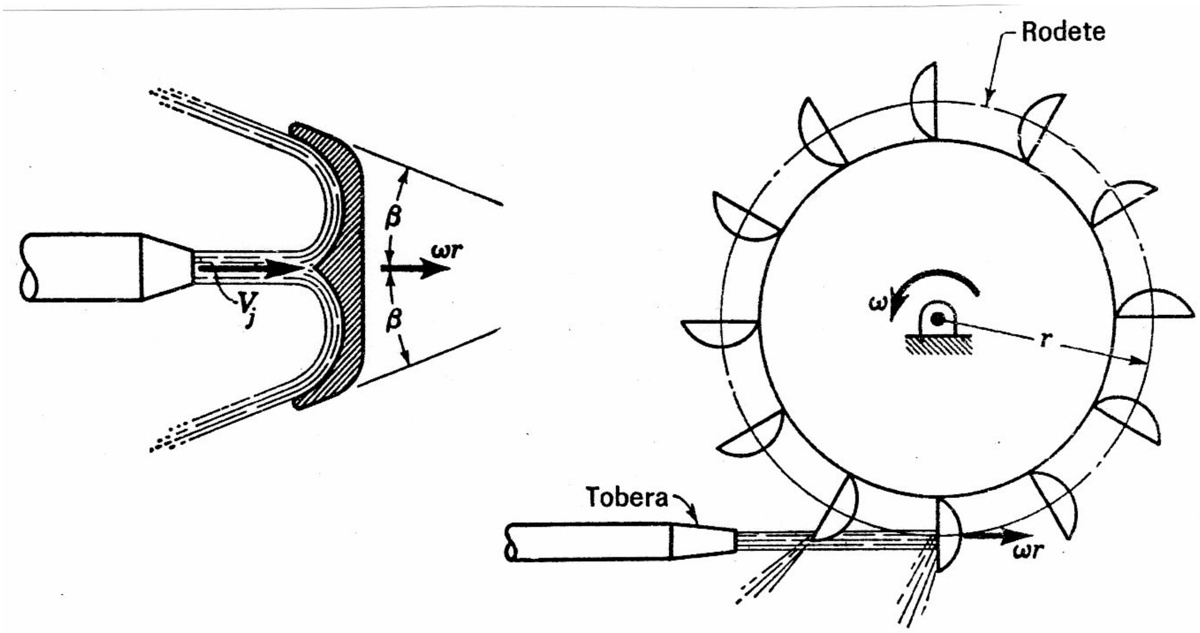
LA RUEDA PELTON
(Shames)

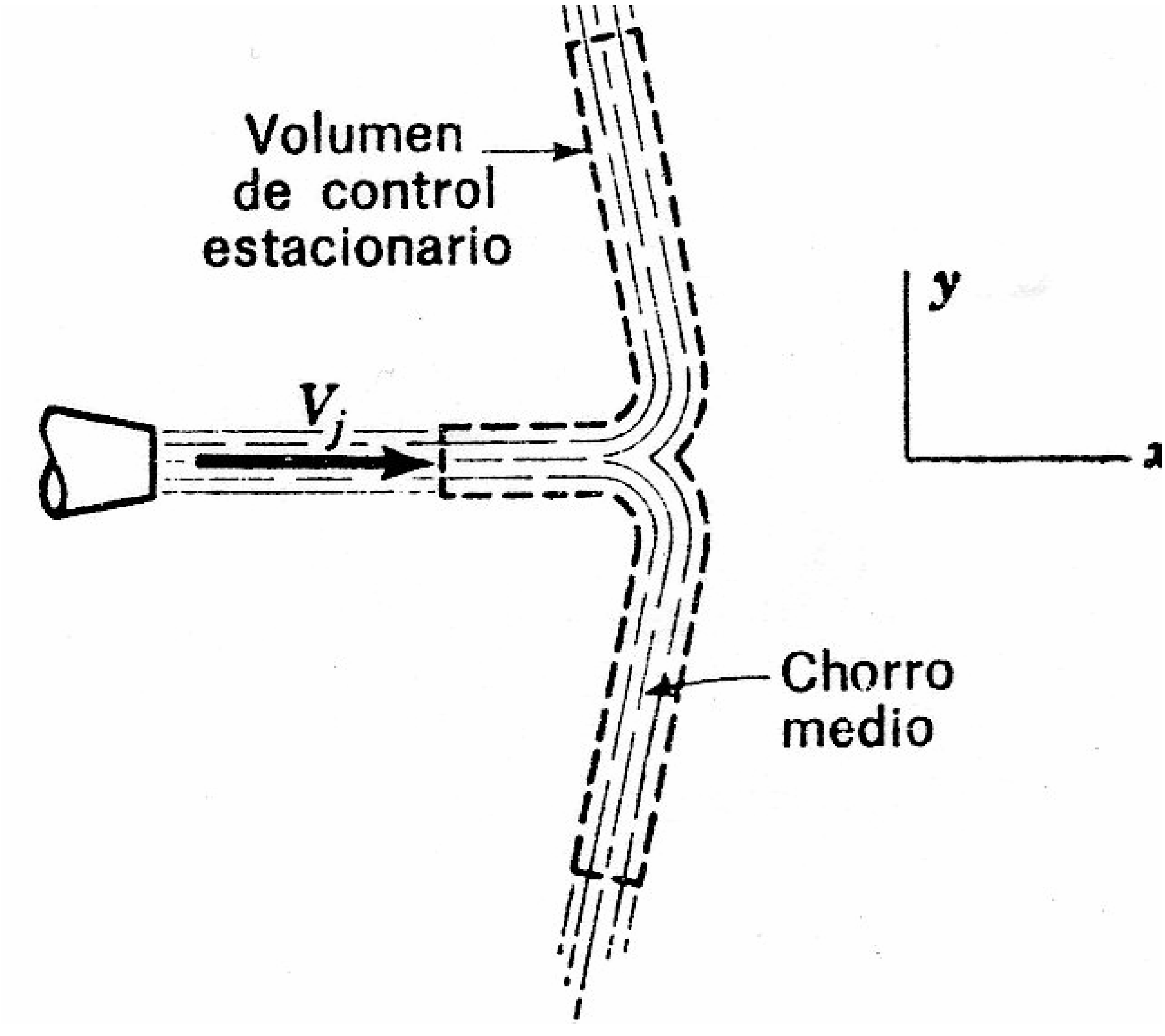
Es una turbina de impulsión. Uno o más chorros de agua, que sale(n) de una tobera a velocidad alta, incide sobre un sistema de cucharas unidas a una rueda.

El rodete (cucharas y rueda) tiene un radio r, medido en el centro de las cucharas. Es cargado por un generador eléctrico, y gira a una velocidad angular constante, ω, radianes/segundo, en sentido antihorario. La tobera entrega un caudal Q, m^3/s, con una velocidad V_j medida respecto a ejes estacionarios.



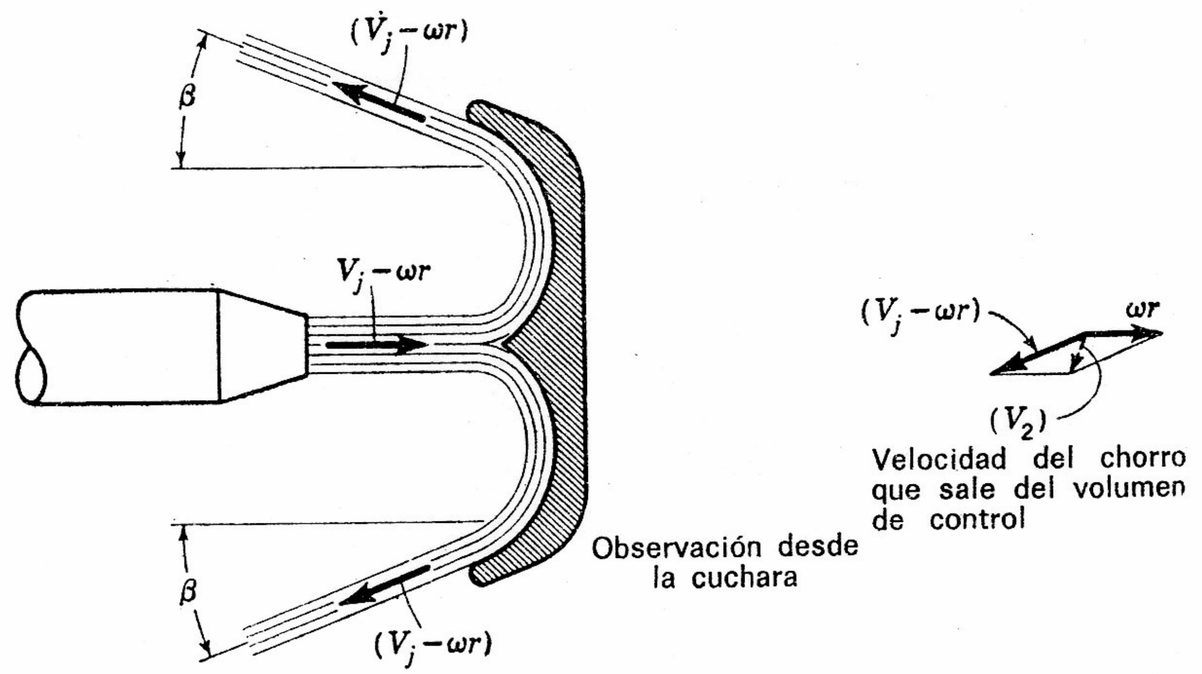
El chorro se divide en dos partes iguales sobre la cuchara. Si se desprecian la gravedad y el roce, el agua no cambia su velocidad con relación a la cuchara, mientras dura su acción. Consideremos un flujo permanente medio del chorro a través del rodete, que supondremos equivalente al flujo instantáneo del chorro completo cuando incide sobre una cuchara. Esta está en la posición más baja, es decir, la velocidad de la cuchara se considera constante e igual a ωr .

Podemos entonces tomar el volumen de control "estacionario" de la figura siguiente (indicado con línea de trazos):



Si bien sabemos cual es la velocidad de entrada al volumen de control estacionario (V_j), no conocemos la velocidad de salida del fluido del VC.

Para eso tomamos la figura siguiente, en que se ha representado la cuchara y las velocidades medidas con relación a ésta.



Con respecto a la cuchara el chorro se mueve con una velocidad $V_j - \omega r$. Las salidas tienen una velocidad de igual módulo, pero con un ángulo de inclinación β impuesto por la forma de la cuchara. Entonces, respecto a ejes estacionarios, la componente de velocidad horizontal de los chorros de salida es:

$$-(V_j - \omega r)\cos\beta + \omega r$$

El caudal se divide en dos partes iguales, Q/2. Planteando la ecuación de cantidad de movimiento lineal, en dirección x, despreciando las fuerzas de presión atmosférica

$$R_x = -Q\rho V_j + Q\rho(-(V_j - \omega r)\cos\beta + \omega r)$$

Donde Rx es la fuerza media que las cucharas ejercen sobre el chorro. Su reacción Kx es la fuerza media que el chorro ejerce sobre las cucharas.

$$K_x = Q\rho((V_j - \omega r)(1 + \cos\beta)$$

El torque medio:

$$T_x = Q\rho r((V_j - \omega r)(1 + \cos\beta)$$

Y la potencia:

$$P = Q\rho r\omega((V_j - \omega r)(1 + \cos\beta)$$

Se puede demostrar que la potencia es máxima cuando $V_j = 2\omega r$. Igualmente, la potencia es máxima cuando el ángulo $\beta = 0, \quad \cos\beta = 1$. Por otra parte, la potencia es nula con velocidad angular cero y para $V_j = \omega r$, en que el torque también se anula. Si la velocidad angular es tal que $V_j < \omega r$, la potencia es negativa, y habría que suministrar energía al eje por otros medios para mantener esa velocidad angular.

ANÁLISIS MEDIANTE EL TEOREMA DEL MOMENTO DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Para usar este teorema se utiliza un volumen de control estacionario, que encierra completamente la rueda Pelton. La superficie de control corta el eje de la rueda por los dos lados de la rueda. Se toma la componente de la ecuación de momento de la cantidad de movimiento alrededor de la circunferencia media de la rueda.

Se tenía:

$$\vec{M}_S + \vec{M}_B = \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \oiint_{SC} (\vec{r} \times \vec{V})(\rho \vec{V} \bullet d\vec{A}) + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} (\vec{r} \times \vec{V}) \rho dv \qquad (6)$$

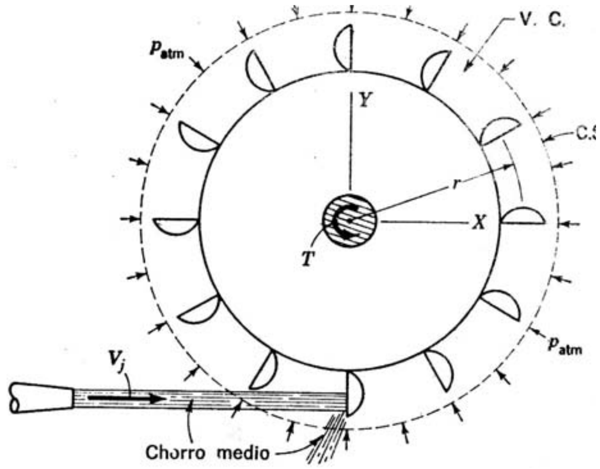
El primer término representa el momento total de todas las fuerzas que actúan sobre el sistema. Se puede dividir en dos partes: Momento de las fuerzas superficiales, $\mathbf{M_S}$, y momento de las fuerzas másicas, $\mathbf{M_B}$.

Se usará una sola componente escalar de esta ecuación. Esto equivale a tomar momentos respecto a ejes y no a puntos. Ts y Tb: Torques respecto a un eje.

Si V_ϕ es la velocidad tangencial a la rueda, $\vec{r} \times \vec{V} = rV_\phi$

$$T_S + T_B = \oiint_{SC} (rV_\phi)(\rho \vec{V} \bullet d\vec{A})$$

En que la integral de volumen ha desaparecido al considerar régimen permanente. Buscamos los flujos de cantidad de movimiento:



Para el fluido que entra al VC: $-rV_j\rho Q$
Para el fluido que sale: Considerando la velocidad de salida del chorro respecto al terreno:

$$V_\phi = \omega r - (V_j - \omega r)\cos\beta$$

El flujo de momento de cantidad de movimiento es:

$$r(\omega r - (V_j - \omega r)\cos\beta)\rho Q$$

De donde:

$$T_{eje} = -rV_j\rho Q + r(\omega r - (V_j - \omega r)\cos\beta)\rho Q$$

De donde obtenemos el torque como:

$$Torque = -T_{eje} = Q\rho r((V_j - \omega r)(1 + \cos\beta)$$

Resultado que coincide con el obtenido por el método de la cantidad de movimiento lineal