

INTI/CID
1883
Y

Secretaría de Estado de Energía

Seminario sobre conservación de la
Energía Eléctrica

Buenos Aires, 4 - 7 - XI - 1980

Tema X - B

CONSERVACION DE LA ENERGIA
EN RELACION CON
LA AUTOGENERACION

Ing. Livio Dante PORTA

INTI

Ing. Justo José ARTUSI

AyEE

INTI-CID

1883

Y

-259-

*energía eléctrica - calor - termodinámica - auto generación
plantas industriales - fuentes de energía.*

Resumen

La autogeneración es presentada en función de la excelencia termodinámica que resulta de la aplicación del Segundo Principio a los procesos técnicos. Su conveniencia es asociada con las dificultades que derivan de la crisis petroenergética, con el uso de combustibles no fósiles, con el ahorro de energías primarias, etc.

La implementación de la autogeneración (calor y energía eléctrica) en conexión con la red exige una profunda comprensión tanto por parte de la Empresa de la red como la de la autogeneración, en forma de armonizar los recíprocos intereses .

Condición sine-qua non para el éxito de esa implementación a nivel de política energética, es que la misma se base en una profunda comprensión de la Termodinámica : nunca puede haber acción sin una filosofía profunda que la informe .

301779

Indice

1. Objeto del presente trabajo.
2. Conceptos técnicos fundamentales.
 - 2.1 - Cuadro comparativo de utilización de energía primaria.
3. La autogeneración.
 - 3.1 - Autogeneración insular.
 - 3.2 - Integración con la red de Servicio Público de E. Eléctrica
4. Factores que favorecen la autogeneración (calor y energía eléctrica).
 - 4.1 - Incidencia sobre la red .
5. Factores desfavorables.
6. El concepto de ahorro de energía en la creación de parques industriales .
7. La autogeneración en relación al uso de combustibles no fósiles.
8. Estructura de la autogeneración en el país.
 - 8.1 - Tendencia probable .
9. Relaciones con la Empresa proveedora de energía eléctrica.
 - 9.1 - Importancia de la calidad de las energías eléctricas intercambiadas .
10. Conclusiones y recomendaciones .

Apéndices :

- A1 . Ejemplo de un análisis técnico (información muy sintética)
- A2 . Aplicación sintética del segundo principio de la Termodinámica .

1. Objeto del presente trabajo

Se trata de examinar las posibilidades técnicas de la generación de energía eléctrica acoplada al suministro de calor en procesos industriales, en un esquema integrado con la red del Servicio Público de suministro de energía eléctrica. Al enunciar los conceptos fundamentales que deben presidir la racionalidad del esquema integrado, lo que presupone la posibilidad de intercambios de energía eléctrica, se tendrá en cuenta el recíproco juego de las energías primarias disponibles para autogeneración y el de los distintos usos finales de dichas energías. Se trata además de cuantificar el esfuerzo activo de una acción tendiente a la conservación de recursos energéticos no renovables mediante un reordenamiento del consumo de energía en el campo industrial.

Se pone énfasis en señalar que es necesario armonizar los naturales intereses que intervienen en una cogeneración, ya que no siempre será fácil compatibilizar no solo las cantidades sino también las calidades de las energías puestas en juego. Este trabajo está guiado por conceptos y criterios técnicos cuyo origen científico lo es el segundo principio de la termodinámica, que hace explícito los límites de convertibilidad a trabajo mecánico de la energía calórica resultante del proceso de la combustión.

Se intenta analizar el problema y ubicar las variables para evaluar la autogeneración dentro del escenario energético del país conforme a ;

- 1) a los aspectos regionales ,
- 2) la integración en el marco de las ofertas hidro y nucleo eléctricas .
- 3) la oferta de combustibles sean estos fósiles o no .
- 4) impacto de nuevos desarrollos tecnológicos. (no tratado)

El trabajo no pretende sino proponer al examen algunos aspectos de la temática, todo ello dentro de la fundamental línea de conservación de recursos primarios.

2. Conceptos Técnicos Fundamentales

La autogeneración permite satisfacer requerimientos esenciales de un uso racional de la energía. Esto se logra apuntando a la optimización del aprovechamiento de la capacidad de trabajo o energía de los combustibles mediante la generación simultánea de energía mecánica y calor industrial.

El segundo principio explicita mediante el factor de Carnot la máxima transformabilidad de la energía calórica en trabajo mecánico " L " , el que se obtiene a partir de una cantidad " Q₁ " de calor disponible en un fluido (agente de transporte) que está a una temperatura " T₁ " . Esa máxima transformabilidad está condicionada por la temperatura " T₂ " de la fuente fría o sumidero frío que puede ser el medio ambiente , por la siguiente relación ,

$$L = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$$

Por lo tanto siempre será $L < Q_1$, si $T_2 > 0^\circ K$
La diferencia $Q_1 - L = Q_2 = Q_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$ es la cantidad mínima de calor que es disipada a la fuente fría .

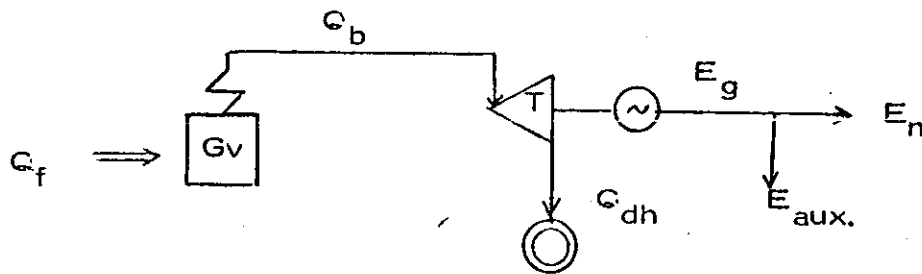
La comprensión de estas simples pero fundamentales relaciones es necesaria para entender el porqué de la justificación de la conveniencia de la autogeneración mixta, por oposición, si se quiere, a la alternativa de producir energía mecánica y calor industrial. Como resultado de la aplicación del Segundo Principio se obtiene la economicidad del esquema basado en un aprovechamiento escalonado de las energías disponibles de acuerdo a sus calidades, o "ad usum scholarum", de generar vapor una sola vez a más altas características de presión y temperatura y calentar los procesos industriales con vapor ya servido en las turbinas. Se ha dicho "generar vapor una sola vez" por oposición a "generar dos veces": una para producción de energía mecánica y otra para producir calor industrial.

La explicación detallada en forma amplia y aplicada está fuera de los límites de este trabajo, pero para un mejor entendimiento se informa conceptualmente:

- I. Parámetros determinantes del rendimiento térmico utilizando turbinas de contrapresión.
- II. Valor de las relaciones Calor - Energía Eléctrica posibles de obtener con instalaciones normales.
- III. Valoración exergética de procesos técnicos: Anexo 2

item I.

Para un mejor entendimiento se realiza el siguiente esquema;



En una turbina de contrapresión la relación entre la potencia eléctrica y la cantidad de calor entregada al proceso es:

$$\alpha = \frac{E_g \cdot \text{kWe}}{Q_{dh} \cdot \text{kWt}}$$

E_g = potencia eléctrica ; kWe

Q_{dh} = potencia calórica transferida al proceso ; kWt

Una turbina de extracción o contrapresión puede ser mirada como una de condensación con un condensador de alta temperatura, y su consumo específico es definido por la relación;

$$q = \frac{Q_b}{E_g} \frac{\text{kWt}}{\text{kWe}}$$

expresión en la que Q_b es el calor transferido de la caldera a la turbina en la unidad de tiempo.

Ignorando las pérdidas es: $Q_b = E_g + C_{dh}$, deduciendo de estas ecuaciones que:

$$q = \frac{1 + \alpha}{\alpha}$$

El consumo específico " q " es un índice que define a una instalación de contrapresión, pero se debe considerar que se ha utilizado el contenido exergético del vapor que es realmente su componente de valor. Esto es importante cuando es necesario establecer el valor de la unidad de energía eléctrica.

Denominando " Q_f " la potencia calórica de entrada a la planta, la eficiencia térmica puede ser definida por la relación ;

$$\eta_t = \frac{E_n + Q_{dh}}{Q_f}$$

expresión en la que " E_n " es la potencia neta generada, igual a ;

$$E_n = E_g - E_{aux.} \quad \text{es decir la diferencia}$$

entre la potencia bruta y el consumo (interno) de los auxiliares de la planta.

Conociendo el rendimiento calórico " η_g " del generador de vapor, se deduce que ,

$$Q_f = \frac{Q_b}{\eta_g}$$

y operando con las relaciones anteriores se deduce lo siguiente ;

$$\eta_t = \frac{E_n + Q_{dh}}{Q_f} = \eta_g \frac{(E_g - E_{aux.}) + Q_{dh}}{Q_b}$$

como

$$\frac{E_g}{C_b} + \frac{Q_{dh}}{Q_b} = 1$$

se deduce

$$\eta_t = \eta_b \left(1 - \frac{E_{aux.}}{C_b} \right)$$

en esta expresión final se observa que la eficiencia térmica de una planta de contrapresión depende del rendimiento del generador de vapor y de la relación entre la potencia consumida en el servicio interno con la de salida del generador de vapor .

Según las características de vapor (admisión y contrapresión) la eficiencia global del proceso en los casos corrientes toma valores de 0,7 y mayores .

Si se analiza la eficiencia actual de los generadores de vapor de mediana potencia y el correspondiente a turbinas modernas se puede decir que una excelente eficiencia global es prácticamente independiente del tamaño de la planta. Esto es importante pues dá oportunidades reales aún a instalaciones de baja potencia .

Item II.

Valor de las relaciones Calor - Energía Eléctrica, posibles de obtener con instalaciones normales.

Para la producción simultánea o no de energía eléctrica y calor de calefacción se informan algunas instalaciones cuyas estructuras tecnológicas son conocidas. Para hacer más objetiva la comparación de sus balances térmicos posibles, se asume un valor de entrada igual a 100 unidades de energía, común a todas las alternativas.

Distribución del balance de energía

<u>PLANTAS</u>	<u>Unidades de E. Eléctrica</u>	<u>Unidades de Calor</u>	<u>Pérdidas</u>
Turbinas de contrapresión fig. 1	29	52	19
Turbina a gas con caldera de recuperación fig. 2	32	44	24
Turbina de condensación fig. 3	34	0	66
Exclusiva generación de vapor fig. 4	0	85	15
Diesel con recuperación de calor	38	38	24

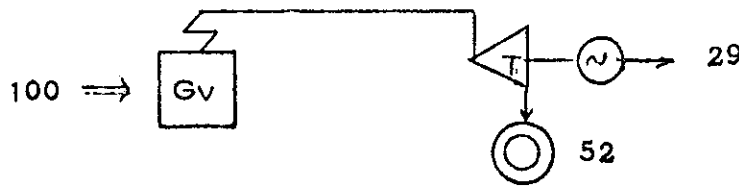


Fig. 1 Turbina de contra presión

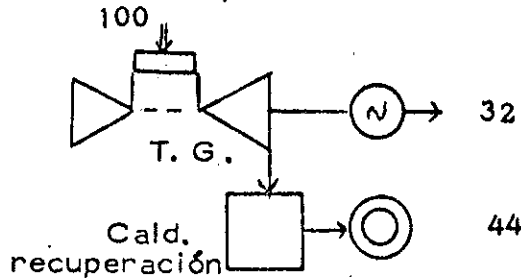


Fig. 2 Turbina a gas con caldera de recuperación

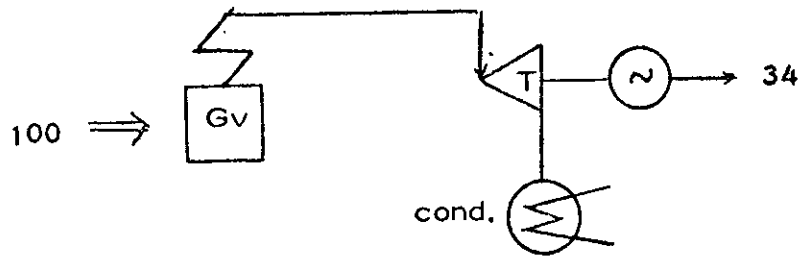


Fig. 3 Turbina con condensador

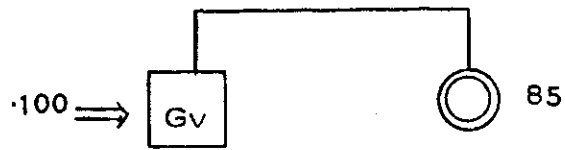


Fig. 4 Exclusiva generación de vapor

3. La Autogeneración

En su forma más amplia, la autogeneración ha de entenderse no solamente como la autoproducción de energía eléctrica, sino como la autoproducción de servicios tales como vapor para calefacción de procesos, aire comprimido, frío, gases calientes, etc. acoplados a la producción de energía eléctrica. Entre todos ellos debe existir una armonía, que viene fijada por la naturaleza del medio en el cual se implementan. Tienen su fuente de alimentación energética en los combustibles industriales, que pueden ser fósiles o no y en el suministro o no de energía eléctrica exterior al sistema.

Sucede que, para hacer un uso altamente eficiente de la energía primaria de entrada, es menester implementar la utilización de la capacidad de trabajo disponible conforme a un buen eslabonamiento termodinámico. Existe un amplio espectro de ya probadas posibilidades técnicas. Ese eslabonamiento está, en sus grandes líneas perfectamente definido por los niveles de temperatura en que se dan los procesos industriales, los que pueden ser clasificados como sigue:

<u>Nivel de los procesos</u>	<u>Temperaturas características</u>
Bajo nivel	de 110° a 150 °C
Medio nivel	de 300 a 400 °C
Alto nivel	de 1.000 a 1.500 °C

En general, los procesos industriales tienen una variada relación entre la demanda de calor y la de energía eléctrica, que puede variar entre límites muy amplios, la que cubre el espectro que va de los energo-intensivos a los termo-intensivos conforme a la siguiente tabla:

<u>Grupo</u>	<u>Procesos</u>	<u>Relación entre demanda de calor y de energía eléctrica</u>
I	energo - intensivos	0 a 2000 kcal /kWh
II	intermedios	2000 a 10 000 kcal/kWh
III	termo - intensivos	10 000 a 50 000 kcal/kWh

Cuando por razones de economicidad, se implementa en una instalación industrial un eslabonamiento en el uso del calor definido por sus necesidades expresadas por la relación calor / energía eléctrica, pueden darse muchas variantes, no solamente respecto a la naturaleza de los procesos sino por su modalidad operativa y la vinculación que pueden tener con la Empresa de Servicio Público de energía eléctrica.

Estas pueden ser agrupadas conforme a los criterios tales como los que siguen ;

Criterio de agrupamiento

- según los combustibles utilizados
- según las horas de utilización
- según la relación : calor / energía elect.
- según la vinculación con la red
- según el modo de operar en intercambio con la red
- según el sistema implementado
- según el costo de las distintas alternativas de suministro de energía
- según las posibilidades propias del nivel técnico de la industria .

Grupos

- fósiles ; fuel - oil o gas
- fósil carbón
- renovable ; leña
- residuos ; gases combustibles, residuos vegetales, basura, etc .
- operan aprox. 8000 h / año
- " " 6000 "
- " " 3000 "
- ver tabla anterior
- opera en forma insular
- opera en intercambio con la red
- entrega energía a la red en forma programable y diagramable .
- entrega energía a la red en forma fugaz (energía fantasma)
- no entrega energía a la red pero la utiliza para mantener frecuencia .
- recibe energía de la red y mantiene frecuencia
- turbina de contrapresión
- turbina de extracción y condensación
- turbina a gas con caldera de recuperación .
- turbina a gas con caldera de recuperación y máquina de contrapresión .
- turbina a gas y utilización de gases calientes .
- otros
- costo del gas vs. carbón (por Gcal)
- costo del gas vs. leña y residuos
- costo del kWh entregado por la red de servicio público o tarifa de uso industrial vs. el costo del kWh producido industrialmente .
- comparación de costos entre otras alternativas de energía primaria .
- admite presiones de 100 bar o más .
- " " " 40 bar
- " " " 20 bar
- nivel de especialización técnica para la gestión de operación y mantenimiento

- según la forma en que ocurre el intercambio con la red, el sistema de autogeneración

- usa la red para el transporte de energía a otra industria .
- ofrece energía en forma programable
- ofrece energía en forma diagramable
- usa la red a título de socorro
- tiene intercambio unidireccional
- tiene intercambio bidireccional
- admite compensación entregando energía de pico
- puede entregar o no energía fugaz
- es considerada integrante reserva del servicio público .
- puede operar en forma independiente de la red de servicio
- no puede operar sino está vinculado en paralelo con la red de servicio

El cuadro que precede permite visualizar a grandes rasgos , los factores que condicionan cada industria o cada caso particular. Los problemas que hacen a la autogeneración responden a las características de todos los que integran el espectro de los energéticos , a saber : que para que el servicio sea eficiente y económicamente óptimo, y compatibilice intereses particulares y comunitarios entre sí , es menester considerarlo en su compleja integración sin olvidar que el objetivo base es el uso racional de las energías disponibles .

Esa complejidad no es óbice para que los problemas que se plantean no puedan tener soluciones reales , como lo prueba las múltiples instalaciones existentes en el país y las de muy alta eficiencia que predominan en Europa .

3 . 1 Autogeneración insular

Las autogeneraciones insulares merecen ese tal nombre porque , actuando en forma independiente de la red , atienden a su propia demanda . Esta puede ser :

- I . solamente de energía mecánica (eléctrica)
- II . solamente de calor (vapor , gases calientes , etc)
- III . combinación de calor y energía mecánica .

Los principales factores que hacen a un sistema insular son :

- a) . una posición geográfica marginal
- b) . una posición geográfica vecina hoy a una red de servicio público (regional o al sistema interconectado Nacional) cuya vinculación con la red no ha sido considerada
- c) . una posición geográfica marginal con fácil acceso de combustible renovable .
- d) . una posición geográfica en la que el servicio público es deficitario
- e) . por la importancia de la instalación , sea por su potencia o por la calidad y confiabilidad exigida por el proceso , etc .

El cambio que se está produciendo en forma acelerada en el panorama energético indica la conveniencia de revisar muchas situaciones en orden a su potencial integración con la red de servicio público , esto en función que los elementos de juicio que determinaron históricamente la insularidad hayan cambiado de importancia o perdido vigencia .

