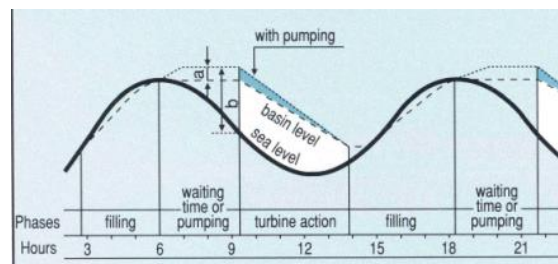


Figura 12-4 - operación One-direccional (EBB)

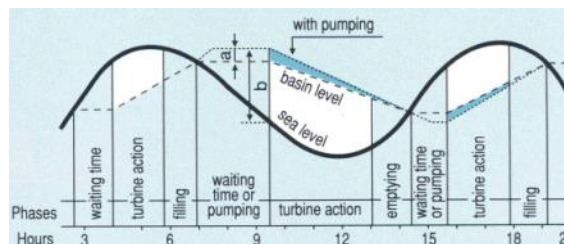


Figura 12-5 - operación Bi-direccional

La energía amplitud de la marea tiene la ventaja de que es muy predecible, ya que las mareas oceánicas pueden preverse con precisión extrema. Por otra parte, las infraestructuras de la planta de energía de las mareas pueden proporcionar los servicios públicos adicionales. Por ejemplo, la planta de energía de La Rance también se utiliza como puente para una media diaria de 30.000 vehículos. Los proyectos futuros ofrecen numerosas oportunidades para los esquemas de usos múltiples que proporcionan protección contra la erosión costera o el riesgo de inundaciones, el transporte, la acuicultura, el turismo y las actividades de ocio. combinaciones de energía híbridas que combinan gama, eólica, fotovoltaica flotante de las mareas y de almacenamiento también se pueden desarrollar.

Los países europeos con mayor potencial para el desarrollo de plantas de energía rango de mareas son el Reino Unido y Francia.

12.2.2 retos específicos

Los principales obstáculos para el desarrollo de carrera de marea son:

- el alto costo nivelado de la energía (LCOE);
- la integración ambiental del proyecto, con preocupaciones específicas relacionadas con las modificaciones significativas de la cuenca costera hidro-sistema (zonas intermareales, sal, sedimentos, efecto barrera, etc.);
- la integración social: el proyecto deberá obligatoriamente construido conjuntamente con los actores locales como un proyecto de territorio.

12.2.3 Tecnológica nivel de madurez

Cinco plantas a escala industrial Maremotrices están actualmente en funcionamiento en el mundo, como se muestra en la figura 12-

planta de energía 6. La Rance ha sido operado por EDF desde hace más de 50 años y todavía genera alrededor 0,5 TWh / año.



Figura 12-6: Plantas Maremotrices en el mundo

Después de décadas sin ningún proyecto amplitud de las mareas en Europa, un nuevo impulso se ha observado en el Reino Unido con el desarrollo de proyectos de lagunas costeras, entre los que encontramos la emblemática bahía de Swansea marea Laguna. Sin embargo, la rentabilidad del negocio de estos proyectos sigue siendo débil en ausencia de apoyo financiero público; por lo tanto, no hay decisiones de inversión se han tomado hasta ahora. estudios de viabilidad también han comenzado a reevaluar proyectos barrera de mareas a través del Mersey y los estuarios Wyre.

El nivel de disponibilidad de la tecnología de las plantas de energía mareomotriz se estima en 8-9, a menos que se implementan tecnologías de vanguardia para los rompeolas y / o turbinas.

Referencias

Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME). 2018. *Synthèse de l'étude stratégique de la filière hydrolien Marin*

Branche, E. (2016). *Los usos del agua de usos múltiples de depósito de energía hidroeléctrica: El concepto de compartir*. Comptes Rendus Physique. Elsevier.

Elbatrana, AH, Abdel-Hameda, MW, Yaakobb, OB, Ahmedb, YM, Ismailb, MA (2015). *Hydro Power y Turbina Sistemas de Revisión*. Jurnal Teknologi. Vol. 74. Número 5. ETIP océano. (2019). *Casas de alimentación Hoy, alimentación Naciones Mañana*.

Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC). (2017). *La energía hidráulica Primer: Un Manual de la energía hidráulica Basics*.

Asociación de equipo hidrometeorológico (HEA). (2013). *Hydro equipos de tecnología Hoja de Ruta*.

Asociación de equipo hidrometeorológico (HEA). (2015). *Hoja de ruta de tecnología global*.

Asociación Internacional de Hidroelectricidad. (2018). *batería del agua del mundo: Pumped almacenamiento de energía hidroeléctrica y la transición de energía limpia*. Hoja de trabajo. Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA). (2019). *Guía de la resistencia al clima sector hidroeléctrico*.

Londres, Reino Unido.

Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). (2015). *La energía hidroeléctrica: la tecnología breve*.

Kaur, S., Kathpal, N., Munjal, N. (2015). *Papel de SCADA en centrales hidroeléctricas de automatización*. Revista Internacional de Investigación Avanzada en Eléctrica, Electrónica y de Ingeniería de Instrumentación. Vol. 4. Emisión 10.

Kesheng W. (2016). *Mantenimiento Predictivo (MIPE) Sistema inteligente - Industria 4.0 escenario*. En la fabricación avanzada y la automatización de transacciones V WIT en Ciencias de la Ingeniería, vol. 113. Kumar, A., T. Schei, A. Ahenkorah, R. Cáceres Rodríguez, J.-M. Devernay, M. Freitas, D. Hall, A. Killingtveit, Z. Liu (2011). *La energía hidroeléctrica*. En el Informe Especial del IPCC sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlomer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Nueva York, EE.UU.. ORE catapulta. (2018). *Tidal Wave Energy Stream y la reducción de costes y el beneficio industrial*.

Scaioni, M., Marsella, M., Crosetto, M., Tornatore, V., Wang, J. (2018). *Geodésico y Teledetección-Sensores de Monitorización de la presa La deformación*. Sensores MDPI. Vol. 18. Syndicat des Énergies Renouvelables (SER). (2018). *Filière de l'hydrolien en France. Retour d'expérience technologique, état des lieux et perspectives de la filière*.

Société HYDROTECHNIQUE de Francia: (SHF). (2018). *Nouveau consideran sur l'énergie des marées: oportunity Une pour les Territoires français*.

Departamento de Energía (DOE). (2016). *La energía hidráulica Visión: Un nuevo capítulo para Primera Fuente de Electricidad Renovable de Estados Unidos*.

Valavi, M., Nysveen, A. (2018). *Operaciones de velocidad variable de centrales hidroeléctricas: una mirada al pasado, presente y futuro*. IEEE Aplicaciones Industriales del Consejo Mundial de la Energía Magazine (WEC). (2016). *Recursos mundiales de energía: la energía hidroeléctrica*.