

COMPONENTES DE UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA

Componentes de una Planta Hidroeléctrica

De manera general se pueden distinguir los dos tipos básicos de centrales hidroeléctricas: las fluviales y las de almacenamiento. La planta de energía fluvial desvía los flujos disponibles del río a una toma y luego a la planta de energía ubicada a cierta distancia río abajo a través de vías fluviales. En este tipo de sistema, el agua disponible en el río hasta el caudal de diseño considerado (teniendo en cuenta las emisiones ambientales aguas abajo) se desvía para la generación de energía. Cuando los caudales en el río exceden el caudal de diseño para la generación de energía, el exceso de caudal corre río abajo sobre la presa o presa a lo largo del río; es decir, los caudales del río no se almacenan detrás de la presa en ningún momento (Ver Figura 1).



Figura 1. Tipo de planta hidroeléctrica fluyente.

Como se puede ver en la figura, una microcentral hidroeléctrica comprende una toma de derivación junto con un canal que contornea las laderas de las colinas, que conduce los flujos a un tanque llamado "cámara de carga". Desde la bodega, el flujo se dirige a una tubería de presión conocida como compuerta. La compuerta conduce los

flujos hacia la turbina ubicada en el cuarto de máquinas. El agua que se ha utilizado para la generación de energía se devuelve al río a través de un canal de desagüe. A menudo hay otras estructuras incorporadas en las centrales hidroeléctricas fluviales, como una cuenca de sedimentación para eliminar las partículas de arena en el flujo, que son perjudiciales para las turbinas o bloques de anclaje, y pilares de soporte para mantener la tubería de compuerta en su lugar.

Vías Fluviales: las estructuras que transportan los flujos desde la toma ubicada en el río hasta el final de la rampa de descarga se denominan colectivamente vías fluviales, es decir, son estructuras que proporcionan un camino para el agua en una central hidroeléctrica.

Presa o embalse: una presa es una estructura construida a lo largo del río para aumentar el nivel del agua de modo que el volumen de flujo requerido se pueda desviar hacia las vías fluviales de la central hidroeléctrica para la generación de energía. Generalmente, para las plantas fluviales, la presa tiene una estructura de baja altura (ya que no se requiere almacenamiento) y también se conoce como vertedero de desviación. Para grandes centrales hidroeléctricas de almacenamiento, la altura de la presa puede superar fácilmente los 100 m. Aunque no existe una definición universal para "presa alta", cualquier presa de más de 15 m y/o con provisiones para almacenamiento de 1.0 millón de m³ se conoce como presa alta por la Comisión Mundial de Represas (WCD) (ver Figura 4).

Tomas y Obras de Cabecera: la ubicación desde la cual el agua del río se desvía inicialmente hacia las vías fluviales de una planta hidroeléctrica se denomina toma. Una toma en una central

hidroeléctrica fluyente puede ser una abertura a lo largo de la orilla del río u otro tipo de arreglos que faciliten la desviación del flujo hacia los cursos de agua de la central eléctrica. Por lo general, se incorpora una rejilla para basura gruesa en la entrada para evitar la entrada de rocas grandes y escombros flotantes, como troncos y ramas, en el canal. El espacio entre las barras de la rejilla de basura gruesa a veces se dimensiona para evitar la entrada de peces en los cursos de agua, especialmente en las presas grandes. A menos que los caudales del río sean constantes durante todo el año (por ejemplo, un caudal regulado descargado de una presa río arriba), es necesario incorporar una estructura de control de caudal, como compuertas, en la toma. Las estructuras ubicadas al comienzo de una central eléctrica fluvial (es decir, en el río o cerca de él) se denominan colectivamente obras de cabecera. La presa, la toma y, a menudo, la trampa de grava y la cuenca de sedimentación (si están cerca de la toma) son componentes de las estructuras de cabecera.

Túnel o canal de suministro: el canal de suministro transporta el flujo de agua desde el cabezal hasta la estructura de la bodega. Puede ser un canal o una tubería para pequeñas centrales hidroeléctricas. En centrales hidroeléctricas medianas o grandes, el canal de suministros es a veces un túnel. La elección del canal o tubería para la estructura de la carrera de cabecera depende de la topografía, la geología y los costos del sitio. Si la alineación del canal tiene una pendiente suave a lo largo de un terreno estable, un canal abierto podría ser apropiado (Figura 2). En lugares donde la alineación necesita cruzar barrancos o depresiones en el suelo, se pueden usar tuberías como tramos de entrada a lo largo de dichos tramos. A menudo, también se utiliza una combinación de ambos, es decir, un canal a lo largo de un terreno estable con pendientes suaves y tuberías para sortear barrancos y cruces.



Figura 2. Canal de suministro.
(Pandey & Karki, 2017)

Por otro lado, en el caso de terrenos difíciles con un perfil de terreno relativamente más empinado, es posible que se requiera una tubería para el canal de entrada. Además, si la alineación del canal de entrada es larga y es posible la interrupción del canal (por ejemplo, debido a desprendimientos de rocas o deslizamientos de tierra cuesta arriba) causando la pérdida de vidas o propiedades, es preferible utilizar una tubería (Figura 3). Las tuberías de entrada generalmente tienen baja presión, de modo que la pendiente longitudinal solo es suficiente para superar la fricción y conducir el flujo requerido aguas abajo. Del mismo modo, los túneles de carrera en grandes centrales hidroeléctricas también se diseñan generalmente como conductos de baja presión (Pandey & Karki, 2017).



Figura 3. Tunel de suministro.

(Pandey & Karki, 2017)

Trampa de Grava: el río puede transportar cantos rodados, guijarros, grava y sedimentos durante las temporadas de flujo alto y especialmente durante las inundaciones. El volumen de dicho sedimento depende principalmente de la descarga que lleva el río, la pendiente de su lecho y las características de la cuenca aguas arriba, como la geología y la cobertura vegetal. Como se mencionó anteriormente, aunque la rejilla de basura gruesa en la entrada evitará la entrada de grandes rocas y troncos flotantes en los cursos de agua corriente abajo, y adoquines, grava y sedimentos (es decir, partículas que son más pequeñas que el espacio entre barras de la rejilla de basura gruesa) se transportarán aguas abajo (Pandey & Karki, 2017), se ubica en el espacio de la represa en la Figura 4.

Si estas partículas no se eliminan, pronto llenarán el canal y limitarán el flujo, además de desgastar los rodetes de la turbina (y hasta cierto punto la tubería de la compuerta), disminuyendo así su vida útil. Por lo tanto, estas partículas deben eliminarse lo antes posible a lo largo de las vías fluviales de la planta de energía para que

solo se transporte agua limpia aguas abajo. Como su nombre lo indica, la trampa de grava es una cuenca o estanque cerca de la entrada donde la grava, los guijarros y otros materiales gruesos quedan atrapados y luego se retiran. En ausencia de esta estructura, la grava puede depositarse a lo largo de la sección más suave de la carrera de cabecera o en la cuenca de sedimentación. Cabe señalar que la función de la trampa de grava es eliminar solo las partículas más grandes que ingresan a través de la rejilla de basura gruesa y no las más finas (es decir, sedimentos). Dichos sedimentos se eliminan en una cuenca de sedimentación, que es una cuenca más grande construida más abajo en la carrera (Pandey & Karki, 2017).

Lavabo o Tanque de Sedimentación: el principio básico de funcionamiento de los lavabos de cuencas consiste en aumentar el área de la sección transversal, lo que permitirá que disminuya la velocidad del flujo, lo que, a su vez, disminuye la capacidad de transporte de sedimentos del flujo. Por lo tanto, las partículas se depositan en los depósitos, que luego deben eliminarse periódicamente mediante compuertas de control. Debido a que las partículas finas necesitan una velocidad del agua más baja para asentarse en comparación con la grava, la cuenca de sedimentación siempre es más grande que la trampa de grava (Pandey & Karki, 2017).

En algunos casos, si la topografía es adecuada, estas estructuras también se pueden combinar. Por otro lado, si el río no transporta grava significativa sino solo sedimentos finos (como ríos en los Alpes europeos), una trampa de grava separada puede no ser esencial. En los ríos del Himalaya, las cargas de grava pueden ser importantes durante las temporadas de lluvias (monzón) y, por lo tanto, se

incorpora regularmente una trampa de grava en las centrales hidroeléctricas fluviales (Pandey & Karki, 2017).

Aliviadero: es una abertura en el canal de entrada, la trampa de grava, el depósito de sedimentación o la bahía de proa que desvía los flujos en exceso y, por lo tanto, solo permite el flujo requerido más abajo. Los aliviaderos pueden ser cerrados, generalmente para plantas de energía más grandes, o abiertos. En los aliviaderos no controlados, el nivel invertido, o la parte inferior de la abertura, se fija justo por encima de la altura requerida para pasar el flujo de diseño requerido aguas abajo. Por lo tanto, cuando el nivel del agua corriente arriba es más alto que el nivel invertido en el aliviadero, los flujos excedentes se descargan a través del aliviadero.

Los aliviaderos abiertos también se conocen como "vertedero de desbordamiento". A veces también se proporcionan aliviaderos a lo largo de la alineación del canal de cabecera para desviar los flujos en caso de que el tramo corriente abajo se bloquee o se ahogue, como debido a desprendimientos de rocas o deslizamientos de tierra por encima del canal. Los aliviaderos que sirven para tal propósito también se denominan "escapes".

Cruces: en las centrales hidroeléctricas, a veces el agua debe atravesar barrancos, arroyos u otras depresiones naturales debido a la topografía del sitio. Se requieren varios tipos de estructuras de cruce para transportar los flujos a través de tramos difíciles de alineación de vías fluviales. Súper pasajes, alcantarillas, sifones y acueductos son ejemplos de tales cruces.

Cámara de carga (Forebay): es un tanque que transporta agua desde el cabezal hasta la tubería de la compuerta. La plataforma de carga actúa como una estructura de transición para transferir el flujo de agua desde un canal abierto o una tubería de entrada de baja presión al flujo presurizado en la tubería de la compuerta. El flujo de agua en condiciones presurizadas se conoce como "flujo de presión" hacia la compuerta. La cámara de carga debe proporcionar una profundidad de inmersión adecuada para transportar el flujo de diseño a la tubería de la compuerta y permitir cierto volumen de almacenamiento para el arranque de las turbinas. Esta estructura también debe dimensionarse para adaptarse a la variación en el flujo hacia la tubería de la compuerta y las turbinas a diferentes niveles de potencia de salida.

A veces, la cámara de carga sirve como una cuenca de sedimentación secundaria, especialmente si la longitud de la aducción entre la cuenca de sedimentación aguas arriba de esta estructura es larga y algunos sedimentos son susceptibles de entrar en el tramo de aducción en el medio. Un vertedor es esencial en la cámara de carga para que se derrame en forma segura todo el caudal de diseño de entrada en caso de que las turbinas necesiten cerrarse de forma abrupta, como por ejemplo, debido a condiciones de emergencia, falta de energía eléctrica o en caso de un huracán (Pandey & Karki, 2017). Una rejilla fina para basura, es decir, barras espaciadas más cerca que la rejilla para basura gruesa en la entrada está incorporada en el compartimento de carga frente a la entrada a la tubería de la compuerta. Una rejilla de basura tan fina evita la entrada de escombros en la tubería de la compuerta, lo que sería perjudicial para los rodetes de la turbina.

Tubería forzada: es una tubería que transporta agua a presión desde la cámara de carga hasta la turbina. La alineación de la tubería de la compuerta comienza donde el perfil del suelo se vuelve más empinado para poder generar el frente de diseño con una tubería de compuerta más corta y, por lo tanto, menos costosa. Aunque se utilizaron tuberías de madera, hormigón y hierro fundido para la tubería forzada en los primeros días del desarrollo de la energía hidroeléctrica, la tendencia moderna es utilizar acero dulce debido a la disponibilidad de acero de alta calidad en la mayor parte del mundo. Según la topografía, el tipo de suelo y los costos, las tuberías de la compuerta se pueden enterrar o colocar sobre el suelo aseguradas con bloques de anclaje y pilares de soporte. En microcentrales hidroeléctricas remotas, las secciones individuales de la tubería de compuerta a menudo se unen en el sitio a través de bridas y juntas. Para plantas de energía más grandes o microcentrales hidroeléctricas más accesibles, se sueldan tramos individuales de tubería de compuerta in situ (Ver Figura 4).

Bloque de anclaje: es una estructura que sostiene la tubería de la compuerta rígidamente y restringe su movimiento en todas direcciones. Donde hay curvas a lo largo de las tuberías de la compuerta, habrá fuerzas hidrostáticas y fuerzas dinámicas en cierta medida debido a las velocidades de flujo junto con otras fuerzas, como el estrés térmico debido a cambios en la temperatura ambiente y la presión lateral del suelo como resultado del cambio en el perfil del terreno. Los bloques de anclaje encierran las tuberías de la compuerta y transfieren todas las fuerzas al suelo e impiden el movimiento de las tuberías. Además de estar ubicados en cada curva, en la alineación de tuberías de compuertas largas, se pueden requerir bloques de anclaje a intervalos regulares incluso a lo largo de una sección recta, especialmente para acomodar fuerzas axiales y tensiones térmicas. En caso de alineación de tuberías enterradas,

generalmente no se requieren bloques de anclaje siempre que las fuerzas se puedan transferir al suelo con suficiente profundidad de enterramiento

Muelles de soporte: son pilares en la tubería de la compuerta instalados a distancias regulares. Proporcionan un soporte intermedio entre los bloques de anclaje para acomodar el peso de la tubería y el agua en su interior. A veces también se les conoce como "toboganes" o "bloques de silla". Los pilares de soporte evitan que la tubería se combe a lo largo de las secciones rectas de la alineación de la tubería de la compuerta expuesta entre los bloques de anclaje. Si no se incorporan pilares de soporte a lo largo de la alineación de la compuerta, el requisito de que la tubería soporte su propio peso, así como el peso del agua, resultaría en un espesor de tubería significativamente mayor, lo que aumentaría los costos. Así, la función del pilar de apoyo es resistir todas las fuerzas verticales transmitidas por la tubería de la compuerta. A diferencia del bloque de anclaje, el pilar de soporte no restringe completamente el movimiento de la tubería. Resiste el movimiento vertical, pero permite que la tubería se deslice a lo largo de su superficie, paralela a la alineación de la tubería, debido a la expansión o contracción que se produce como resultado de los cambios en la temperatura ambiente.

Cuarto de máquinas: el cuarto de máquinas es un edificio que alberga la turbina, el generador, el panel de control y otros equipos y accesorios electromecánicos. La función de la central eléctrica es proteger el equipo electromecánico de los efectos adversos del clima (lluvia, calor, frío, etc.) y proporcionar un entorno de trabajo sano para los operadores. Debido a que las turbinas y los generadores son equipos pesados, todas las centrales eléctricas, desde pequeñas

hasta grandes centrales hidroeléctricas, suelen tener grúas pórtico. Estas grúas se utilizan para colocar o quitar turbinas y generadores en los cimientos durante la instalación o para reparación y mantenimiento. En las microcentrales hidroeléctricas, a menudo se utiliza una grúa móvil para ahorrar costes. Junto con las fuerzas estáticas, los cimientos de la máquina en la central eléctrica deben resistir las fuerzas dinámicas de las turbinas y los generadores como resultado de las piezas giratorias.

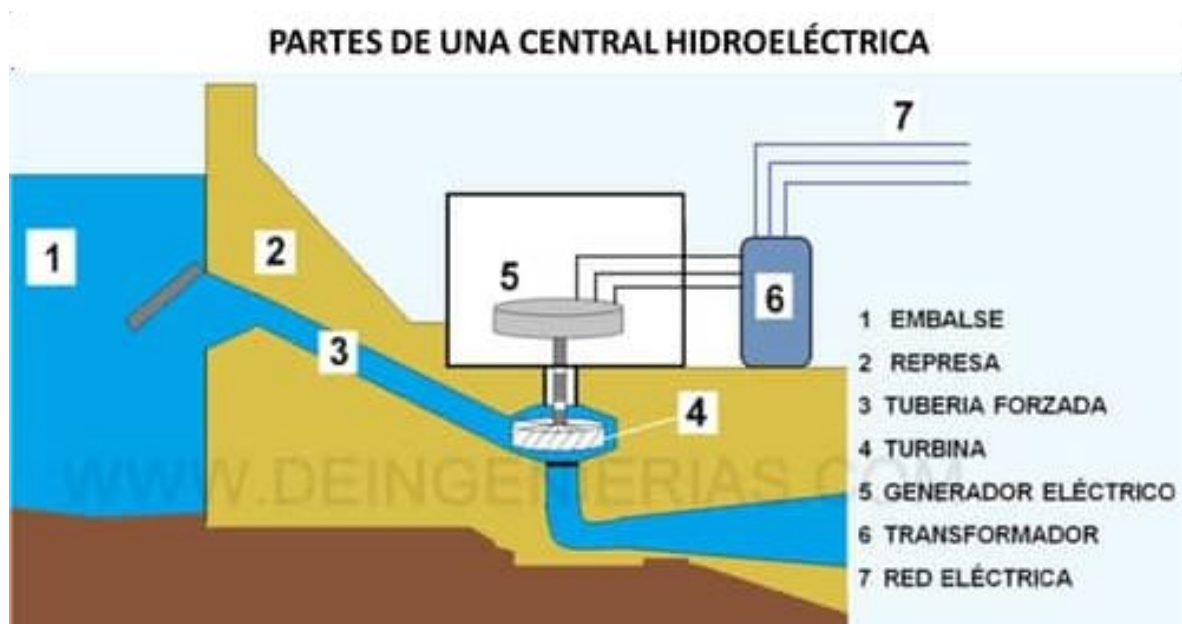


Figura 4. Componentes fundamentales de una central hidroeléctrica.

Turbina: la turbina es un dispositivo mecánico que convierte la energía del cabezal de presión del agua y el flujo entrante de la compuerta en energía mecánica mediante la rotación de su masa. El tipo de turbina seleccionada para ser utilizada en la planta de energía depende principalmente de la altura, el flujo volumétrico y la cantidad de unidades que se instalarán. La turbina acciona un generador para producir electricidad o una aplicación de accionamiento directo, como un molino o una bomba (ver Figura 5).

Generador: el generador convierte la energía mecánica rotacional de la turbina en energía eléctrica. El eje de la turbina giratoria está acoplado con el eje del generador, ya sea directamente o mediante un sistema de engranajes o poleas. Los dos tipos principales de generadores utilizados son "síncronos" e "inducción" o "asíncronos". Las bases para la selección del tipo de generador son la capacidad de la planta, la conexión a la red o uso aislado y el tipo de cargas que se requieren para ser alimentadas por el generador. Tanto los generadores síncronos como los de inducción pueden ser monofásicos o trifásicos y los generadores de mayor capacidad normalmente son trifásicos. Para las centrales hidroeléctricas pequeñas, los generadores estándar se pueden comprar a los fabricantes, mientras que para las centrales eléctricas muy grandes deben fabricarse a medida.

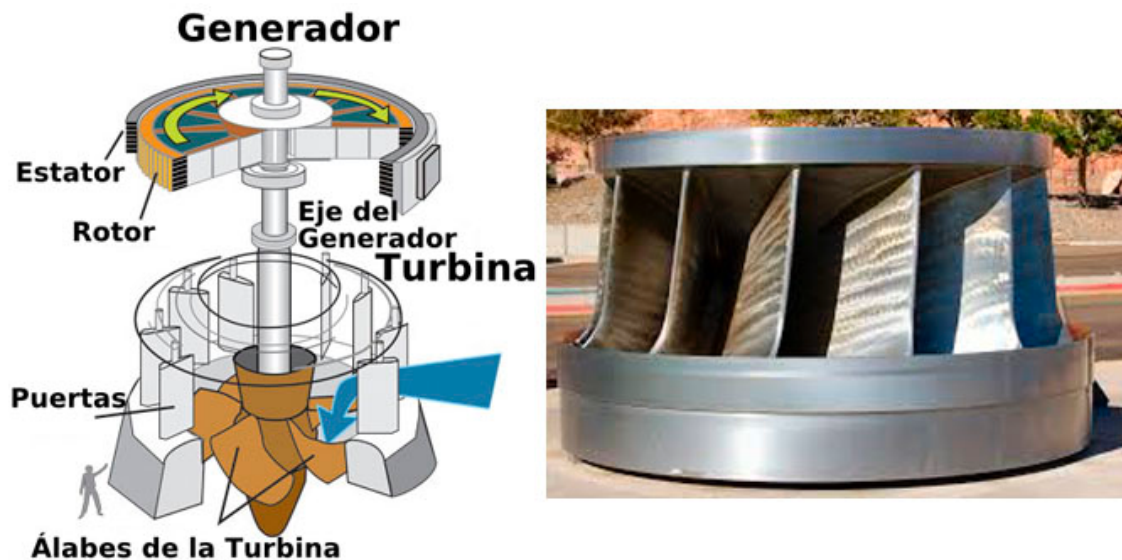


Figura 5. Generador

Transformador: es un dispositivo que transforma la energía eléctrica de corriente alterna de un cierto nivel de tensión o voltaje, en

corriente alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Este elemento está constituido por dos bobinas de material conductor, típicamente cobre, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, y aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión que existe entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo, el cual, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico (aleación apropiada para optimizar el flujo magnético en este componente). Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema, respectivamente. El transformador recibe la corriente generada, aumenta su voltaje para enviarlo a la red eléctrica.

Referencias:

- Alemán-Nava, G. S., Casiano-Flores, V. H., Cárdenas-Chávez, D. L., Díaz-Chavez, R., Scarlet, N., Mahlknecht, J., Dallemand, J. F., & Parra, R. (2014). Renewable energy research progress in Mexico: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 32, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.004>*
- Currie, S. (2011). Hydropower-Energy and the Environment (First). ReferencePoint Press.*
- International Hydropower Association 2020. (2020). Hydropower worldwide. <https://www.hydropower.org/discover/hydropower-around-the-world>*
- Pandey, B., & Karki, A. (2017). Hydroelectric Energy. In Hydroelectric Energy (First). CRC Press.*