

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela Química
Termodinámica para Ingenieros Químicos

Estudio de Factibilidad del Uso de la Capacidad Hídrica del
Río Güaire en la Generación de Energía Eléctrica
(Iluminación del Museo de Los Niños)
Parte 2

Bachilleres:
Chen Chen, William C.I: 16.113.714
Guevara Boada, Gustavo José C.I: 16.435.691
Malavé L, Cristián A C.I: 15.586.022

Caracas, Agosto del 2003.

SUMARIO

Debido a posible recortes en el suministro de energía a la ciudad de Caracas, la cátedra de Termodinámica para Ingenieros Químicos ha propuesto que se haga un estudio de factibilidad para usar la capacidad hídrica de los ríos que circulan a lo largo de la ciudad. Esto con el fin de evitar que algunas actividades de entretenimiento sean totalmente canceladas. En vista de lo anteriormente mencionado se quiere decidir si es viable el uso de la energía a obtenerse a partir del caudal del Río Güaire como fuente de energía para la iluminación del Museo de Los Niños.

Como primer paso se decidió ir al museo, específicamente a la división de mantenimiento en la búsqueda de una posible información técnica sobre la energía que consume el sistema de iluminación de este centro cultural. Con la ayuda de José Zambrano, jefe de división de mantenimiento, pudimos realizar un cálculo aproximado de esta energía, estimado en 118.710 W. Como un segundo paso se procedió a entrevistar Ing. Eudoro López en la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA), el cual nos proporcionó datos notables en relación al caudal, densidad y cota del Río Güaire. Además de datos técnicos nos tomamos la libertad de buscar información cultural en relación a la historia de la generación de electricidad en Caracas. Para esto nos dirigimos a la cede principal de la Electricidad de Caracas donde logramos conseguir estos datos.

Como un último paso se procedió a efectuar los cálculos correspondientes a balance de energía para estudiar la viabilidad de una posible represa cerca del cauce del Río Güaire para generar energía eléctrica que pueda iluminar el museo. Se supuso la existencia de una turbina en la parte más baja del Río Güaire, en la localidad de Petare, conectadas a su vez a un generador de corriente eléctrica. Se tomó en cuenta cada una de las eficiencias de los equipos y planteó como sistema la turbina hipotética, determinando las limitantes de la primera y segunda leyes de la Termodinámica. Con buen balance de energía se pudo hallar la altura necesaria de caída del agua, para que la energía en forma de energía potencial se transforme en energía en forma de trabajo suficiente para que el generador hipotético proporcione la electricidad suficiente para iluminar el museo.

Una vez efectuado el balance de energía se determinó que la altura requerida para la caída de agua es menor que la altura de la estructura de concreto por la cual circula el río; con lo que podemos afirmar que es posible construir una represa cerca de este río, que genera la energía necesaria para iluminar el Museo de los Niños en caso de que se practiquen recortes en el suministro de energía a la ciudad de Caracas

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como bien es conocido la energía es costosa. Todavía no hemos aprendido a utilizar de manera eficiente el interminable suministro de energía “gratis” que proviene de fuentes como el sol, los vientos y las mareas. La generación de energía nuclear es posible, pero la necesidad de desechar los desechos radiactivos de los reactores nucleares de forma segura es un problema no resuelto y no existen suficientes caídas de agua y presas para generar suficiente potencia hidroeléctrica para satisfacer las necesidades de energía del mundo. Esto obliga a los ingenieros químicos a realizar la combustión de sustancias, mediante la quema de un gas combustible, petróleo o un combustible sólido, y al uso del calor generado como fuente de energía térmica o (indirectamente) eléctrica.

En forma general la industria de proceso siempre ha reconocido que el desperdicio de energía conduce a la reducción de beneficios, pero en el pasado, el costo de la energía solía ser una parte insignificante del costo global del proceso, y se toleraban las eficiencias operacionales. Si embargo, en años recientes, la drástica disminución en la disponibilidad de gas natural y de petróleo ha elevado el costo de energía varias veces, y ha intensificado la necesidad de eliminar el consumo innecesario de energía. En vista de lo anterior uno de los principales trabajos de todo ingeniero sería contabilizar cuidadosamente la energía que entra o sale de cada unidad de un proceso y determinar las necesidades globales para el proceso. Esto se logra efectuando balance de energía para el proceso global y para cada dispositivo.

Balance de Energía para Sistemas Abiertos en Régimen Permanente

Por definición, en un sistema abierto se observa la transferencia de materia a través de sus fronteras cuando ocurre un proceso. Debe realizarse trabajo sobre el sistema para que exista una transferencia de materia hacia él, y la masa que sale del sistema realiza trabajo sobre los alrededores; ambos términos de trabajo deben incluirse en la ecuación de balance de energía.

$$\sum (h + ec + ep)e \cdot \int m e - \sum (h + ec + ep)s \int m s + \mathcal{Q} - \mathcal{W}n - Pdv = d(m(u + ec + ep))_{\text{sist}}$$

Turbinas

En la centrales de potencia de vapor, gas o hidroeléctricas, el dispositivo que acciona al generador es la turbina. Cuando el fluido pasa por a turbina, ejerce trabajo sobre los álabes que están unidos al eje. En consecuencia el eje rota y la turbina produce trabajo. Por convención el trabajo efectuado por cualquier turbina se toma positiva porque lo realiza el fluido. En las turbinas los diversos términos de la ecuación de la energía presentan las siguientes características:

$Q \cong 0$. La transferencia de calor para este dispositivo es pequeña respecto del trabajo del eje, a menos que halla un enfriamiento deliberado.

$W \neq 0$. Este dispositivo implica ejes rotatorios que cruzan su frontera, por lo que el término trabajo es importante.

$\Delta e_p \cong 0$. El cambio en la energía potencial que experimenta un fluido cuando fluye por turbina suele ser muy pequeño y casi siempre se omite. *En nuestro caso no podemos despreciar este cambio de energía potencial.*

$\Delta e_c \cong 0$. Las velocidades de del fluido encontradas en la mayor parte de las turbinas son muy altas y el fluido experimenta un cambio importante en su energía cinética. Sin embargo este cambio casi siempre es muy pequeño con el cambio en la entalpía. Por lo tanto, a menudo se desprecia.

Eficiencia adiabática de turbinas

En una turbina bajo operación permanente el estado de entrada del fluido de trabajo y la presión de escape son fijos. En consecuencia el proceso ideal para una turbina adiabática es del tipo isentrópico entre el estado de entrada y la presión de escape. La salida deseada de una turbina es el trabajo producido, y la eficiencia adiabática de una turbina se define como: *“La razón entre la salida de trabajo real de la turbina y la salida de trabajo que habría alcanzado si el proceso entre el estado de entrada y la presión de salida fuera isentrópico”.*

Es decir:

$$\eta_t = \frac{W_{real}}{W_{ideal}} \quad 2$$

2. “CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A.”

Definiciones Básicas

- **Energía:** es todo aquello capaz de producir trabajo mecánico, directa o indirectamente. La energía por tanto se puede presentar de diferentes formas, pero para que sea considerada como tal tiene que ser capaz de producir trabajo.
- **Energía cinética:** Es la debida a la velocidad v . Una masa m a una velocidad v , tienen una energía cinética de $\frac{1}{2} m v^2$.
- **Energía potencial gravitatoria:** es la que tiene una masa m que está a una altura h respecto del suelo: mgh . Siendo g la aceleración de la gravedad.
- **Potencia mecánica:** Trabajo que efectúa un cuerpo por unidad de tiempo. Al realizar un trabajo determinado, la eficacia de la máquina dependerá de la velocidad con la que pueda llevarse a cabo este trabajo, cuanto más corto sea el tiempo en que se verifica, mayor es la potencia de la máquina. La potencia también se puede definir como el producto de la fuerza por la velocidad y se mide en Watios en el Sistema Internacional, siendo un watio = 1Joule/1 segundo. El caballo de vapor es una unidad muy empleada para medir la potencia; 1CV equivale a 736 W.
- **Calor:** Energía en tránsito entre dos o más cuerpos, que consiste en un movimiento vibratorio atómico-molecular, consecuencia de una diferencia de temperatura entre ellos y que provoca fenómenos como la dilatación del cuerpo o su cambio de estado.

Otros tipos de energías que pueden ser utilizadas en el proyecto

Además de caudal del Río Güaire creemos que se pueden usar otras formas de energías a pesar de que estas puedan generar mayores gastos de dinero, entre las cuales podemos citar:

1. Energía Eólica
2. Energía Nuclear
3. Energía Geotérmica
4. Energía Solar

CÁLCULOS EFECTUADOS

Ecuación 1:

$$\sum (h + ec + ep)e \cdot \int me - \sum (h + ec + ep)s \int ms + \cancel{\mathcal{Q}} - \cancel{\mathcal{W}n} - Pdv = d(m(u + ec + ep))_{sist} \quad 2$$

$s_e = s_s$ Por ser una turbina adiabática reversible.

$Q = 0$. Por ser despreciable ante la velocidad con la que el agua pasa.

$d(m(u + ec + ep))_{sist} = 0$. Por ser un sistema abierto donde no hay acumulación.

$Pdv = 0$. Por ser un líquido, el cual es incompresible.

$\Delta h = 0$ y $\Delta e_c = 0$. Se desprecian por ser pequeña ante el Δe_p .

Mediante las suposiciones anteriores se obtiene la ecuación simplificada:

Ecuación 2:

$$-Wn = mg \times (z_s - z_e)$$

$$\eta_{gen} = 100\%.$$

Normalmente se asume que la eficiencia de los generadores es del 100%. Su ineficiencia es tan despreciable por lo que se tomo como un dispositivo ideal.

Ecuación 3:

$$\eta_t = \frac{W_{real}}{W_{ideal}}$$

$$W_{real} = 118710W \quad \eta_{tur} = 70\%$$

2. “CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A.”

Se utilizó para los cálculos una turbina con eficiencia del 70%. Este valor se debe a que en el mercado la turbina promedio tiene esta eficiencia.

$$\text{Mediante el despeje de } \mathbf{W_{ideal}} = \frac{\mathbf{W_{real}}}{\eta_t} = \frac{\mathbf{118710W}}{\mathbf{0,70}}$$

$$W_{ideal} = 169585,7143 \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Flujo} V = 17 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$m = \rho \times \text{Flujo} \dot{V} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 17 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 17000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Ze = \frac{-W_{ideal}}{m \times g} = \frac{169585,714W}{17000 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,018m$$

EFFECTOS DEL PROYECTO SOBRE EL AMBIENTE

Entre los distintos efectos que creemos puede tener a realización de este proyecto podemos citar:

1. Mediante la construcción de la planta de tratamiento del agua empleada para la generación de energía eléctrica se mejora la calidad de agua para luego ser empleada en actividades agrícolas como el riego de los cultivos, es decir, se le da otro uso al vital líquido.
2. En el caso de fuertes precipitaciones la represa construida tendría un efecto muy negativo sobre el sus alrededores puesto que al desbordarse esto causaría inundaciones muy fuertes inhabilitando la comunicación con sus zonas adyacentes.
3. En corto tiempo la localidad donde se construya la represa progresará económicamente lo que se traduce en beneficios para la población.

CONCLUSIONES

El resultado del balance de energía en la turbina (sistema abierto) arrojó que la altura necesaria para cubrir los requerimientos de energía del sistema de iluminación del Museo de los Niños es de 1,018 m el cual es menor que el que tiene el Río Güaire (8 m) por lo cual podemos demostrar la viabilidad de este proyecto a construirse una represa en la parte más baja del más baja del Río Güaire específicamente en la localidad de Petare. Las razones por las cuales este proyecto es viable son las siguientes:

1. En comparación con otros complejos el museo de los Niños requiere poca iluminación en sus dos áreas: Física y Ciencias Generales y La Conquista del Espacio.
2. El Río Güaire tiene un buen caudal ($17 \text{ m}^3/\text{s}$) por lo cual transporta la energía cinética suficiente para la caída de agua en forma de energía potencial.
3. El ancho del Río Güaire es pequeño, lo cual hace menos costosa la construcción de la represa.

Las razones anteriormente expuesta fueron planteadas en base a que el balance de energía en la turbina se efectuó suponiendo que el agua que circula es pura en un 100%, pero en el realidad sabemos que contiene cantidades considerables de contaminantes lo que obstaculiza enormemente el buen funcionamiento de la represa y la turbina, y hace más costosa el proyecto porque se tendría que construir una planta de tratamiento de agua porque si no se corroen los dispositivos disminuyendo la eficiencia de los mismos.

Desde un punto de vista económico podemos decir que la viabilidad de este proyecto podría no ser cierta por la construcción de la planta de tratamiento debido a que hoy en día la situación económica del país no contribuye a la realización de proyectos como este pero si se omiten estas limitantes creemos que si puede ser rentable en un alto porcentaje.

RECOMENDACIONES

Dado que en el proyecto se demostró que la capacidad hídrica del Río Güaire es factible para la generación de energía eléctrica para abastecer los requerimientos mínimos de energía para la iluminación del Museo de los Niños, el equipo decidió hacer las siguientes recomendaciones:

1. La construcción de una represa se debe realizar en un río que no esté contaminado, para ahorrar recursos económicos en la construcción de una planta de tratamiento de agua y así evitar el daño de la represa o la corrosión de la turbina.
2. La energía que produce el Río Güaire no debería utilizarse primordialmente en la iluminación o refrigeración de centro de actividades de entretenimiento si no a las viviendas que se ubican cerca de las represas, para que estas sean las primeras beneficiadas.
3. en cuanto al diseño de la turbina esta debe construirse en forma adiabática (que no transfiera calor con los alrededores), que opere lo más reversible posible para que el proceso de generación de energía en forma de trabajo se isentrópico y generar la máxima cantidad de trabajo posible y por último, que sea lo menos sensible a la corrosión.
4. si se va a llevar a cabo la construcción de la represa con la planta de tratamiento de aguas los desechos sólidos que se extraigan de allí deben ser reciclados al Río Güaire, puesto que estos no tienen ninguna utilidad y constituye sustancias perjudiciales al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. BURGHARDT, M. DAVID.** "Ingeniería Termodinámica", Segunda Edición, U.S. Merchant Marine Academy Kinas Point, New Cork, E.U.A

- 2. CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A.** "Termodinámica", Segunda Edición, Tomo 1, Mc Graw Hill, pp 351.

- 3. FELDER, RICHARD M. y ROUSSEAU, RONALD W.** "Principios Elementales de los Procesos Químicos", Segunda Edición, Addison Wesley, pp 325 - 326.