

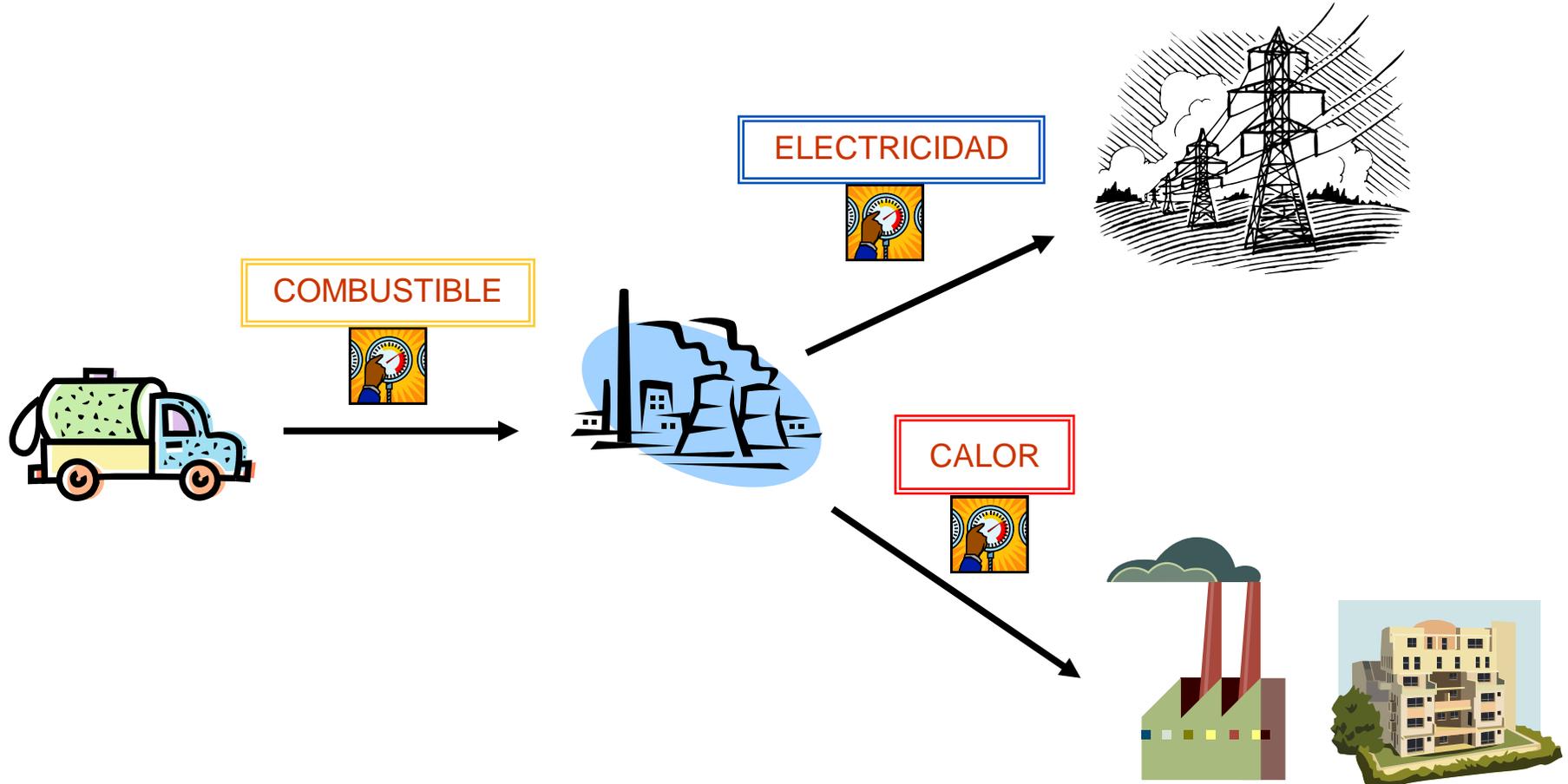


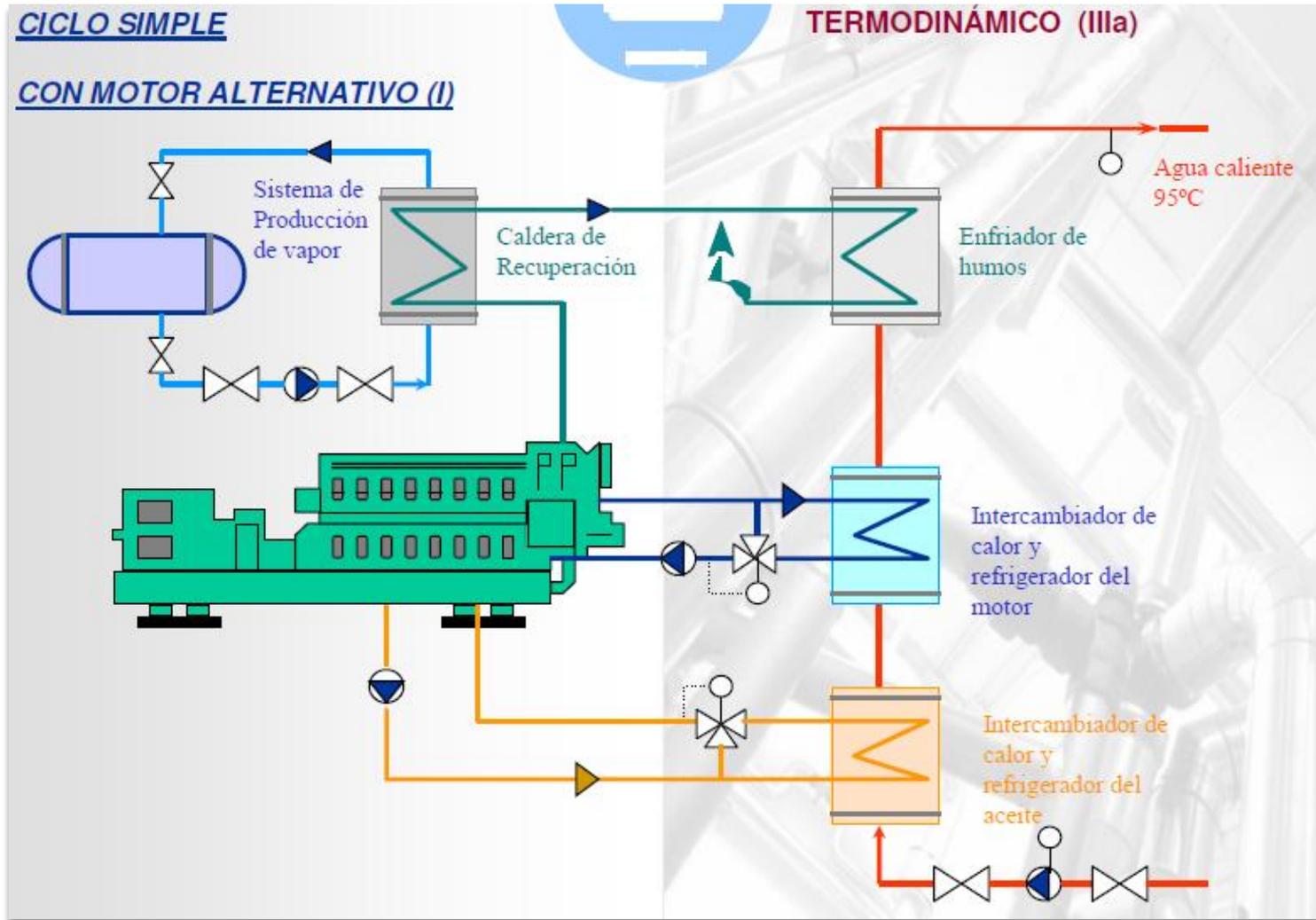
INSPECCIÓN A INSTALACIONES DE COGENERACION

**Dirección de Inspección, Liquidaciones y Compensación
Subdirección de Inspección
Francisco José Baeza Sanz**

noviembre de 2009

Cogeneración. CHP (Combined Heat and Power)

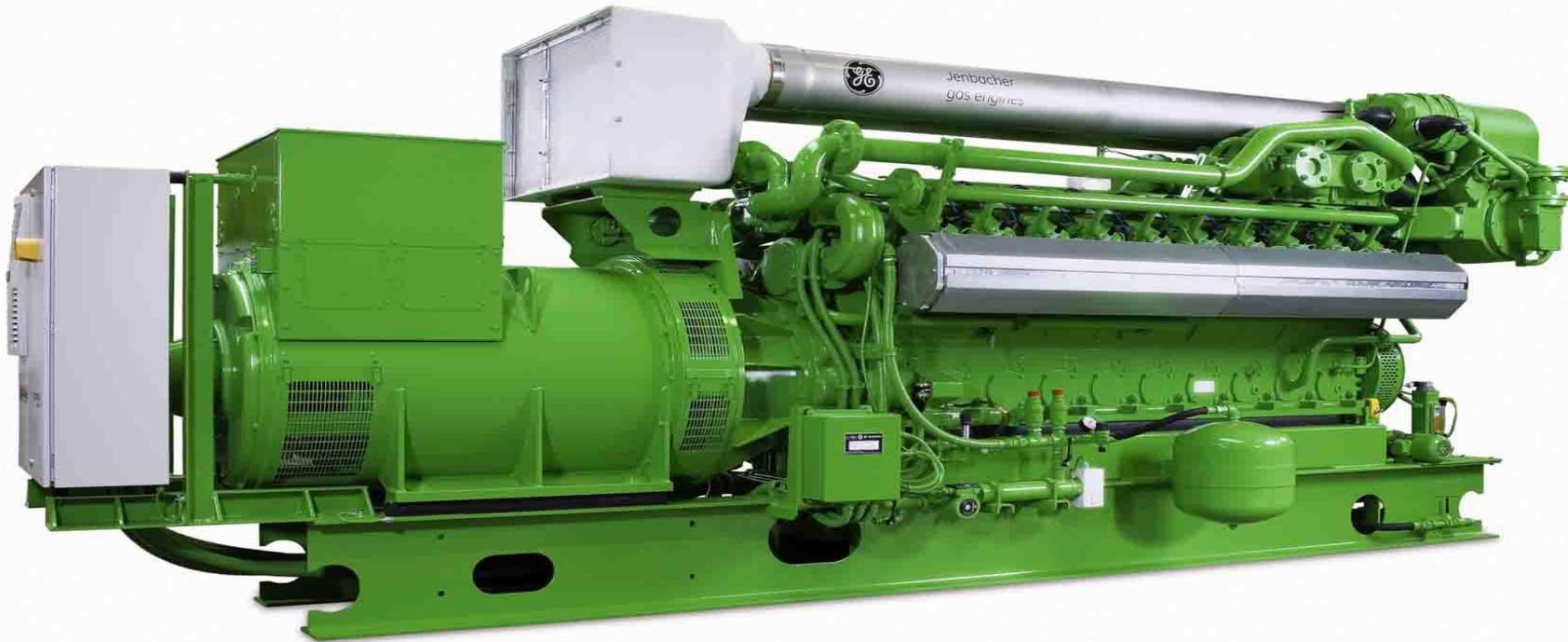




La cogeneración en España

Nº INSTALACIONES: 863

POTENCIA INSTALADA: 6.166 MW



7% de la potencia total instalada en España
23 % de la potencia del régimen especial

Mandatos Inspección

- RD 661/2007 Artículo 51. Inspección de las cogeneraciones.
“ *La Administración General del Estado, a través de La Comisión Nacional de la Energía, y en colaboración con los órganos competentes de las Comunidades Autónomas correspondientes, realizará inspecciones periódicas y aleatorias a lo largo del año en curso, sobre aquellas instalaciones de cogeneración objeto del cumplimiento del requisito del rendimiento eléctrico equivalente anual definido en el anexo I...”*
 - “ *...Dichas inspecciones se extenderán a la verificación de los procesos y condiciones técnicas y de confort que den lugar a la demanda de calor útil, de conformidad con la definición del artículo 2.a)* del presente real decreto.”*
- * Artículo 2.a) “Se entiende por energía térmica útil la producida en un proceso de cogeneración para satisfacer, sin superarla, una demanda económicamente justificable de calor y/o refrigeración y, por tanto, que sería satisfecha en condiciones de mercado mediante otros procesos, de no recurrirse a la cogeneración.”
- ORDEN ITC/1522/2007 Artículo 13. *Verificación e inspección de las instalaciones.*
“ 1. La Comisión Nacional de Energía efectuará las comprobaciones e inspecciones que considere necesarias en ejercicio de su competencia en materia de expedición de garantía de origen de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia...”

El objeto de la inspección es verificar el cumplimiento de las obligaciones impuestas a las instalaciones de cogeneración

¿Cuáles son las obligaciones de las cogeneraciones?

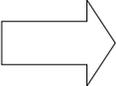
- Cumplimiento de REE mínimo
- Aprovechamiento de calor en una demanda económicamente justificable
- Certificación anual del REE y del Calor Útil
- Las variables que intervienen en el cálculo del REE deben ser medidas
- Para ser acreedoras de garantías de origen deben ser de alta eficiencia

Implicaciones del calor útil en las cogeneraciones

- La aplicación del régimen económico del régimen especial implica el cumplimiento de un REE min.
- En la retribución de la electricidad producida existe un complemento de eficiencia.

$$\text{€/kWh} = f(\text{REE}) = f(\text{calor útil})$$

- Si la cogeneración se considera de alta eficacia la electricidad de cogeneración generada puede obtener garantías de origen:

Cogeneración Alta eficiencia = f(calor útil)  GARANTIAS DE ORIGEN

Garantías de origen

- La garantía de origen es una acreditación, expedida a solicitud del interesado, que asegura que un nº determinado de kWh de energía eléctrica producidos en una central , en un periodo temporal determinado, han sido generados a partir de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia.
- Cogeneración de alta eficiencia es la que supone un ahorro de energía primaria superior a los umbrales establecidos.
- Ahorro de energía primaria = $f(\text{calor útil})$
- La electricidad acreedora de garantías de origen es solo la denominada electricidad de cogeneración = $f(\text{ calor útil})$

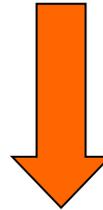
Objeto principal de las inspecciones

- Comprobar que los métodos de obtención de los datos aportados a la administración sobre: Combustible, Electricidad y Calor Útil son validos.
 - ▶ *Metodología:*
 - ➔ Auditar la instalación y el modo de obtención de las variables que interviene en los cálculos (Se mide todo lo que se debe medir y donde se debe medir)
 - ➔ Los equipos de medida empleados son validos.
 - ➔ Comprobar que los datos integrados se calculan correctamente
 - ➔ El calor útil medido como tal satisface una demanda económicamente justificable
 - ▶ *Herramientas:*
 - ➔ Guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia, publicada por el IDAE.
 - ➔ Decisión de la Comisión de 19 de noviembre de 2008 por la que se establecen orientaciones detalladas para la aplicación del anexo II de la Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

¿QUÉ SE DEBE CALCULAR?

1. Rendimiento Eléctrico Equivalente

$$REE = \frac{E}{F_{CC} + F_{no-CHP, H \text{ postcombustión}} - \frac{H_{CHP} + H_{no-CHP \text{ postcombustión}}}{Ref H_{\eta}}}$$



Cálculo del complemento de eficiencia

Aclaraciones al REE

- **Postcombustión.** Se define como el proceso de combustión complementaria aplicable a unidades de cogeneración (turbinas de gas o motores) en cuyos gases de escape se contengan proporciones suficientemente elevadas de oxígeno como para utilizarlas como comburente con combustible adicional.
- **Complemento de eficiencia.** Resolución de 14 de julio de 2008, de la Dirección General de Política Energética y Minas, para la percepción del complemento por eficiencia previsto en el artículo 28 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, y por la que se regula la posibilidad de percepción del mismo de forma mensual parcial a cuenta.

Cuantía a percibir en el mes j del año n = $0,85 \times 1,1 \times (1/REEmínimo - 1/REEN-1) \times Cmpi \times Ej$

Siendo:

REEN-1: Rendimiento eléctrico equivalente acreditado por la instalación en el año n-1 y calculado según el anexo I del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo y la Guía Técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia.

Cmpj: Coste unitario de la materia prima del gas natural (en ceur/kWhPCS) publicado periódicamente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio correspondiente al mes j.

Ej: Energía eléctrica sobre la que se aplica la tarifa o prima durante el mes j.

2. Ahorro de energía primaria

→ Definición de cogeneración de alta eficiencia

- Para cogeneraciones de potencia eléctrica ≥ 1 MWe, aquella cuyo ahorro porcentual de energía primaria (PES) es mayor del 10%
- Para cogeneraciones de potencia eléctrica < 1 MWe, aquella cuya producción aporte ahorro de energía primaria (PES $> 0\%$)

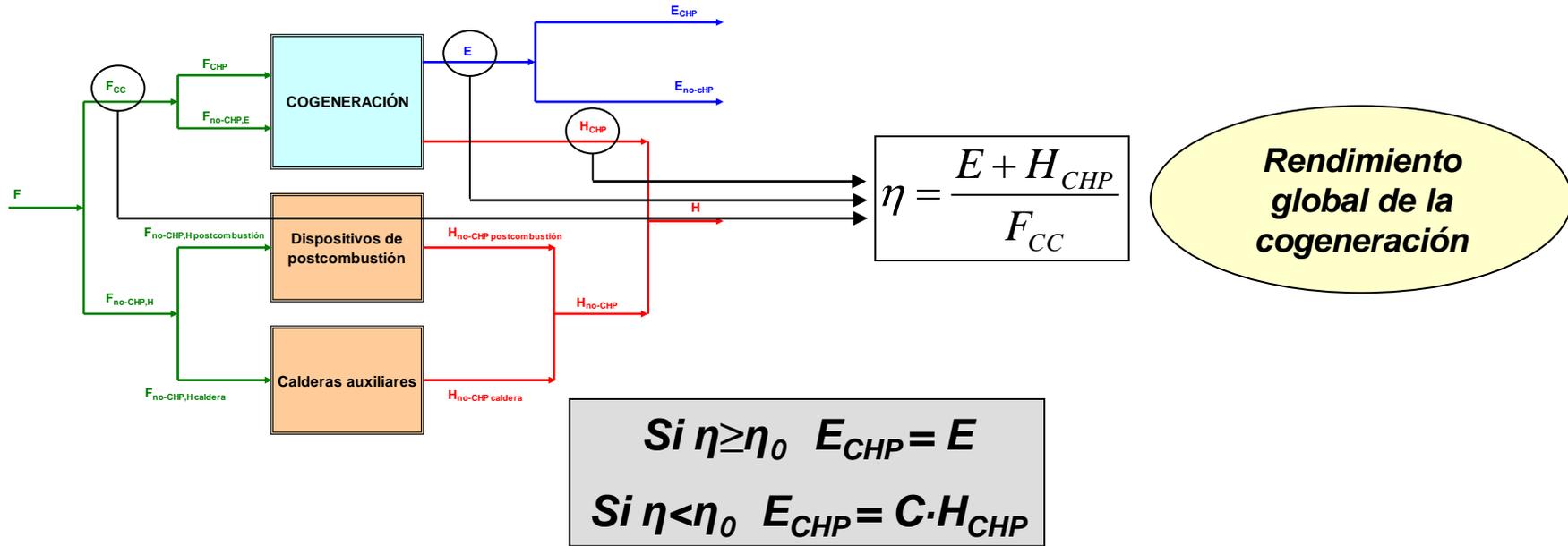
→ El PES tal como se define en la Directiva 2004/8/CE únicamente se refiere al calor útil producido (H_{CHP}) y a la electricidad de cogeneración (E_{CHP}). Su expresión es:

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHP H_{\eta}}{Ref H_{\eta}} + \frac{CHP E_{\eta}}{Ref E_{\eta}}} \right] \cdot 100$$

Eficiencias térmica y eléctrica de la cogeneración asociados al calor útil y la electricidad de cogeneración

Valores de referencia de la producción separada de calor y electricidad

3. Electricidad de cogeneración



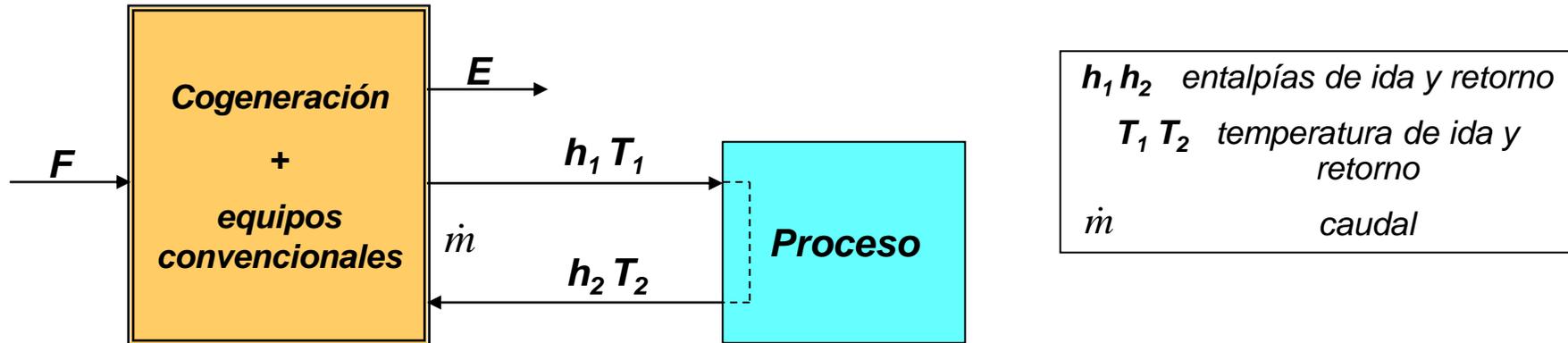
Valor del rendimiento global umbral η_0 :

- 75% para:
 - turbinas de vapor de contrapresión
 - turbinas de gas con recuperación de calor
 - motores de combustión interna
 - microturbinas, motores Stirling y pilas de combustible
- 80% para:
 - turbinas de gas ciclo combinado
 - turbinas de vapor a condensación

CALCULO CALOR UTIL. LA GUIA DEL IDAE

Definiciones

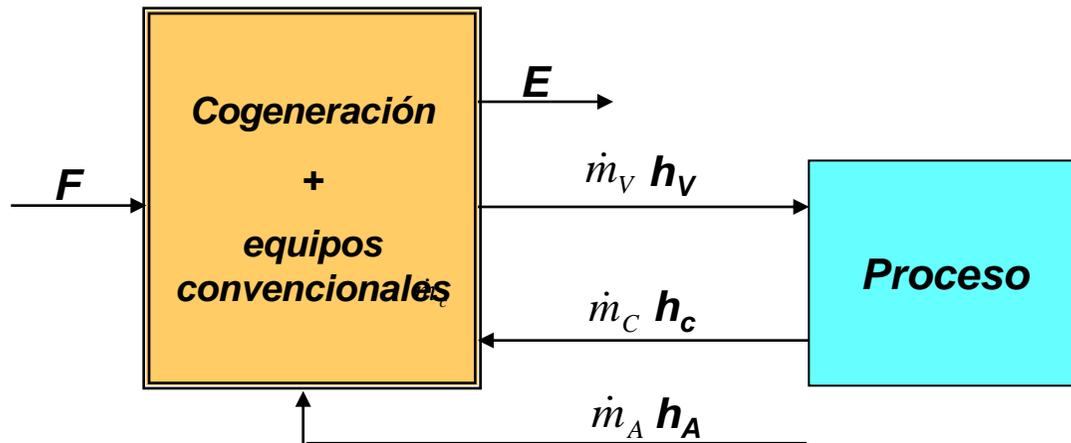
- Entalpía expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, o, lo que es lo mismo, la cantidad de energía que tal sistema puede intercambiar con su entorno. Su símbolo es H y se expresa en unidades de energía por unidad de masa: Julios/kg o cal/Kg
- Calor específico o capacidad calorífica específica de una sustancia es una magnitud física que indica la capacidad de un material para almacenar calor. De manera formal es la energía necesaria para incrementar en una unidad de temperatura una cantidad de sustancia; usando el SI es la cantidad de julios de energía necesaria para elevar en un 1 K la temperatura de 1 kg de masa. Se la representa por lo general con la letra c.
Valor Agua: 4,184 Julios/litro⁰K ó 1 cal/litro⁰K



$$H = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_1 - T_2)$$

Expresión válida si el calor específico C_e se puede considerar suficientemente constante y significativo

Calor útil. Vapor de agua



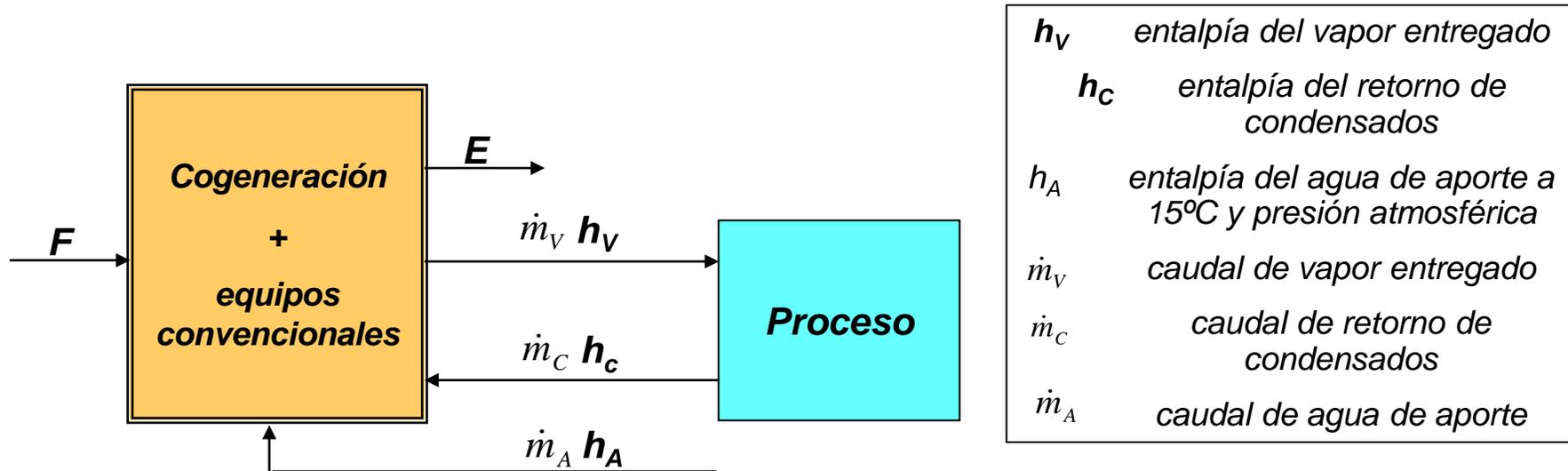
h_V	entalpía del vapor entregado
h_C	entalpía del retorno de condensados
h_A	entalpía del agua de aporte a 15°C y presión atmosférica
\dot{m}_V	caudal de vapor entregado
\dot{m}_C	caudal de retorno de condensados
\dot{m}_A	caudal de agua de aporte

→ Si el vapor se incorpora al producto elaborado en proceso:

$$H = \dot{m}_V \cdot h_V - \dot{m}_A \cdot h_A$$

$$\dot{m}_A = \dot{m}_V$$

Calor útil. Vapor de agua



→ Si el vapor **NO** se incorpora al producto elaborado en proceso:

- Si $\dot{m}_C \geq 70\% \cdot \dot{m}_V$ ó $h_C \cdot (\dot{m}_C / \dot{m}_V) \geq 75,5 \text{ kcal/kg}$

$$H = \dot{m}_V \cdot h_V - \dot{m}_C \cdot h_C - \dot{m}_A \cdot h_A$$

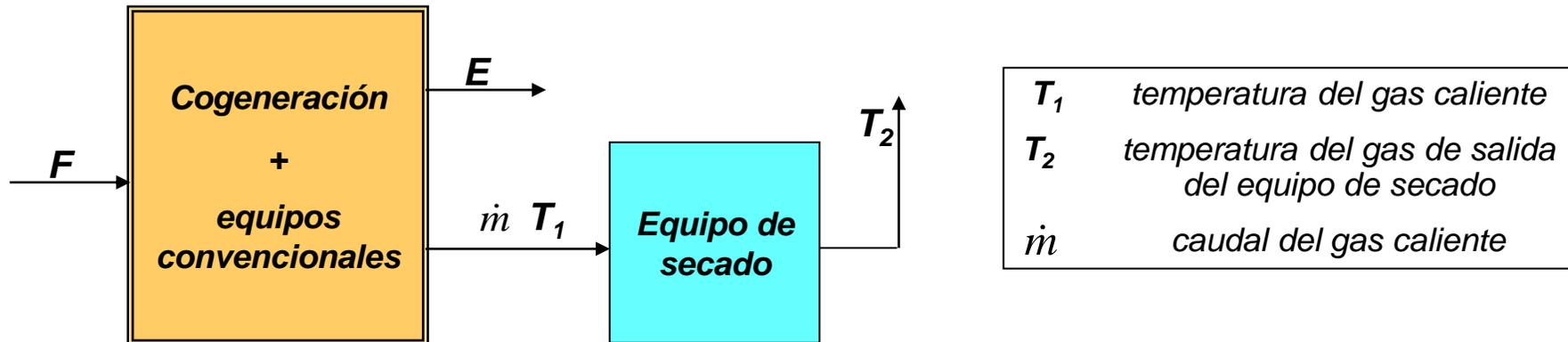
Esta fórmula se podrá aplicar a todas las cogeneraciones inscritas en el régimen especial antes de la entrada en vigor del RD 661/2007 independientemente de la cuantía de retorno de condensados y únicamente a efectos de cumplimiento del REE mínimo.

- Resto de casos

$$H = \dot{m}_V \cdot (h_V - h_0)$$

Entalpía agua en estado líquido a 80°C y presión atmosférica

Calor útil. Gases calientes



T_1 temperatura del gas caliente
 T_2 temperatura del gas de salida del equipo de secado
 \dot{m} caudal del gas caliente

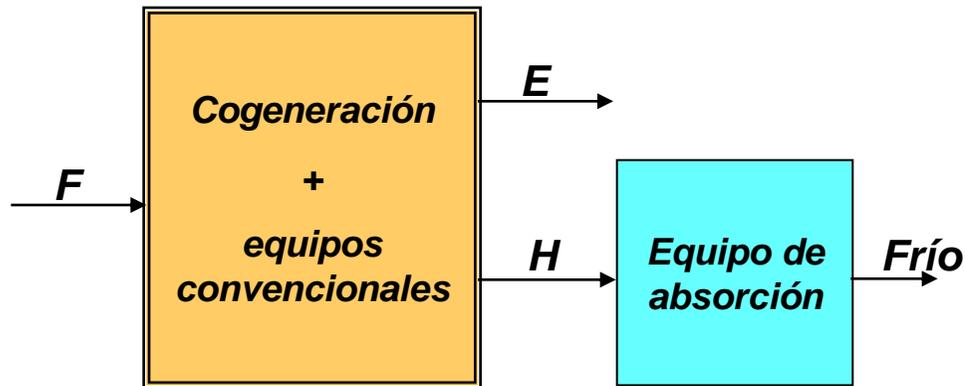
$$H = \dot{m} \cdot C_{pm} \cdot (T_1 - T_2)$$

→ En caso de gases con gran proporción de aire se permite utilizar la siguiente aproximación para el cálculo del calor específico:

$$C_{pm} = 0,9952 + 92,1 \cdot 10^{-6} \cdot T$$

→ La fórmula no se empleará en secado de purines y secado de lodos, donde únicamente para el cálculo del REE se emplearán los valores del RD 661/2007. Estas plantas no perciben complemento por eficiencia

Calor útil. refrigeración



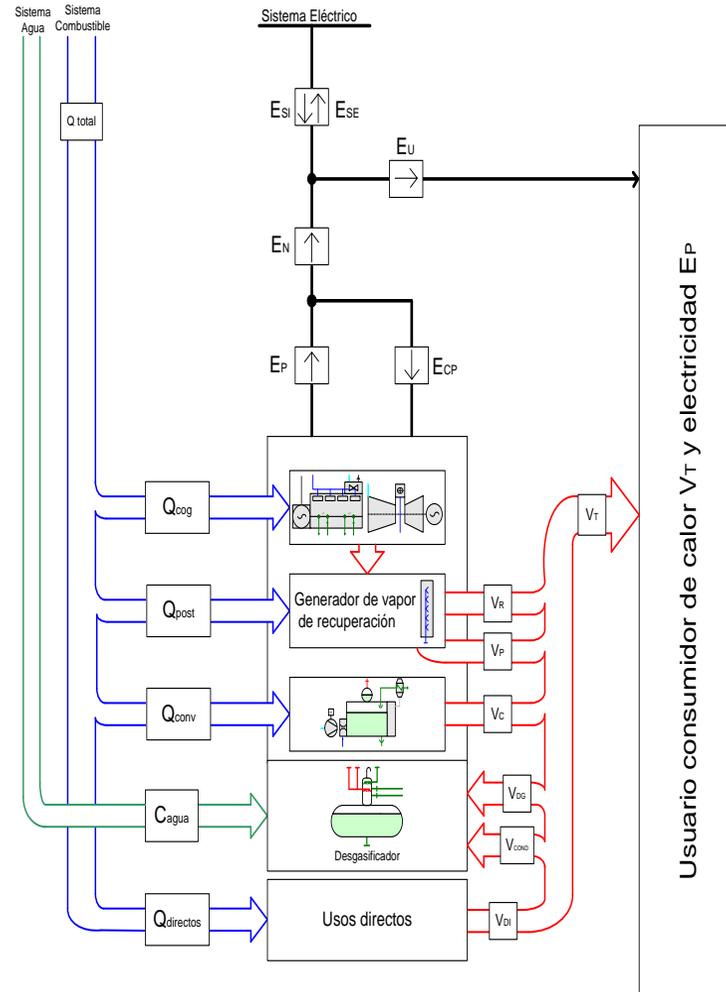
Calor útil cuando el calor producido en una cogeneración se emplea para la producción de frío mediante máquinas de absorción:

- Temperatura de frío superior a 0 C: demanda de refrigeración final*
- Temperatura de frío inferior a 0 C: calor consumido por máquinas de absorción, siempre que su temperatura sea inferior a 180 C*

Las cogeneraciones inscritas en el régimen especial antes de la entrada en vigor del RD 661/2007, únicamente a efectos del cumplimiento del REE mínimo, podrán considerar calor útil a aquel consumido por las máquinas de absorción, independientemente de la temperatura del frío

EQUIPOS DE MEDIDA

Confirmación disponibilidad de equipos de medida



Equipos de medida. Electricidad

- Real Decreto 1160/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

Comprobar presencia de precintos

Comprobar que se han verificado

Plazos verificación:

Tipo 1: 2 años

Tipo 2: 5 años

Tipo 3: 5 años

Equipos de medida. Gas

- Resolución de 13 de marzo de 2006, de la DGPEyM, por la que se establecen los protocolos de detalle de las Normas de Gestión Técnica del Sistema Gasista.
Protocolo de detalle PD-01. Medición
 - ➔ Confirmaciones metrológicas
 - Contadores
 - Consumo > 2 Gwh/año y $P < 0,1$ bar y > 25 m³/h : 15 años
 - 2 Gwh/año $<$ Consumo < 30 Gwh/año : 4 años (turbina), 6 años (pistones) y 15 años (membrana).
 - > 30 Gwh/año: Prueba en serie anual y 8 años o 2 años
 - Lazos de corrección
 - ≥ 10 Gwh/año : 4 años
 - > 10 Gwh/año y ≤ 100 Gwh/año : 2 años
 - > 100 Gwh/año y ≤ 1000 Gwh/año : 1 años
 - > 1000 Gwh/año: 6 meses

Equipos de medida. Combustibles líquidos

- Si las entregas se hacen por peso:

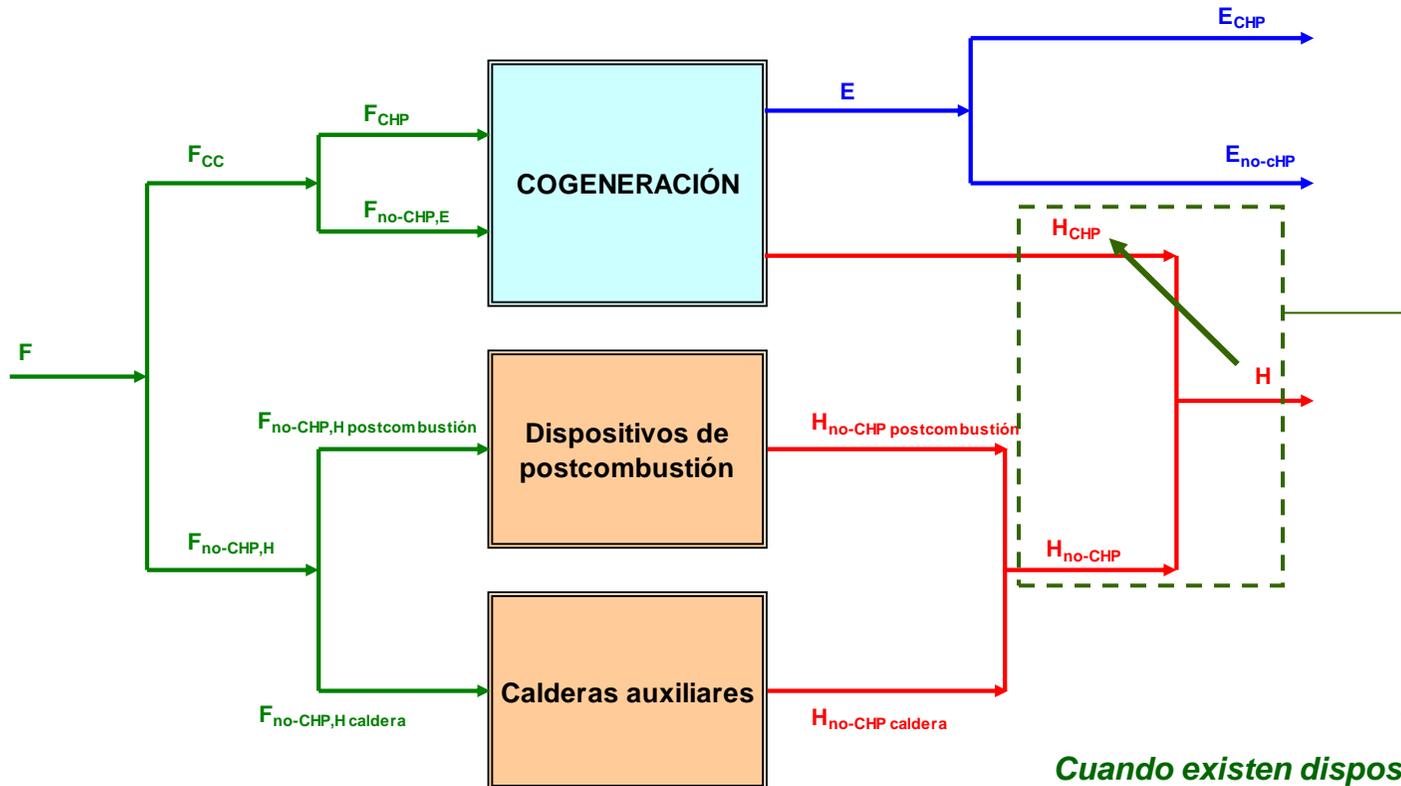
ORDEN de 22 de diciembre de 1994 por la que se determinan las condiciones de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (*BOE* núm. 2, de 3 de enero de 1995, con corrección de errores en núm. 31, de 6 de febrero de 1995)

- Si las entregas se hacen con caudalímetro:

ORDEN ITC/3720/2006, de 22 de noviembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los sistemas de medida de líquidos distintos del agua denominados surtidores o dispensadores.

CORRECTA UBICACIÓN EQUIPOS DE MEDIDA

Otros dispositivos de producción de calor



Cuando existen dispositivos de producción de calor diferentes a la propia cogeneración, para calcular el calor útil (H_{CHP}) es necesario restar del calor total calculado (H) el producido por estos equipos (H_{no-CHP})

OBTENCION DE VALORES ACUMULADOS

Necesidad de calcular e integrar

- Guía IDAE
 - ▶ *Según sea la naturaleza de la magnitud total considerada, el total del período será la suma de cada medida instantánea, como es el caso de la electricidad.*
 - ▶ *En otros casos, la energía es el producto de mediciones distintas, independientes, que deben ser multiplicadas instantáneamente o por intervalos medios e integradas para todo el período, como es el caso del vapor entregado (flujos másicos por entalpías), agua o aceite térmico (caudales por diferencia de temperatura, debiendo introducir además, como constante, un calor específico e integrar el resultado), etc.*

CONCLUSIONES

Conclusiones inspección

- Sobre el sistema de obtención de las medidas que intervienen en la determinación del Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE), Electricidad de Cogeneración (E_{CHP}) y el Ahorro de Energía Primaria (PES):
 - ▶ Listado de defectos considerando que la obligación de cumplimiento de la guía del IDAE comenzó el 24/7/2009.
- Sobre la última certificación anual realizada para el cálculo del REE:
 - ▶ Las instalaciones en 2008 no tenían obligación de cumplir la Guía pero si lo indicado en el RD 661/2007: *“Para la verificación del rendimiento eléctrico equivalente, tanto para las i Instalaciones existentes como nuevas, se instalarán equipos de medida locales y totalizadores. Cada uno de los parámetros Q, V y E deberá tener como mínimo un equipo de medida.”*
- Sobre la última declaración realizada sobre Electricidad de Cogeneración (E_{CHP}) y el Ahorro de Energía Primaria (PES) para la concesión de garantías de origen