

Uso De Las Turbinas Hidráulicas En Ríos De Pendientes Bajas

Luis Milla Lostaunau

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RESUMEN: El Perú es un país muy rico en recursos de agua, los mismos que se encuentran en las regiones de la Sierra, los que son abastecidos por el desglaciamiento de la Cordillera de los Andes y en la Selva, por la intensas lluvias que se precipitan periódicamente. la situación favorable del recurso ha permitido que muchos ríos, en la región de la sierra, hayan sido aprovechados para generar energía eléctrica, utilizando las grandes caídas y caudales de agua, sin embargo en la región de la Selva ha sido escasamente explotado, debido a que no existe desniveles considerables, pero si las grandes volúmenes de agua y el movimiento lento de aguas. En ese sentido el estudio de investigación se orienta a ese fin, es decir a determinar cual era la turbina hidráulica mas apropiada para poder aprovechar al máximo los grandes caudales de agua de los ríos.

I. INTRODUCCIÓN

Entre las fuerzas naturales que desde tiempos remotos han impresionado al hombre, se encuentra el agua en forma de corriente, o el agua en movimiento. Siempre ha sentido el deseo de utilizar el empuje o la fuerza que ejerce sobre los cuerpos que se oponen en su marcha, al principio el hombre primitivo utilizó la escasa fuerza del arroyo, sumergiendo troncos que lo arrastraban y lo hacia girar sobre si mismo. Es posible que en idea de algunos hombres, haya sido en utilizar el agua para hacer girar un pequeño objeto como si fuera una máquina primitiva.

Es probable que los chinos laboriosos antiguos hayan descubierto muchos de los artificios y máquinas primitivas y tal vez inventaran o introdujeron el empleo de la rueda hidráulica primitivamente de paletas y de impulsión inferior y directa con el empuje del agua.

Desde la primitiva rueda hidráulica, cuyo esbozo es posible verse en la rueda china de acción hasta la

llamada a reacción de Poncelet, aparecida a mediados del siglo XIX han transcurrido unos 400 años o más. Sin embargo, la técnica que presidió la construcción de una y otra, avanzó relativamente poco, si tenemos en cuenta que la rueda hidráulica en todo ese largo tiempo fue el único motor inanimado con que disponía la humanidad.

De otro lado, es difícil estudiar el agua y disciplinar sus fuerzas. Podemos entrar en las definiciones indicando que se llaman ruedas de acción, las que funcionan en forma directa, o con el empuje o choque del agua contra las paletas o piezas que la sustituyen.

En ese choque el agua circulando con mayor o menor velocidad cede frente de su energía cinética a las paletas sumergidas total o parcialmente esta energía transportada al eje de la rueda por elementos rígidos, lo impulsan y obligan a girar, muchos años después el matemático francés Poncelet perfeccionó las ruedas hidráulicas, mediante un tipo de impulso por empuje inferior, rueda que se presentó en la segunda mitad del siglo XIX con notable progreso, al desarrollar velocidades periféricas bastantes elevadas sin disminuir el rendimiento.

Posteriormente se sustituyó la rueda hidráulica por la turbina, que es una máquina que transforma la energía de un fluido en movimiento circular.

En las turbinas hidráulicas se utilizan la energía de la caída del agua, que actúa sobre las paletas constantemente en el mismo sentido de manera que si penetra por la circunferencia exterior de la rueda sale por la interior, y si penetra por la parte inferior. sale por el exterior. Por este método se aprovecha totalmente la energía del agua. Asimismo en las turbinas hidráulicas el agua penetra y actúa sobre todas las paletas de la rueda simultáneamente y no solo sobre el número parcial de ellas, como ocurre en las ruedas hidráulicas.

La turbina, es una palabra que se relaciona con el torbellino creado por un fluido, y se entiende a todo dispositivo mecánico capaz de convertir en trabajo, en forma de movimiento de rotación, la energía presente

en masa de agua, vapor o gas, al encontrarse dotadas de una determinada velocidad de desplazamiento.

II. TIPOS DE TURBINAS HIDRÁULICAS

Existen tres tipos de turbinas hidráulicas con los mejores resultados hasta la fecha:

- Turbinas Pelton (a)
- Turbinas Francis (b)
- Turbinas Kaplan (c)

Para establecer la relación en el orden señalado, nos basamos en el empleo de las turbinas en función de la altura del salto, aunque no hay límites definidos que separan los márgenes de utilización de unos tipos respecto de otros (ver figura 1)

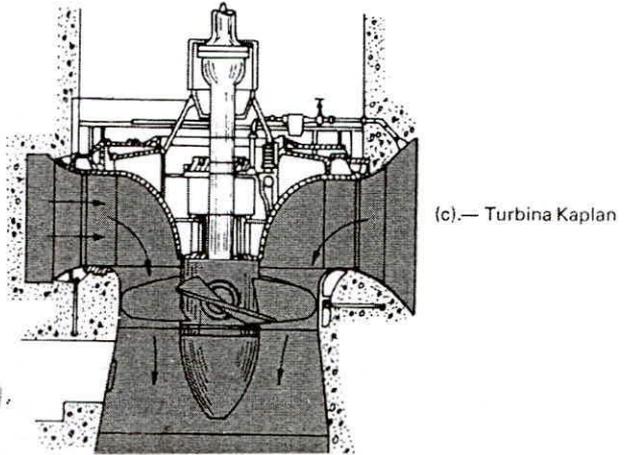
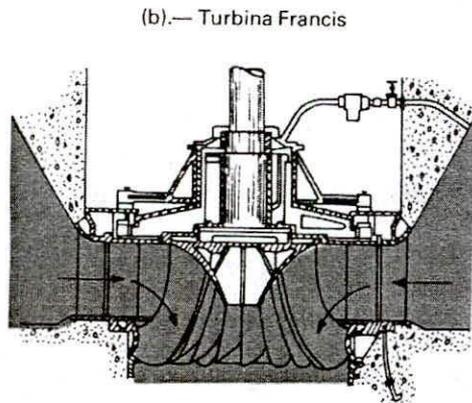
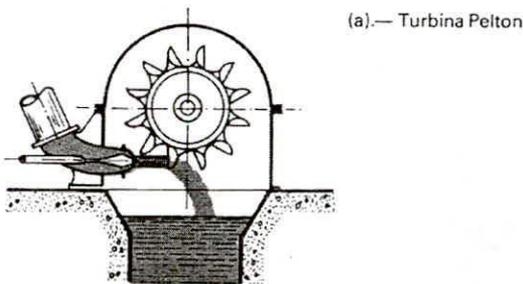


Fig. 1. Tipos de turbinas hidráulicas.

A. Turbinas Pelton

Se conocen como turbinas de presión, por ser constantes en la zona del rodete, de chorro libre de impulsión, o de admisión parcial al ser atacado por el agua, en una parte de la periferia del rodete. Su utilización es idónea en saltos de gran altura (alrededor de 200 m y mayores), caudales pequeños (hasta 10m³/seg aproximadamente) [1]

Los componentes de una turbina Pelton son:

- Distribuidor
- Rodete
- Cáscara
- Cámara de carga
- Sistema hidráulico de frenado
- Eje

1) Principio de funcionamiento

La energía potencial gravitatoria del agua embalsada, o energía de presión hasta los orificios de las toberas se convierte, prácticamente sin pérdidas, energía cinética, al salir el agua a través de dichos orificios en forma de chorros libres, a una velocidad que representa toda la altura del salto útil. Se tiene la máxima energía cinética en el momento en que el agua incide tangencialmente sobre el rodete, empujando a los cangilones que lo forman, teniéndose el trabajo mecánico deseado.

Las formas cóncavas de los cangilones cambian de dirección del chorro de agua, saliendo sin energía apreciable, por los bordes laterales, sin incidencia posterior sobre los cangilones sucesivos.

La arista divide a cada cangilon en dos partes simétricas, corta al chorro de agua, seccionándolo en

dos láminas de fluido, del mismo caudal, precipitándose cada una hacia la concavidad respectiva.

B. Turbinas Francis

Son turbinas de sobre presión por su variabilidad de presión en las zonas del rodete, este se encuentra sometida a la influencia directa del agua en toda la periferia. También se le conocen como turbinas radiales – axiales y turbinas de reacción.

Se clasifican en función de la velocidad específica del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características de salto, así tenemos:

- Turbinas Francis lentas, para saltos de gran altura (alrededor de 200 o más)
- Turbinas Francis normal para saltos de altura media (entre 200 y 20 m)
- Turbinas rápidas y extra rápidas. Apropiadados a saltos de pequeña altura (inferiores a 20 m)

1) Componentes de una turbina Francis

La relación de componentes fundamentales son los siguientes:

- Cámara espiral
- Distribuidor espiral
- Rodete
- Tubo de aspiración

Y también:

- Eje
- Equipo de sellado de eje de turbina
- Cojinete guía de turbina
- Cojinete de empuje

2) Principio de Funcionamiento

La energía potencial gravitatoria del agua embalsado, se convierte en energía cinética en su recorrido hacia el distribuidor, a la salida de este se dispone de energía en forma cinética y de presión, siendo la velocidad de entrada del agua en el rodete, inferior a lo que le correspondería por altura de salto, debido a cambios bruscos de dirección en su recorrido.

En el distribuidor, el agua a su paso por las palas, fijas de la cámara espiral y palas directrices del distribuidor, disminuye su presión, adquiriendo velocidad, en tales condiciones provoca el giro del rodete, al discurrir a través de los alabes, sobre las cuales actúa el resto de la presión existente en las masas de agua dotados a su vez de energía cinética. El

tubo de aspiración produce depresión en la salida del rodete, es decir una succión.

C. Turbinas Kaplan

Las turbinas Kaplan, son turbinas de admisión total, clasificado como turbina a reacción. Se emplean en saltos de pequeña altura (alrededor de 50 m y menos), con caudales medios y grandes (aproximadamente de 15m³/s en adelante),

Debido a su singular diseño, permiten desarrollar elevadas velocidades específicas, obteniéndose buenos rendimientos, entre extensos límites de variación de caudal. A igualdad de potencias, las turbinas Kaplan son menos voluminosas que las turbinas Francis.

Normalmente se instalan con el eje de posición vertical aunque también se presentan para ser colocadas de forma horizontal o inclinada.

(ver figura 2)

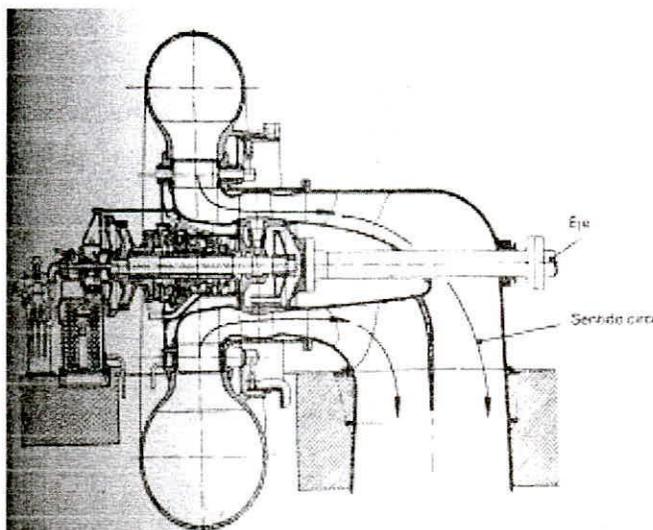


Fig.2. Turbina Kaplan de eje horizontal

un montaje característico de este tipo de turbinas, acoplados con el alternador se denominan grupos bulbo, propio de las centrales maremotrices, o los grupos pozo, utilizados para aprovechar al máximo las corrientes de agua con muy poco salto. En ambas situaciones, la cámara y el tubo de aspiración constituyen un solo conducto, pudiendo situarse el eje del grafo en posición horizontal o inclinada.

(ver figura 3)

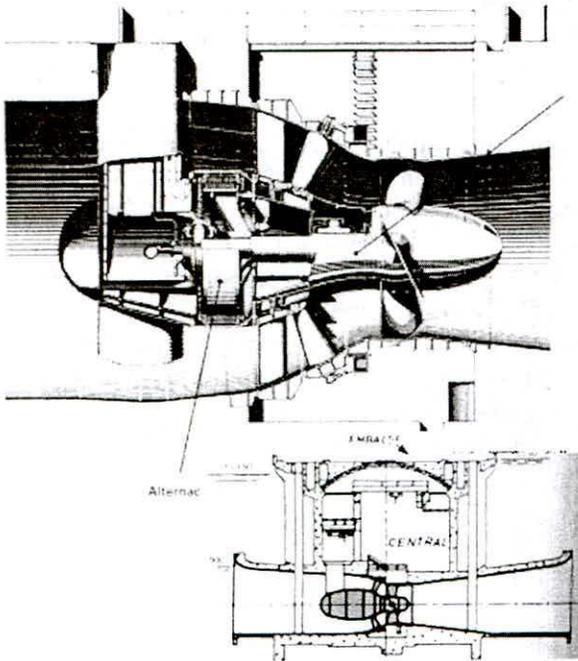


Fig.3. Grupo bulbo detalle de situación

1) Componentes de una turbina Kaplan

Se componen de los siguientes elementos:

- Cámara espiral. Metálica o de hormigón, de secciones apropiadas.
- Distribuidor
- Tubo de aspiración
- Eje
- Equipo de sellado del eje de la turbina
- Cojinete de empuje. Normalmente por mando conjunto con el anterior.

Estos componentes son los agregados a los que tienen la turbina Francis, debido al gran parecido con esta turbina no se insiste sobre aquellos componentes que tienen la misma función y similares características. Ver figura 4, 5, y 6.

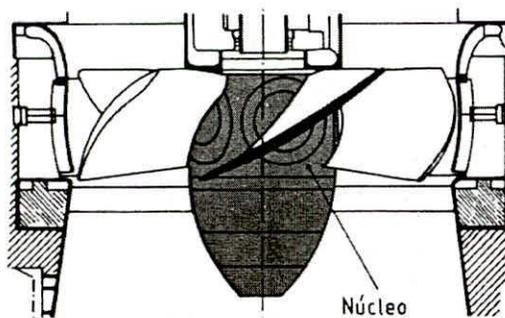


Fig.4. Núcleo o cubo del rodete de una turbina Kaplan.

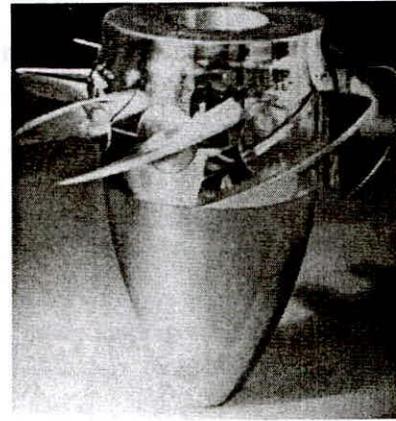


Fig. 5. Rodete de turbina Kaplan (Corresponde a un rodete de ensayo de 8 palas)

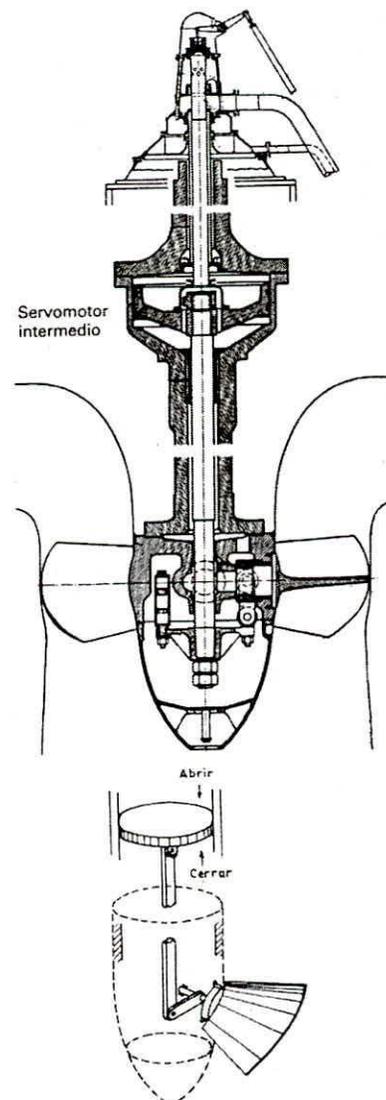


Fig. 6. Accionamiento de las palas del rodete de una turbina Kaplan, mediante servomotor intermedio. Detalle del mecanismo.

Existen turbinas en las que, las palas del rodete, se pueden orientar con mecanismos accionados por motor eléctrico y reductor de velocidad, colocados en el interior del eje.

En los rodetes Kaplan, el interior del núcleo está lleno de aceite, a fin de producir la estanqueidad necesaria que evite el paso del agua, a través de los ejes de las palas [1].

III. FENÓMENOS ANÓMALOS EN LAS TURBINAS HIDRÁULICAS

Las turbinas hidráulicas, al ser máquinas complejas de grandes dimensiones, están bajo la acción de elevados esfuerzos mecánicos, lo que puede dar origen a rozamientos, agarrotamientos, etc. Además, al estar supeditados a la influencia directa del agua, tienen que soportar efectos hidráulicos desfavorables para su correcto funcionamiento, como son erosiones, corrosiones, etc. Se agrega a ello, el efecto abrasivo que ejerce la arena contenida en el agua, sobre las piezas situadas en su camino.

En tal sentido se tienen dos efectos normales:

- La Cavitación
- Golpe de ariete

1) La Cavitación

Es un fenómeno de formación de vapor que se produce cuando un líquido fluye por regiones donde, a causa de las altas velocidades de flujo de agua, la presión estática absoluta es menor que la presión del vapor correspondiente a la temperatura del líquido.

Si las burbujas alcanzan posteriormente zonas de una mayor presión que la presión del vapor entonces se condensan violentamente originando serios problemas hidráulicos y mecánicos en los aparatos y máquinas donde ocurre este fenómeno.

En las turbinas hidráulicas de reacción, la cavitación suele ocurrir en las zonas de baja presión, como en la parte convexa de los alabes y las partes laterales cercanas a la salida del rodete y al ingreso del tubo de aspiración.

Los efectos de la cavitación se manifiestan en una variación de comportamiento de la turbina al disminuir la potencia el caudal y la eficiencia, en la producción de ruidos y vibraciones y en la destrucción de la superficie de los alabes y zonas adyacentes a causa de la condensación violenta de las burbujas de vapor, que originan altas presiones localizadas de muy alta frecuencia. También se manifiesta por efectos en el agua.

La cavitación puede evitarse, para el caso de las turbinas de reacción, se cumple la relación:

$$H_s \leq H_{at} - \sigma H - H_v \quad (1)$$

Donde: H_s es la altura de succión, en metros. Esta altura es la distancia entre el punto más alto del borde de salida del alabe y el nivel de agua del canal de desagüe.

H_{at} es la altura de correspondiente a la presión atmosférica local (en mts)

σ es el coeficiente de cavitación de Thoma. Este coeficiente se determina en forma experimental y se expresa como una función del tipo de turbina a través de la velocidad específica.

H_v es la altura de presión del vapor del agua, en metros [2]

2) Golpe de Ariete

El golpe de ariete se presenta en las turbinas, siempre que se realizan maniobras rápidas en los dispositivos que abren, cierran o regulan el paso del agua, como son válvulas, compuestas de tomas. Se producen también cuando existen disminuciones bruscas de la potencia solicitada al generador, debido a la repentina disminución del caudal de agua en respuesta a la actuación de los equipos de regulación. Estos se pueden atenuar, e incluso hasta impedir, accionando lenta y progresivamente las válvulas, compuertas, etc. Y mediante la instalación de las chimeneas de equilibrio.

El estudio del golpe de ariete se basa en la teoría de la onda elástica, lo que se entiende como el desplazamiento a una velocidad determinada, de la variación de presión a lo largo de la tubería. [1]

IV. CONCLUSIONES

En la actualidad cualquier tipo de aprovechamiento para generar energía eléctrica, que no sea el petróleo es muy beneficioso, en el caso nuestro, el recurso agua bastante abundante en la selva y no aprovechado todavía, podría ser un elemento importante de desarrollo en esta región.

Según lo estudiado la turbina hidráulica más adecuada sería la turbina Kaplan, debido a que no necesitan tener caídas o desniveles considerables para girar y producir movimiento, sólo depende del uso de paletas o alabes adecuados para recibir la gran masa de agua y producir fuerza motriz en su eje. El mismo que acoplado a un generador eléctrico produciría electricidad [3]

No es posible utilizar reservorios porque no tiene caídas o desniveles de agua, por lo tanto su uso sería del líquido fluyendo directamente a pie de turbina.

En el esquema de un diagrama de producción, no serviría para cubrir las puntas de un despacho de carga, solo sería para trabajar en base.

Por lo tanto, logrando generar energía hidráulica podríamos generar energía eléctrica en la selva a un costo muy bajo, y mas económico que utilizar energía a base de petróleo.

REFERENCIAS

- [1]Iberdrola, Endesa, Sevillana de Electricidad, Unión Fenosa, *Turbinas Hidráulicas, Centrales Hidráulicas*, Vol. 2, pp. 4-43, Paraninfo, Madrid, 1994.
- [2]R. Ortiz, *Pequeñas centrales hidroeléctricas*, Mc Graw Hill, Colombia, 2001.
- [3]F. Coz, T. Sánchez, B. Viani, J. Segura, L. Rodríguez, H. Miranda, E. Castromonte, J. Guerra, L. Quiroz, J. Gaitan, L. Moreno, I. Muñoz, *Manual de Minicentrales y Microcentrales Hidráulicas, Una Guía para el desarrollo de Proyectos*, pp.131-136, Perú, 2001.