



La tecnología hidroeléctrica



Contenidos

- 3 La energía en el agua
- 4 La hidroelectricidad
- 5 En defensa del ambiente
- 6 La obtención de la electricidad
- 7 El consumo de electricidad diario
- 8 Turbinas
- 10 Las centrales hidroeléctricas
- 12 Las centrales hidroeléctricas de pasada
- 14 Las centrales hidroeléctricas con embalse
- 16 Las centrales hidroeléctricas de bombeo
- 18 Una apuesta al futuro

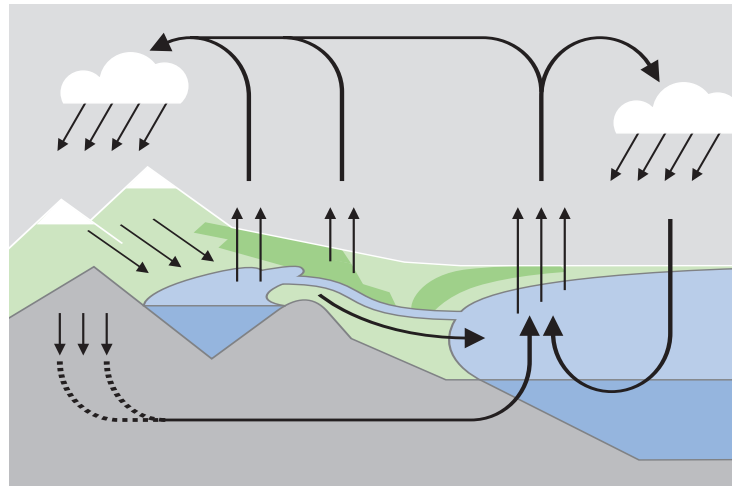
La energía en el agua

Energía hidroeléctrica con propulsión solar

El sol es el motor del ciclo del agua en la naturaleza. Su calor hace que el agua se evapore. En forma de vapor de agua es transportada dentro de la atmósfera y se precipita en forma de lluvia o de nieve. Sin embargo, sobre el mar llueve un poco menos de lo que allí se evapora. De modo que se traslada agua de los mares hacia el continente y se alimentan los campos nevados, glaciares, arroyos, ríos, lagos y napas subterráneas. Estas aguas terminan otra vez en el mar: un circuito cerrado. Debido a que este proceso se repite constantemente es que se habla de energía renovable.

Al principio fue la rueda hidráulica

El aprovechamiento de la energía hidroeléctrica se remonta a 3.500 años en el pasado, con el surgimiento de las primeras ruedas hidráulicas. Los griegos y los romanos las empleaban para moler granos y para elevar el agua por encima del cauce de los ríos para regadío. En el Medioevo, gigantescas ruedas elevadoras impulsaban martillos de hierro. Desde mediados del siglo XIX, la energía hídrica se convirtió en un factor decisivo para la creciente industrialización. Cuando, en 1866, Werner von Siemens descubrió el principio dinamoeléctrico sentó las bases para la obtención de energía eléctrica. En 1880, surgieron en Inglaterra las primeras plantas de energía hidroeléctrica. La construcción en Córdoba de la Usina Bamba en 1897 abrió el camino triunfal para el aprovechamiento industrial de la energía hidroeléctrica, la que se extendería luego a lo largo de Argentina.





La hidroelectricidad

Transformaciones de energía

La fuerza del agua en movimiento es uno de los recursos energéticos renovables más empleados. Más del 20 por ciento de la electricidad del mundo se origina en las centrales hidroeléctricas. La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles de la misma, y existe por lo tanto, una cantidad máxima de energía que puede obtenerse por este medio.

El principio es sencillo: la energía cinética del agua se convierte en eléctrica mediante sucesivas transformaciones de energía. Para lograrlo se aprovecha un desnivel para conducir el fluido hacia una instalación situada más abajo. En ella se hace pasar el agua a gran presión por una turbina, provocando un movimiento rotatorio. A partir de la rotación de un rotor electromagnético impulsado por la turbina, se induce la tensión en los paquetes de bobinas del estator, que es una pieza que contiene un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo y en la cual se produce la electricidad. Finalmente, de las terminales o bornes del estator es posible extraer energía eléctrica. Realizado este proceso, el agua se devuelve al río y se normaliza su curso.

Pero si la energía no se crea de la nada ¿de dónde sale la energía que produce la corriente eléctrica? Sale de la turbina que mueve el rotor del generador. Este último sólo convierte esa energía mecánica en energía eléctrica.

Conceptos hidráulicos

Por cota se entiende el valor de la altura de una superficie o punto respecto del nivel del mar. El caudal es la cantidad de líquido, expresada en metros cúbicos o en litros, que circula a través de un conducto en la unidad de tiempo. Se llama salto de agua al paso violento o descenso de masas de agua desde un nivel superior a otro inferior.

La altura de salto o salto es la diferencia de cota y se expresa en metros.

Las cascadas o cataratas constituyen saltos naturales y surgen cuando el cauce del río tiene marcados desniveles. Pero para un mejor aprovechamiento industrial se prefiere la construcción de saltos creados por el hombre.

La ventaja principal respecto a otras renovables es que el caudal de agua puede ser controlado, de forma que en el momento de la demanda eléctrica se deja fluir el líquido para generar energía rápidamente. En el caso que no haya demanda se mantienen cerradas las compuertas hasta que vuelva a existir demanda. Esta es una ventaja respecto a la energía eólica, ya que de momento en ésta no se resuelve el problema del almacenamiento.



En defensa del ambiente

Energía renovable

Por lejos, la hidroelectricidad ha hecho la mayor contribución a la obtención de electricidad a partir de recursos renovables. En efecto, el agua usada para generar la energía es constantemente repuesta por la naturaleza y de manera gratuita. En consecuencia, aproximadamente el 77 por ciento de la energía generada por EPEC es de origen hidroeléctrico. En el mundo, los mayores generadores de hidroelectricidad son Canadá, Brasil y Noruega. Esto es debido a sus topografías, las cuales favorecen esta clase de producción de electricidad.

Ventajas abundantes

La hidroelectricidad posee buenos cocientes de entrada-salida de energía y niveles de eficiencia de más del 90 por ciento. Esto proporciona una enorme ventaja sobre otros tipos de centrales eléctricas. Además, su generación no contamina el agua ni la atmósfera y la larga vida útil de las instalaciones hidroeléctricas, así como su bajo costo de mantenimiento, hablan claramente en favor de generar electricidad a partir del agua.

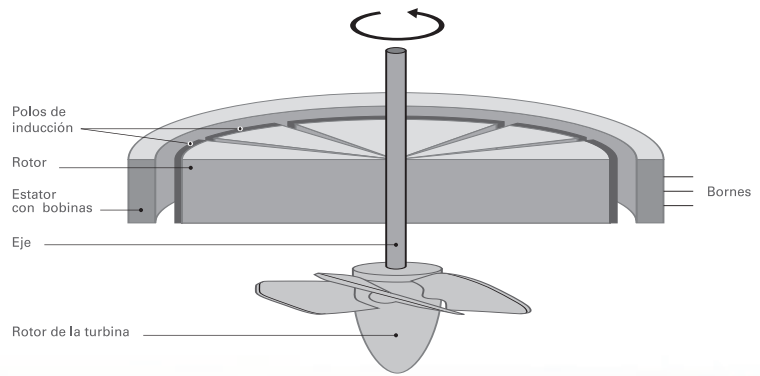
No todo lo que brilla es oro

Si la energía hidroeléctrica es realmente fabulosa, entonces, ¿porqué no producimos toda la energía que necesitamos a partir del agua? Debido principalmente a que se necesita mucha agua y una gran superficie para poder construir los embalses, presas y centrales, lo cual cuesta mucho dinero y tiempo. Por este motivo no suele ser competitiva en lugares donde abundan el petróleo o el carbón. Además, si no se realizan estudios profundos los embalses pueden inundar extensas regiones, destruir hábitats de la vida silvestre, desplazar pobladores y disminuir la fertilización natural de los terrenos agrícolas situados abajo de la presa.

Protección mejorada contra inundaciones

En el siglo XIX muchos ríos eran regulados y forzados a discurrir por angostos canales para limitar inundaciones y recuperar tierras. Este proceso culminó gracias a la instalación de centrales hidroeléctricas. Los sofisticados sistemas de presas construidos sobre los ríos protegen tanto a las personas como al ambiente de las inundaciones.





La obtención de la electricidad

Flujo de electricidad

La generación de electricidad se basa en el principio de la "inducción electromagnética" (descubierto por Faraday en 1831) que tiene lugar en los generadores. A partir de la rotación del rotor electromagnético impulsado por una turbina, se induce la tensión en los paquetes de bobinas del estator. Finalmente, de las terminales del estator es posible extraer la energía eléctrica.

Desde el estator, la electricidad fluye hacia los transformadores. Aquí se eleva el nivel de tensión desde la de generación (16.500 V) hasta la de transmisión (500.000 V). Luego se vuelve a transformar sucesivamente hasta llegar al nivel de transporte y distribución (132.000, 166.000, 33.000 y 13.200 V)



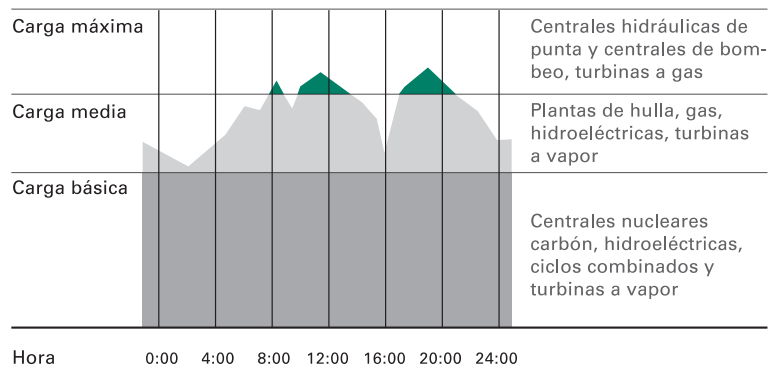
Durante los trabajos de mantenimiento y operación en los puntos de acceso a la red, muchos especialistas controlan que la energía eléctrica llegue con seguridad a todos los clientes



El consumo de electricidad diario

Curva del despacho de carga

Ejemplo



La carga diaria de la red

El diagrama muestra la gran variación en la demanda de electricidad en el transcurso de un día. Puesto que la energía eléctrica debe ser generada en el momento en el que se la necesita, la relación fluctuante entre oferta y demanda se equilibra con la entrada o salida de funcionamiento de las distintas centrales.

Para cada hora del día, dependiendo de la demanda requerida son puestas en funcionamiento distintos tipos de máquinas generadoras, las que son convocadas de acuerdo a su costo de producción.

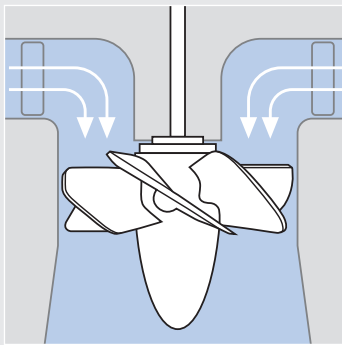
Durante los últimos años aumentó sustancialmente la importancia de las plantas hidroeléctricas con embalse y las de acumulación por bombeo. Estas últimas aprovechan la energía sobrante, generalmente durante la noche, para bombear agua de un embalse inferior a uno superior y así aprovechar su energía potencial. Para enfrentar las variaciones energéticas que supone estos sistemas interconectados, estas centrales deben enviar a la red la energía requerida en pocos segundos.



Turbinas

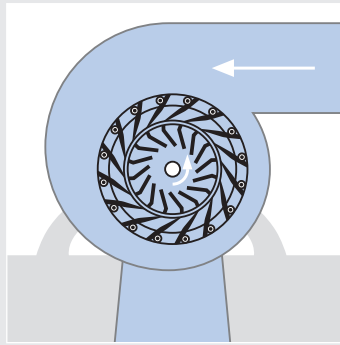
Las plantas de energía hidroeléctrica se clasifican, según su forma de funcionamiento, en centrales de pasada, centrales con embalses y centrales de bombeo. En todos los casos, la energía del agua al correr y al caer pone en funcionamiento las turbinas. Los generadores acoplados a las turbinas producen electricidad. Para ello se utilizan tres tipos de turbinas: Kaplan, Francis y Pelton.

Tipos para todos los casos



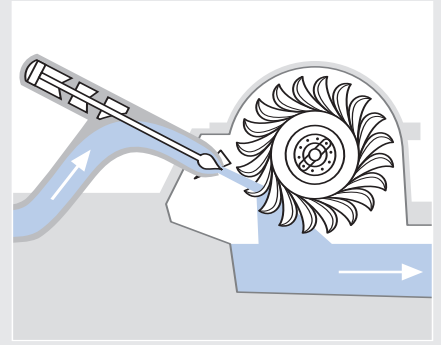
La turbina Kaplan

Sus paletas parecen la hélice propulsora de un barco. Es posible ajustar tanto las paletas del rodete como las del distribuidor (mecanismo de cierre). De este modo es posible reaccionar en forma óptima frente a las variaciones en el ingreso de agua. Es ideal para centrales con mucho caudal y una caída baja (hasta unos 50 mts.).



La turbina Francis

Se la utiliza en distancias de caída de 20 a 700 mts. (saltos medianos) con cantidades de agua cuya amplitud de variación no es muy grande. Por medio de las paletas y del distribuidor, el agua es desviada hacia las paletas del rodete, fijas y curvadas en sentido contrario. La forma espiralada se parece a la casa de un caracol.



La turbina Pelton

Son adecuadas en caídas de 140 a 1.500 mts. (saltos grandes) y caudales pequeños. Sólo se utiliza la energía del agua en movimiento. Desde los inyectores, el agua golpea con mucha presión las paletas del rodete cuya forma se parece a la de un colector. Se utiliza, sobre todo en centrales con embalses



Turbina y Generador

El principio es siempre el mismo: El movimiento del agua que fluye o cae se aprovecha para la generación de energía. Las turbinas trasladan su energía cinética a los generadores que, a su vez, producen energía eléctrica.

Energía potencial

La fuerza contenida en el agua recibe el nombre "energía potencial", sin embargo, esta energía potencial sólo puede utilizarse cuando el agua cae al vacío. Cuanto mayor es la cantidad de agua y la altura de caída, mayor es la electricidad y la potencia que puede obtenerse.

Grado de efectividad

Con el término "grado de efectividad" se define la medida de aprovechamiento de la energía, es decir, la relación de la energía eléctrica efectivamente obtenida respecto de la energía potencial del agua. El grado de efectividad de las plantas hidroeléctricas es superior al 90%. Este porcentaje es claramente superior al de cualquier otra forma de generación de electricidad.



Las centrales hidroeléctricas

La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla en energía eléctrica. Esto se realiza a través de un sistema de captación de agua, la cual es conducida a las turbinas. El agua, al pasar por las turbinas a gran velocidad, provoca un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Una vez utilizada, el agua es devuelta río abajo. Pueden clasificarse en centrales de pasada, centrales con embalse y centrales de bombeo.

Principales componentes

Estos componentes suelen dividirse en dos grupos. El primero está compuesto por las obras y equipamientos que tienen como función almacenar y encaminar el agua. Este grupo suele denominarse Presa-Embalse. El segundo grupo está integrado por las instalaciones cuya misión es la obtención de energía eléctrica luego de las transformaciones de la energía. Este conjunto constituye la Central propiamente dicha y abarca: turbinas hidráulicas, alternadores, transformadores, sistemas eléctricos, medios auxiliares y cuadros de control.

Presas

Una presa es una estructura que sirve de barrera, impidiendo el curso del agua por sus cauces normales. Las presas tienen un doble propósito. En primer lugar, permiten la creación de un salto de agua y cuanto mayor sea la altura de éste, superiores serán las potencias logradas en la central nutrida por dicho salto. En segundo lugar, permite contar con un embalse con el fin de controlar el empleo del agua.



Toma de agua

Es el área de la obra donde se recoge el agua requerida para el accionar de las turbinas. Además de unas compuertas para regular la cantidad de agua que llega a las turbinas, poseen unas rejillas metálicas que impiden que los troncos, ramas, etc. puedan llegar a los álabes y producir desperfectos. Las torres de toma son estructuras colocadas hacia el interior del embalse cuya función es tomar el agua.



Canales de derivación /Tuberías forzadas

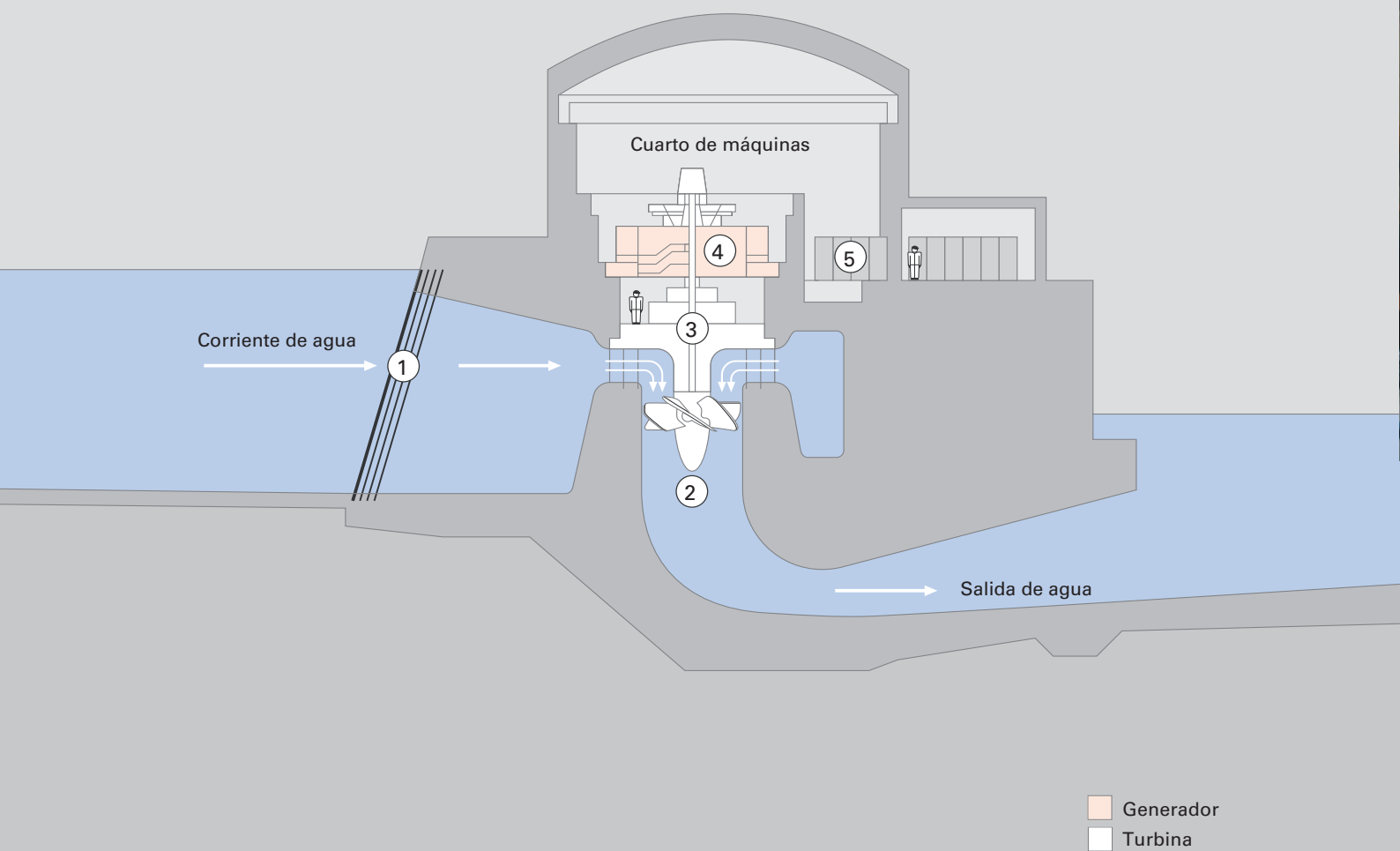
El canal de derivación se utiliza para conducir agua desde la toma hasta las turbinas de la central. Generalmente es necesario hacer la entrada a las turbinas con conducción forzada, ya que el agua se desplaza por la acción de la presión y no por la pendiente. Es bastante normal evitar el canal y aplicar directamente unas tuberías forzadas a las tomas de agua de las presas.



Chimeneas de equilibrio

La chimenea de equilibrio consiste en un pozo vertical que evita las sobrepresiones o "golpes de ariete" en las tuberías forzadas y álabes de las turbinas. Cuando existe una sobrepresión de agua ésta encuentra menos resistencia para penetrar al pozo que a la cámara de presión de las turbinas haciendo que suba el nivel de la chimenea de equilibrio. En el caso de depresión ocurrirá lo contrario y el nivel bajará.





Las centrales hidroeléctricas de pasada

Una central de pasada es aquella en la que no existe una acumulación apreciable de agua corriente arriba de las turbinas. El agua es filtrada por unas rejillas (1) para proteger las turbinas (2), las cuales giran al recibir el agua. Esta rotación es transmitida al generador (4) por un eje (3). Un sistema de control se ubica en la sala de control (5). En una central de este tipo las turbinas deben aceptar todo el caudal disponible del río "como viene", con sus variaciones de estación en estación.



Yaciretá: un ejemplo de central de pasada
Esta obra construida conjuntamente por Argentina y Paraguay cuenta con una central equipada con 20 hidrogeneradores de una potencia instalada total de 3.200 MW, y un Vertedero provisto de 18 compuertas radiales. La presa mide 64,7 km y el cuarto de máquinas tiene 70 metros de altura desde los cimientos hasta el techo.

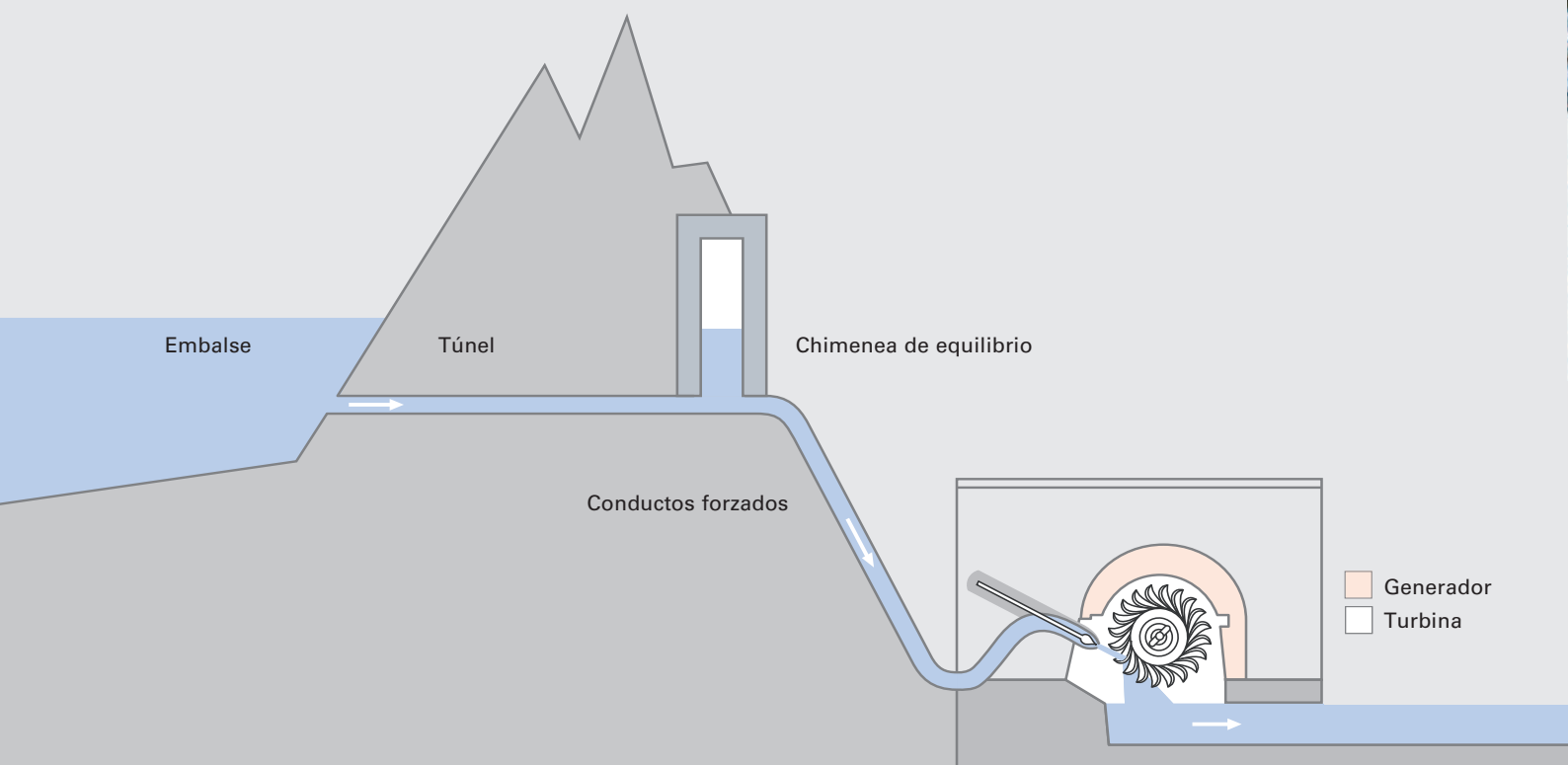
Centrales que generan, y generan, y generan...

Movimiento perpetuo por la corriente del río: las centrales de pasada son el tipo más común de central construida sobre ríos y canales. Para generar electricidad aprovechan el desnivel entre la cabecera del río y la salida de agua. Usualmente tienen pequeñas caídas y grandes caudales y generalmente son construidas formando presa sobre el cauce de los ríos, con el objetivo de mantener un desnivel constante en el caudal de agua. Se sitúan en los lugares en que la energía hidráulica ha de emplearse en el momento mismo que se tiene disposición de ella, con el fin de accionar las turbinas.

El caudal suministrado varía dependiendo de las estaciones del año. Cuando las precipitaciones son abundantes (temporada de aguas altas), estas centrales producen su máxima potencia y el agua excedente sigue de largo. En la temporada de aguas bajas, cuando el tiempo es seco, la potencia desarrollada disminuye notablemente.

En ocasiones se construye un embalse relativamente pequeño para impedir pérdidas por rebose, y al mismo tiempo permitir una mayor producción de potencia y de energía. En general se obtiene de ellas una potencia instalada menor a la de las centrales con embalse.

Por motivos topográficos, hídricos y económicos que favorecen la construcción de embalses, nuestra Empresa no cuenta con este tipo de centrales en la Provincia de Córdoba.



Las centrales hidroeléctricas con embalse

Estas centrales aprovechan la diferencia de elevación entre un embalse y una central hidroeléctrica situada por debajo. El agua fluye a través de unos túneles o tuberías hasta alcanzar las tuberías de la central ubicada en el valle. Esta capacidad para regular la cantidad de agua que pasa por las turbinas permite cubrir eficientemente las horas punta del despacho de carga diario.

En 1952 se inauguró la usina hidroeléctrica que posee dos turbinas que producen 4 millones de Kwh. cada una. El embalse, que ocupa unas 1050 hectáreas y tiene una capacidad de hasta 230.000.000 m³, abastece de agua potable, riego y generación de energía eléctrica al área de Traslasierra. Con la regularización del Río Los Sauces mediante el almacenaje de sus aguas en el dique, se aprovecha el 90 por ciento del caudal medio anual; de esta manera se llega a regar cerca de 24.000 has.

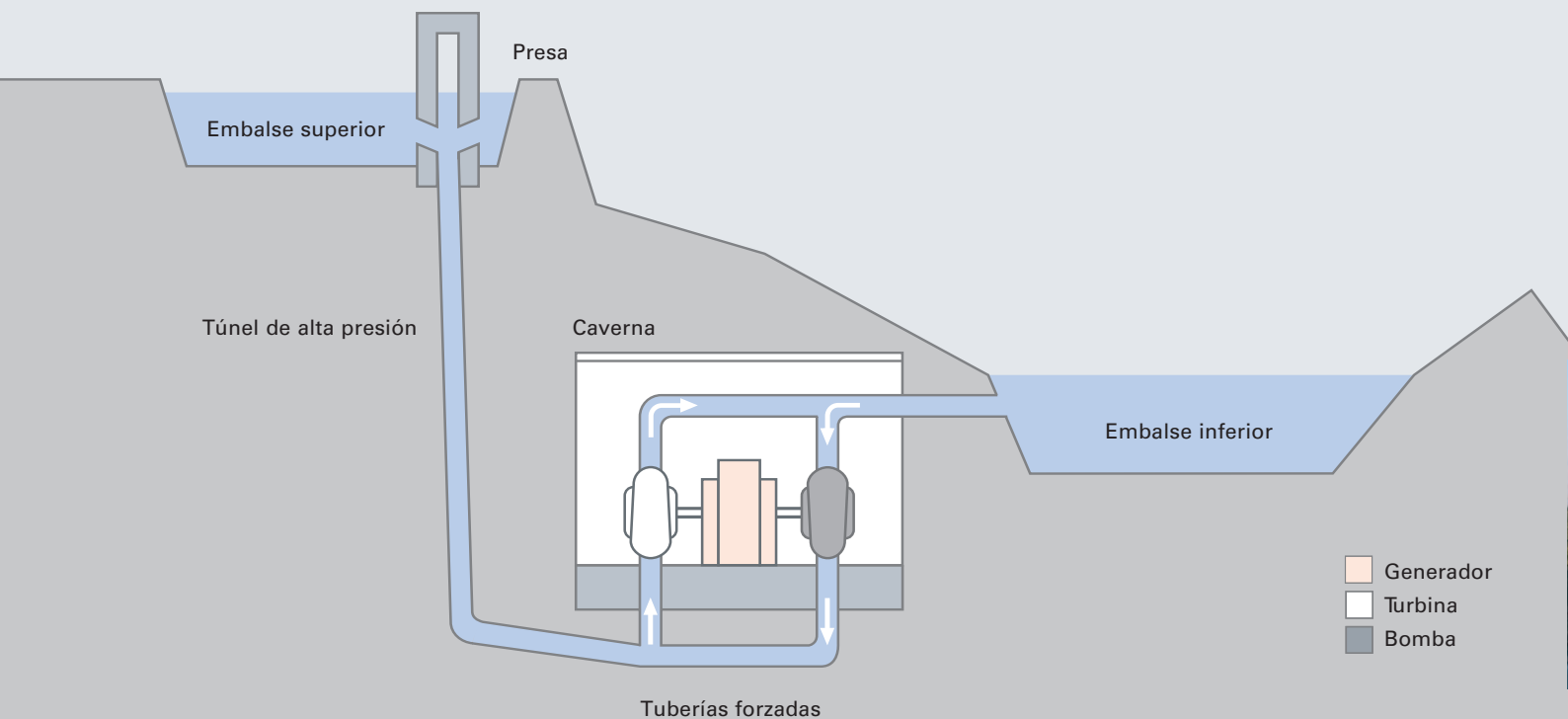


Un ejemplo brillante: la central La Viña

Dimensiones que asombran

A 33 Km. de Mina Clavero se encuentra el Dique La Viña, una monumental obra de ingeniería que asombra a los visitantes por las exorbitantes dimensiones de la misma. Entre los datos que caben destacar y que lo posicionan como el más grande de Argentina figuran que el paredón posee 317 mts. de largo, su base es de 25 mts. de ancho y su coronamiento de 15 mts. de ancho. Del lado del espejo de agua mide 106 mts., mientras que del lado del vertedero mide 107 mts.

Para efectuar el dique se utilizaron 3 millones de metros cúbicos de hormigón armado, posee 8 compuertas de 6 mts. por 5 mts. cada una y su cota máxima está dada a los 102 mts. El proyecto del embalse lo presentó Don Luis Antonio Medina Allende, quién estaba a cargo de la Dirección de Obras y Servicios Públicos de la Prov. de Córdoba en el año 1938. Al año siguiente el proyecto fue revisado por el Ing. Simons y aprobado por la Dirección Hidráulica. En ese año comenzó la construcción del dique, finalizando la obra 5 años más tarde.



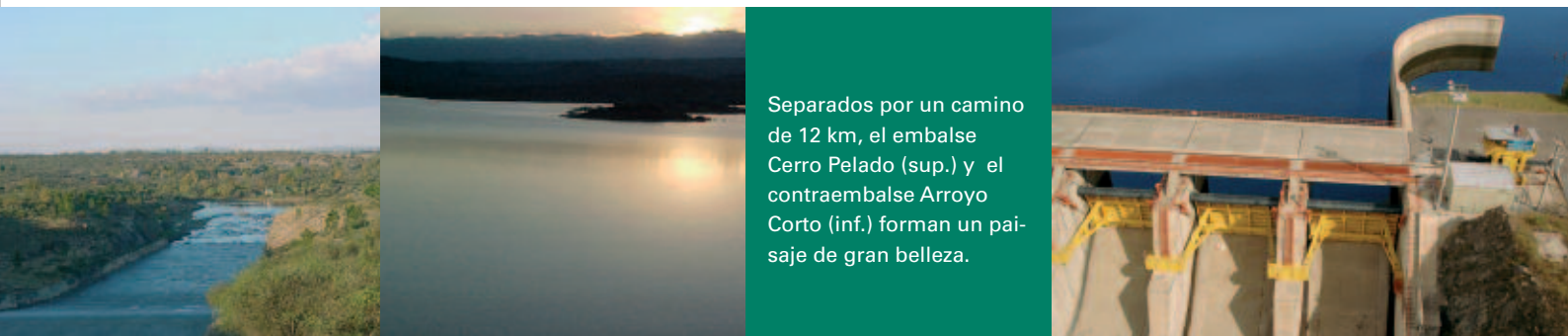
Las centrales hidroeléctricas de bombeo

Paso uno: bombear. Paso dos: almacenar. Las centrales de bombeo impulsan el agua de un embalse inferior a otro superior. Esto ocurre normalmente durante la noche, cuando la capacidad para generar electricidad se usa para operar las bombas. Durante el día, cuando se eleva el consumo, se deja fluir el agua desde el embalse superior hacia las turbinas. Luego de accionar unos pocos comandos, los generadores se activan en materia de segundos.

Una obra magnífica

El Complejo Hidroeléctrico Río Grande es la mayor central hidroeléctrica de generación y bombeo de América del Sur. Ubicada en medio de las sierras cordobesas, la central exhibe orgullosa su rasgo distintivo: la capacidad para almacenar agua en un embalse inferior, que permite el bombeo hacia el embalse superior para luego generar energía. Con capacidad para generar 970 Gwh por año, la potencia instalada de la Central es equivalente al 60% de la del Chocón, el doble de la de Futaleufú y el 15% más que la Central Nuclear de Embalse, lo que permite satisfacer una demanda en permanente crecimiento y cada vez más exigente en términos de calidad del servicio.

La central Río Grande: orgullo sudamericano



Separados por un camino de 12 km, el embalse Cerro Pelado (sup.) y el contraembalse Arroyo Corto (inf.) forman un paisaje de gran belleza.

Un sello distintivo: la central en caverna

Pero además de su sistema de bombeo, esta singular obra de ingeniería tiene otra particularidad: su central ubicada en una caverna, 226 metros bajo el máximo nivel del embalse superior. Para realizar esta impresionante obra subterránea, hubo que extraer 1.600.000 m³ de material y realizar 14 kilómetros de túneles excavando en la roca. Así, el acceso a la central se realiza mediante un túnel carretero de unos 1.800 m. de longitud, con una sección abovedada de 7 m x 7,5 m y una pendiente del 8 %

La excavación de la caverna donde esta instalada la Central se realizó en cinco etapas. Tiene 105 m. de largo, 50 m. de alto, 27 m. de ancho; y su interior podría alojar holgadamente la catedral de Córdoba. Las obras subterráneas se complementan además con galerías auxiliares, una cámara de oscilación y una chimenea de equilibrio.

La historia del complejo

Este ambicioso proyecto comenzó a tomar forma en 1970, cuando la entonces Sociedad del Estado, Agua y Energía Eléctrica, inició los estudios sobre topografía, hidrología, geología, geofísica, mecánica de rocas y determinación de yacimientos. El exhaustivo período de investigación llevó 4 años; los trabajos, 12. La monumental obra fue inaugurada oficialmente el 14 de febrero de 1986.

En el año 2001 fue transferida a la Empresa Provincial de Energía de Córdoba. Apenas un año más tarde y luego de reparar uno de sus transformadores, la pusimos nuevamente en marcha, triplicando así la capacidad de generación de la Provincia.



Una apuesta al futuro

Electricidad barata, limpia y renovable

La energía hidroeléctrica sigue siendo una alternativa muy importante, la menos contaminante, e imprescindible para impulsar a las naciones subdesarrolladas hacia el desarrollo.

América Latina y el Caribe tienen todavía un gran potencial hidroeléctrico por desarrollar. En toda esta amplia región, hasta el año 2004, se había desarrollado únicamente el 26% del potencial hidroeléctrico total conocido hasta la fecha. De la misma manera, las estadísticas señalan que para el mismo año, el 56% de la producción total de electricidad se generó en centrales hidroeléctricas.

En el futuro, el problema será asegurar que todo el que tenga que ver con el sector hidroeléctrico desarrolle todas sus posibilidades de ayudar a cubrir las crecientes necesidades del mundo para sacar a las comunidades de la pobreza, asegurando el abastecimiento de agua y electricidad de manera sostenible.

**Concepto y diseño**

División Publicidad,
Relaciones Públicas
La Tablada 350,
6° piso, Córdoba
T: 0351- 429 6042
F: 0351 - 434 2578
E: rrpp@epec.com.ar

Centro de Capacitación Profesional "Ing. José Ibar Romero"
Av. Papín 4850,
Villa Belgrano, Córdoba.
T: 03543 449062
F: 03543 449064
E: capacitacion@epec.com.ar

Fotografías

Facundo Di Pascuale; archivo digital de División Publicidad, EPEC

www.epec.com.ar

