



11. - ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ENERGETICA

Una vez escogido el sistema que será mediante Motor de Combustión Interna vamos a ver los parámetros que se deben tener en cuenta para la elección del motor

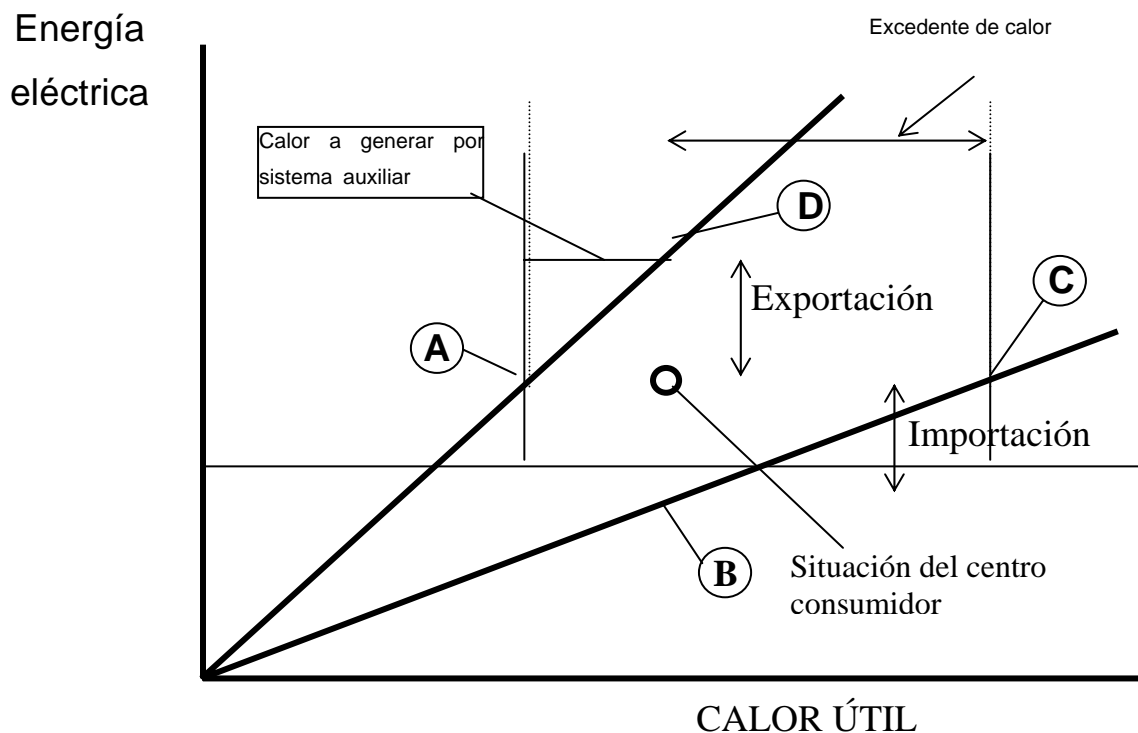
MAPA ENERGÉTICO DEL CENTRO CONSUMIDOR

Se define como centro consumidor a la industria o empresa que tiene una demanda eléctrica y térmica para realizar su producción y que es apta para un estudio de previabilidad de cogeneración. Se caracteriza por tener dos tipos de demanda energéticas globales: un consumo eléctrico y una demanda de calor útil, ambos para satisfacer las necesidades de producción.

Significado del mapa energético

Con base a la siguiente figura, donde se tiene representado la situación del centro consumidor en un punto en el cual se informa de la necesidad de energía eléctrica y de calor útil para el proceso productivo.

Este mapa energético incluye dos rectas que contienen los puntos indicados como A y D, y como B y C. Estas dos rectas corresponden a dos tecnologías de cogeneración con relación E/C (relación de energía eléctrica y calor útil), mayor y menor que el centro consumidor respectivamente.



Los puntos anteriormente citados pueden resultar puntos de funcionamiento de la planta de cogeneración. Con base a la figura, se analizan cuatro casos

Punto A: Requerimiento de sistema auxiliar de generación de calor útil

El sistema de cogeneración satisface la demanda eléctrica del centro, pero no llega a producir la energía térmica requerida, con lo que se precisa obtener la diferencia mediante un sistema auxiliar.

Los sistemas auxiliares más comunes son:

Realizar un consumo extra de combustible aprovechando el contenido de oxígeno de los gases procedentes de la combustión, para así elevar la



temperatura de éstos y poder tener un potencial energético mayor, para la producción de calor útil.

O bien, producir la energía necesaria mediante un sistema convencional de producción como puede ser una caldera.

Punto B: Importación de electricidad

Situación de la planta de cogeneración en la que se satisface la demanda térmica del centro pero se necesita comprar electricidad de la red, ya que el sistema implementado no produce la suficiente.

Punto C: Desperdicio de energía térmica

Es el caso más indeseable ya que, aunque la demanda eléctrica esta completa, se produce mayor calor útil que lo que el centro consumidor demanda, por lo que resulta que, si no se vende esta energía térmica (situación actualmente inviable), resulta una pérdida de energía.

Punto D: Exportación de electricidad

Este es el caso en que se obtiene el calor útil o energía térmica necesaria para el centro consumidor, pero se produce una cantidad de electricidad mayor a la demandada, con lo que se puede vender electricidad a la red.



El análisis de estos cuatro puntos permite conocer la información que nos proporciona el mapa energético ya que, por ejemplo, se podría tener un esquema cogenerativo en la recta de relación E/C mayor que la del centro representado en la figura 1, siendo el punto de funcionamiento un punto entre A y D perteneciente a dicha recta. Resultaría que se satisface la demanda eléctrica, habiendo un exceso de producción que se puede verter a la red, pero en cambio no se produciría el suficiente calor útil, con lo que sería necesario un sistema auxiliar que lo proporcionase.

En este punto de la explicación ya se tiene uno de los criterios de dimensionamiento de la configuración o sistema de la tecnología de cogeneración elegida: se dimensionará teniendo en cuenta de no elegir un punto de funcionamiento en el que se sobrepase la demanda de calor útil por parte del centro consumidor. Siendo este criterio la base para el dimensionamiento según cada uno de los dos criterios que se presentan.

De todos los casos excepto el C, son viables pudiendo obtenerse puntos de funcionamiento del sistema de cogeneración de la zona izquierda del valor de demanda de calor útil del centro

Nuestro motor lo vamos a elegir de tal forma que nos encontremos en el punto D ya que es la más óptima

Se van a describir posibles alternativas que se podrían plantear, dados los condicionantes de los modelos de demanda térmica y eléctrica y el Esquema de recuperación de calor. En todo caso, el diseño de una planta de cogeneración para el Hospital debe tener en cuenta lo siguiente:

- Consumo medio de vapor: 2.110 kg/h. (1.241.735 kcal/h)



- Demanda media de ASC para calefacción: 2.612.000 kcal/h (durante 6-7 meses al año)
- Demanda media de ASC para ACS: 1.490.000 kcal/h
- Demanda media de Frío en Hosp. Mat.Inf. : 1.050.000 frig/h (durante 6 meses al año)
- Consumo eléctrico anual: 26.509.200 kWh
- Potencia media demandada: 3.000-3.800 kW(invierno); 4.000-5.500(verano)
- Horas efectivas de dem. de vapor: \approx 4.325 h/año, (12 meses, 300d, 14 h/d, media)
- Horas efectivas de dem. de Calefacción: \approx 2.900 h/año, (6-7 meses, 243d, 12 h/d, media)
- Horas efectivas de dem. de ACS: \approx 3.250 h/año, (12 meses, 365d, 9 h/d, media)
- H.efectivas dem. de Frío en Hosp. Mat.Infat.: \approx 3.640 h/año, (6 meses, 184d, 20 h/d, media)
- Régimen de actividad/demanda principal: 24 h/d de lunes a domingo.

La evolución tecnológica en el diseño de motores de cogeneración a gas ha perseguido conseguir un elevado rendto. Eléct. ($\geq 40\%$) con bajas emisiones de NOx ($\approx 250-650$ mg NOx/Nm³ gas escape). Con estas premisas se han desarrollado motores “rápidos” (de 1.500 r.p.m.) de hasta 2.000 kW de potencia, de alta relación de compresión y de colector “seco”, también existe otra gama de motores “lentos” (de 750 a 1.000 r.p.m.) de más de 2.000 kW de potencia.

Los inconvenientes de los motores lentos son: presentan mayor precio por kWe que los rápidos e implican una mayor inversión para su instalación,



montaje y puesta en marcha, pues precisan sistemas auxiliares más importantes, además ocupan mas espacio, lo que encarece la Obra Civil.

Entre las ventajas cabe destacar que presentan mayor rendto. elect. (41-43% frente al 38-40,5%) y mayor potencia de cogeneración (que a la postre permite mayor RE_{eq}) que los rápidos, y sus costes de explot-mantenimiento son menores: 0,00631-0,00721 euros/kWh frente a 0,00721-0,00841 euros/kWh para los rápidos.

La potencia de cogeneración está limitada por la demanda media de vapor del Hospital, que es del orden de 2.000-2.200 kg/h, seleccionado al menos 2 unidades de 1.500 p.m. o de 1.000 p.m., de la máxima potencia unitaria, se tiene que se podrían instalar 2 o 3 motores de unos 2.000 kWe c/u (si son de 1.500 p.m.), o de unos 2.500 kWe c/u (si son de 1.000 p.m.)

Incluso el 3^{er} motor “sobra”, ya que la producción de vapor sería mas de 1.5 veces la demanda de vapor del Hospital, con el subsiguiente “desperdicio” de vapor. Por otro lado, una mayor potencia de cogeneración implica una mayor producción de excedentes de electricidad, que conllevaría una gran dependencia de la Rentabilidad del Proyecto respecto del precio de venta de estos excedentes.

Por todo lo indicado, se plantean las siguientes alternativas



ALTERNATIVA A

2 Motores Jenbacher JMS 616 GS-CO2-NL de 1.942 kWe c/u a gas natural (1.500 r.p.m.; rendto. eléctrico =40.3%, 500 mg de NO_x/Nm³ de gases de escape), con circuito de refrigeración de camisas y 1ª etapa de aftercooler (recuperación de calor), refrigerado a 99°C. El motor se explotará siempre al 100% de su potencia. También 1 equipo de absorción de 740.000 frig/h.

La Explotación teórica será durante *todos los días laborables del año en horas punta y llano: 16 h/d, de lunes a viernes, 12 meses al año, 4.032 h/año aproximadamente.* Compra y venta de electricidad en la Situación Futura, según **D.H. Tipo 4.**

Se aprovechará el calor del circuito cerrado de refrigeración de camisas + 1ª etapa de aftercooler para aportar calor en los colectores generales de ASC de la red general de la Ciudad Sanitaria (de 8") y en la nueva red de 6" desde la planta de cogeneración hasta los colectores de ASC de la Subcentral del Hospital Mat-Infantil, según ilustra la Fig.52 (Esquema de principio de recup. de calor).

Cuando sea preciso, en caso que las necesidades de ASC queden cubiertas, el calor no aprovechado de este circuito cerrado se disipará en 1 sección de una torre de refrigeración abierta, de 750.000 kcal/h de potencia nominal por cada motor.

Los gases de escape de cada motor (12.272 kg/h a 408°C, 1.221.200 kcal/h), se aprovechan en una única caldera de recuperación para producir vapor que



se guía al colector general del Hospital: 2.540 kg/h a 10 kg/cm² man., con una potencia calorífica útil de 1.496.000 kcal/h, según muestra la Fig. 54. Los gases se enfrían hasta 165 °C, supuesto que se alimentara con agua a 70-80 °C.

Las características técnicas del motor son las siguientes:

n° de cilindros: 16 (en V)

sobrealimentación mediante turbocompresor; refrigeración de la mezcla comprimida por agua

Diámetro y carrera: 190 mm y 220 mm

Cilindrada: 99.800 cm³

Consumo de combustible: $189,0 \text{ g/kWm} \times 2.000/1000 = 378 \text{ kg/h} = 455,2 \text{ Nm}^3 \text{ de gas/h}$

Caudal de aire : 11.894 kg/h = 9.200 Nm³ /h; (2.800 l/s = 10.080 m³/h)

Caudal de gases de escape: 12.272 kg/h a 408°C

Se puede plantear el Balance Térmico del motor, (según muestra la Fig. 53) utilizando los datos aportados por el fabricante. En este Balance, la energía calorífica de las corrientes involucradas se evalúan referidas al aire ambiente a 25°C; los porcentajes son relativos al calor de combustión, referido al PCI del combustible, gas natural (9.100 kcal/Nm³, 10.100 kcal/kg).

Los datos teóricos de operación de cada motor son los siguientes:

EE generada: **1.942 kWe** (en bornas del alternador)(40,3% de rend. Eléct.)

Energía Mecánica en el eje: **2.000 kWe** (pot. al freno) (rendimiento del alternador 97,1%)



Consumo EP motor: **4.143 te PCI/h**(4.600 tePCS/h)= 4.817 kW;
455.2 Nm³ de gas/h)

Calor disipado por radiación del motor y otras pérdidas:

219.300 kcal/h = 255 kW

Calor disponible del cir. Refrig. de la 2ª etapa de aftercooler:

181.460 kcal/h = 211 kW

(T^a entrada motor: 40° C_{máx}; T^a salida motor: 44,6° C_{máx})

Calor disponible del cir. Refrig. del aceite lubricante:

211.560 kcal/h = 246 kW

(T^a entrada motor: 44,6° C_{máx}; T^a salida motor: 50° C_{máx})

Calor disponible del cir. Refrig. de camisas del motor:

361.200 kcal/h = 420 kW

(T^a entrada motor: 90° C_{máx}; T^a salida motor: 96,1° C_{máx})

Calor disponible del cir. Refrig. de la 1ª etapa de aftercooler:

181.460 kcal/h = 211 kW

(T^a entrada motor: 40° C_{máx}; T^a salida motor: 44,6° C_{máx})

Calor disponible del cir. Refrig. en serie de camisas y la 1ª etapa de aftercooler: 589.100 kcal/h = 685 kW

Calor a disipar del cir. Refrig. en serie de aceite y la 2ª etapa de aftercooler:

393.020 kcal/h = 457 kW



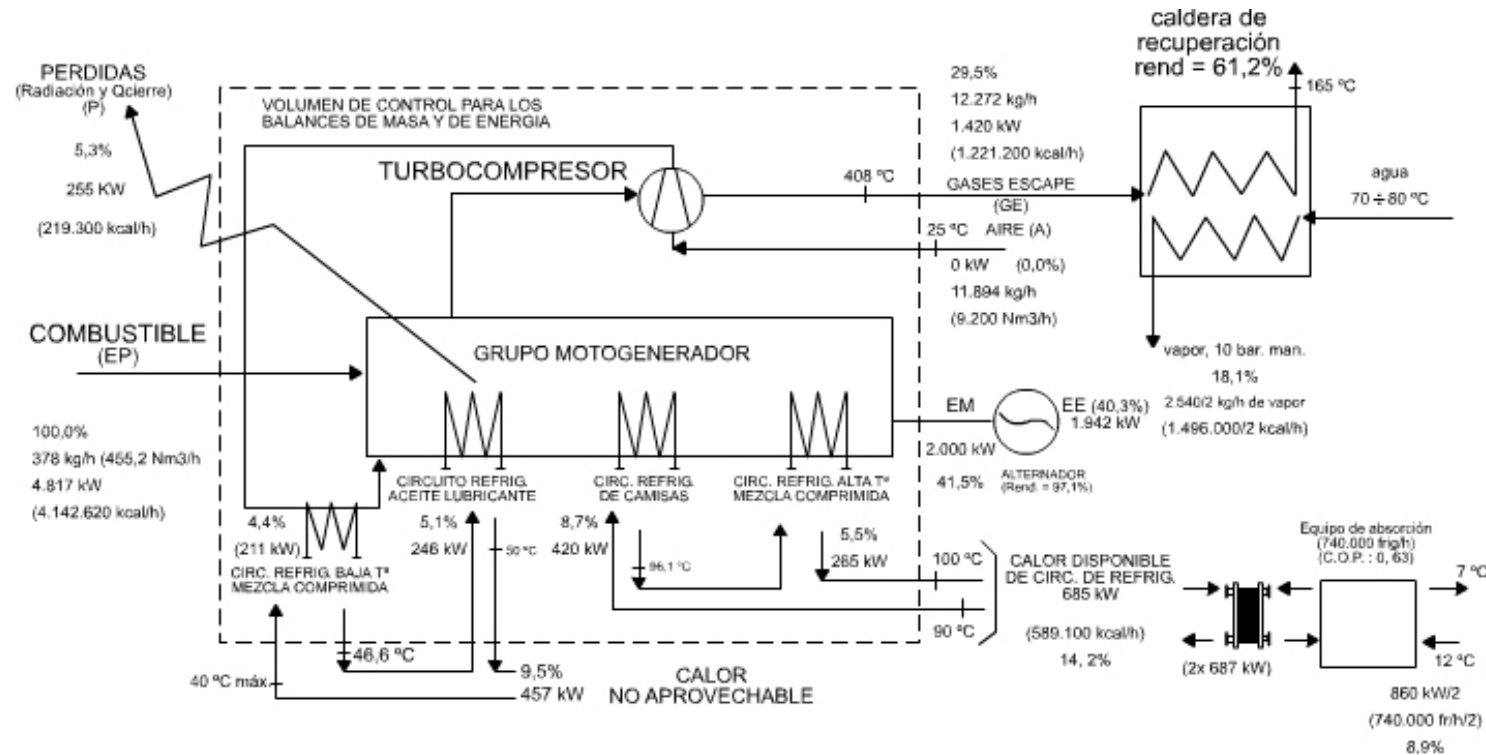
Calor disponible en gases de escape: $1.121.200 \text{ kcal/h} = 1.420 \text{ kW}$
(12.272 kg/h de gases a 408°C , referido a aire ambiente a 25°)

En la figura 53 se muestra el balance de calor del motor a Gas Natural Jenbacher.

En la figura 54 se representa el aprovechamiento del calor de gases en la Caldera de Recuperación para la producción de vapor en dichos motores



**Fig.53.- BALANCE DE CALOR DE MOTOR A GAS NATURAL DE 1.942 kWe
(1.500 r.p.m.; 500 mg/Nm³ de gases de escape)**



BALANCE DE MASA

COMBUSTIBLE + AIRE = GASES DE ESCAPE

$$378 + 11.894 = 12.272 \text{ (kg/h)}$$

BALANCE DE CALOR

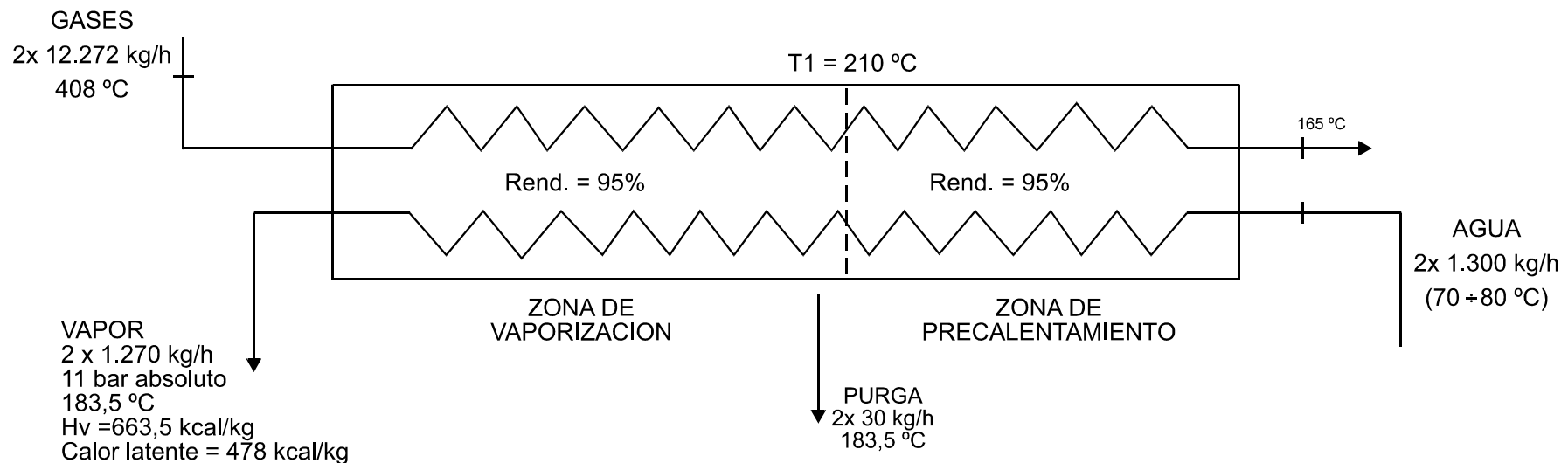
$$Q_{\text{comb.}} + Q_{\text{aire}} = Q_{\text{e. mecánica}} + Q_{\text{gases}} + Q_{\text{circ. refr.}} + Q_{\text{pérd}}$$

$$4.817 + 0 = 2.000 + 1.420 + 685 + 457 + 255 \text{ (kW)}$$

$$\text{Rendto. Global máx: } (1.940/2 + 650 + 1.942) / 4.840 \times 100 = 73,6\%$$



Fig.- 54.- APROVECHAMIENTO DEL CALOR DE GASES EN CALDERA DE RECUPERACIÓN PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR (10 Kg/cm² man) (2 motores JENBACHER JMS 616 GS-NL de 1942 KWe c/u A GAS) (1500 r.p.m. : 500 mg NO_x/Nm³)



$$Q_u, \text{ vapor} = 2x 12.272 [0,255 x 408 - 0,2475 x 210] x 0,95 = 2x 607.000 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Caudal de vapor generado} = 2x 607.000/478 = 2x 1.270 \text{ kg/h}$$

$$Q_u, \text{ prec} = 2x 12.272x [0,2475x 210 - 0,245x 165] x 0,95 = 2x 1.300x[183,5 - 75]= 2x 141.000 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{util total gases}} = 2x 141.000 + 2x 607.000 = 2x 748.000 \text{ kcal/h}$$



ALTERNATIVA B

2 Motores *Cummins-Wartsila CW-220-12V* de 2.100 kWe c/u a gas natural (1500 r.p.m.; rendto. eléctrico= 41,2%, 500 mg de Nox/Nm³ de gases de escape) con circuito de refrigeración de camisas y 1ª etapa de aftercooler (recuperación de calor), refrigerado a 96°C. El motor se explotará siempre al 100% de su potencia. También 1 equipo de absorción de 830.000 frig/h.

La Explotación teórica será durante *todos los días laborables del año en horas punta y llano: 16 h/d, de lunes a viernes, 12 meses al año, 4.032 h/año aproximadamente.* Compra y venta de electricidad en la Situación Futura, según **D.H. Tipo 4.**

Se aprovechará el calor del circuito cerrado de refrigeración de camisas + la 1ª etapa aftercooler para aportar calor en los colectores generales de ASC de al red general de la Ciudad Sanitaria (de 8") y de la nueva red de 6" desde la planta de cogeneración hasta los colectores de ASC de la Subcentral del Hospital Mat-Infantil, según ilustra la Fig. 52 (Esquema de principio de recup. de calor).

Cuando sea preciso, en caso que las necesidades de ASC queden cubiertas, el calor no aprovechado de este circuito cerrado se disipará en 1 sección de una torre de refrigeración abierta, de 750.000 kcal/h de potencia nominal por cada motor.

Los gases de escape de cada motor(14.760 kg/h a 390°C, 1.348.480 kcal/h), se aprovechan en una única caldera de recuperación para producir vapor



que se guía al colector general del Hospital: 2.786 kg/h a 10 kg/cm² man., con una potencia calorífica útil de 1.640.000 kcal/h, según muestra la Fig.56 Los gases se enfrían hasta 167°C, supuesto que se alimentara con agua a 70÷80°C.

Las características técnicas del motor son las siguientes:

n° de cilindros: 12(en V)

sobrealimentación mediante turbocompresor; refrigeración de la mezcla comprimida por agua

Diámetro y carrera: 220 mm y 240 mm

Cilindrada: 109.478 cm³

Consumo de combustible: 184,8 g/kWm x 2.165/1000 = 400 kg/h = 482 Nm³ de gas/h

Caudal de aire: 14.360 kg/h = 11.110 Nm³ /h; (3.380 l/s = 12.170 m³/h)

Caudal de gases de escape: 14.760 kg/h a 390°C

Se puede plantear el Balance Térmico del motor, (según muestra la Fig. 55) utilizando los datos aportados por el fabricante. En este Balance, la energía calorífica de las corrientes involucradas se evalúan referidas al aire ambiente a 25°C; los porcentajes son relativos al calor de combustión, referido al PCI del combustible, gas natural (9.100 kcal/Nm³, 10.100 kcal/kg).

Los datos teóricos de operación de cada motor son los siguientes:

EE generada: **2.100 kWe** (en bornas del alternador)(41,2% de rend. Eléct.)

EMecánica en el eje: **2.165 kWe** (pot. al freno)

(rend. Del alternador = 97,0%)



Consumo EP motor: **4.383 te PCI/h**(4.865 tePCS/h)= 5.097 kW;
482 Nm³ de gas/h)

Calor disipado por radiación del motor y otras pérdidas:

175.440 kcal/h = 204 kW

Calor disponible del cir. Refrig. de la 2^a etapa de aftercooler:

151.360 kcal/h = 176 kW

Calor disponible del cir. Refrig. del aceite lubricante:

184.040 kcal/h = 214 kW

Calor disponible del cir. Refrig. de camisas del motor:

395.600 kcal/h = 460 kW

(T^a_{entrada motor}: 84° C_{máx}; T^a_{salida motor}: 90,6° C_{máx})

Calor disponible del cir. Refrig. de la 1^a etapa de aftercooler:

266.600 kcal/h = 310 kW

(T^a_{entrada motor}: 90,6° C_{máx}; T^a_{salida motor}: 96° C_{máx})

Calor disp.de la refrig. en serie de camisas y la 1^a etapa de aftercooler:

662.200 kcal/h = 770 kW

Calor a disipar de refrig. en serie de aceite y la 2^a etapa de aftercooler:

335.400 kcal/h = 390 kW

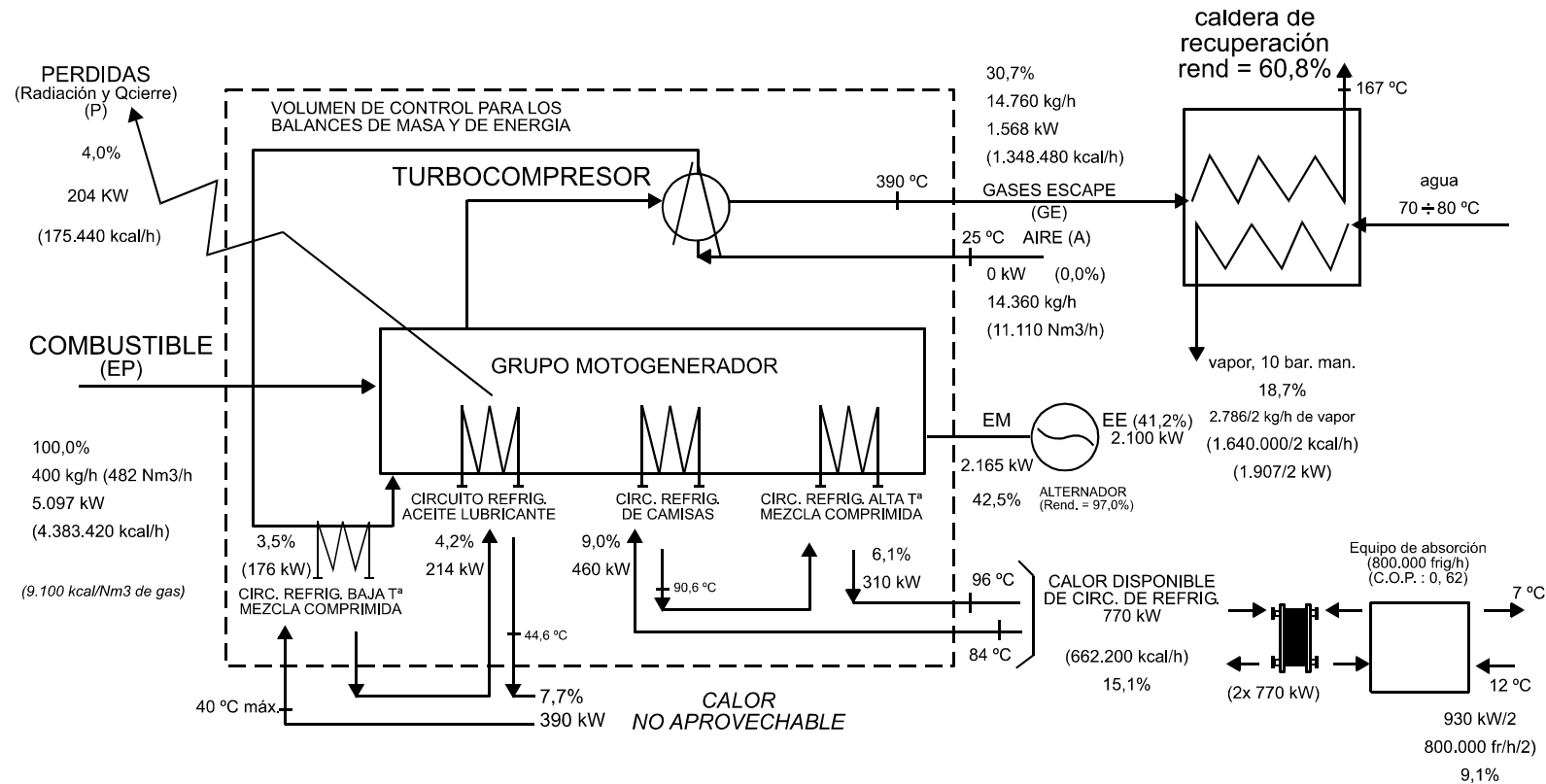
(T^a_{entrada motor}: 40° C_{máx}; T^a_{salida motor}: 45° C_{máx})

Calor disponible en gases de escape: 1.348.480 kcal/h = 1.568 kW

(14.760 kg/h de gases a 390°C, referido a aire ambiente a 25°C)



**Fig.55.- BALANCE DE motor a gas natural cummins-wartsila cw-220-12v, de 2.100 kWe.
(1.500 r.p.m.; rendto.elect. = 41,2%; 500 mg NOx/Nm3)**



BALANCE DE MASA

COMBUSTIBLE + AIRE = GASES DE ESCAPE

$$400 + 14.360 = 14.760 \text{ (kg/h)}$$

BALANCE DE CALOR

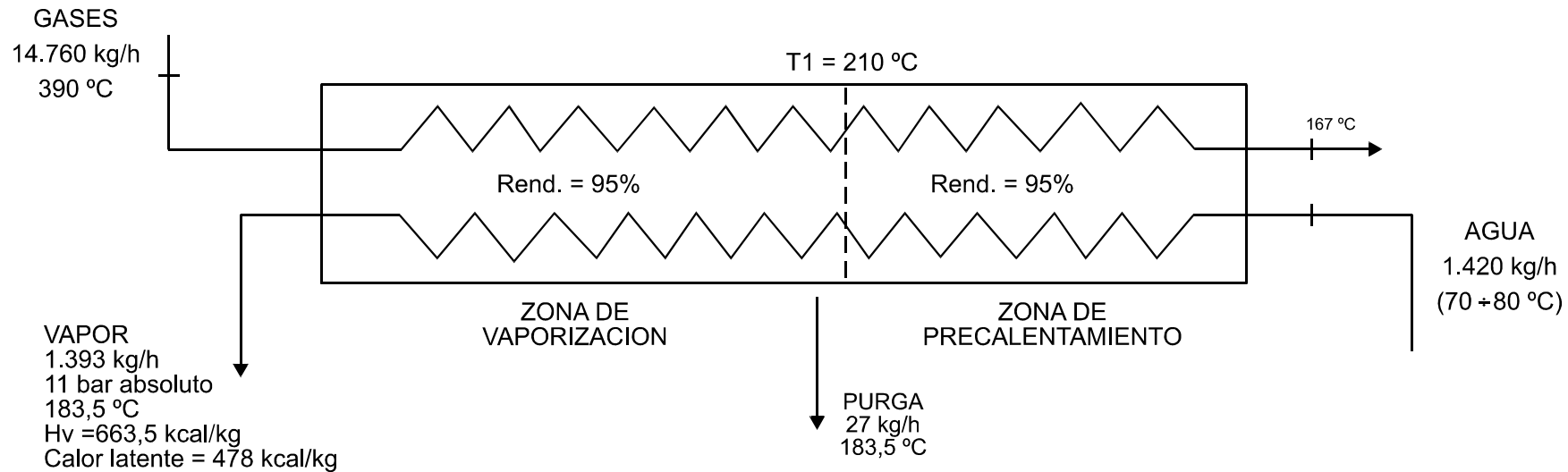
$Q_{comb.} + Q_{aire} = Q_{e. mecánica} + Q_{gases} + Q_{circ. refr.} + Q_{pérd}$

$$5.097 + 0 = 2.165 + 1.568 + 770 + 390 + 204 \text{ (kW)}$$

$$Rendto. Global máx: (1.907/2 + 770 \times 0,95 + 2.100) / 5.097 \times 100 = 74,3\%$$



**Fig.56.- .APROVECHAMIENTO DEL CALOR DE GASES EN CALDERA DE RECUPERACIÓN PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR (210 Kg/cm² man.)
2 motores CUMMINS-WARTSILA CW-220-12 V de 2.100 kWe c/u A GAS (1.500 r.p.m.)**



$$Q_{u, \text{ vapor}} = 14.760 [0,255 \times 390 - 0,2475 \times 210] \times 0,95 = 665.700 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Caudal de vapor generado} = 665.700/478 = 1.393 \text{ kg/h}$$

$$Q_{u, \text{ prec}} = 14.760 \times [0,2475 \times 210 - 0,245 \times 167] \times 0,95 = 1.420 [183,5 - 75] = 154.300 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{util total gases}} = 154.300 + 665.700 = 820.000 \text{ kcal/h}$$



ALTERNATIVA C

2 Motores *Ulstein-Bergen KVGS16G* de 2.695 kWe c/u a gas natural (1000 r.p.m.; rendto. eléctrico= 41,3%, 500 mg de Nox/Nm³ de gases de escape) con circuito de refrigeración de camisas y 1ª etapa de aftercooler (recuperación de calor), refrigerado a 96°C. El motor se explotará siempre al 100% de su potencia. También 1 equipo de absorción de 970.000 frig/h.

La Explotación teórica será durante *todos los días laborables del año en horas punta y llano: 16 h/d, de lunes a viernes, 12 meses al año, 4.032 h/año aproximadamente.* Compra y venta de electricidad en la Situación Futura, según **D.H. Tipo 4.**

Se aprovechará el calor del circuito cerrado de refrigeración de camisas + la 1ª etapa aftercooler para aportar calor en los colectores generales de ASC de al red general de la Ciudad Sanitaria (de 8") y de la nueva red de 6" desde la planta de cogeneración hasta los colectores de ASC de la Subcentral del Hospital Mat-Infantil, según ilustra la Fig 52 (Esquema de principio de recup. de calor).

Cuando sea preciso, en caso que las necesidades de ASC queden cubiertas, el calor no aprovechado de este circuito cerrado se disipará en 1 sección de una torre de refrigeración abierta, de 1.000.000 kcal/h de potencia nominal por cada motor.

Los gases de escape de cada motor(17.350 kg/h a 410°C, 1.709.800 kcal/h), se aprovechan en una única caldera de recuperación para producir vapor que se guía al colector general del Hospital: 3.624 kg/h a 10 kg/cm² man.,



con una potencia calorífica útil de 2.079.000 kcal/h, según muestra la Fig.58 Los gases se enfrían hasta 169°C, supuesto que se alimentara con agua a 70÷80°C.

Las características técnicas del motor son las siguientes:

n° de cilindros: 16(en V)

sobrealimentación mediante turbocompresor; refrigeración de la mezcla comprimida por agua

Diámetro y carrera: 240 mm y 260 mm

Cilindrada: 188.194 cm³

Consumo de combustible: 184,5 g/kWm x 2.775/1000 = 512 kg/h = 617 Nm³ de gas/h

Caudal de aire: 16.838 kg/h = 13.025 Nm³ /h; (3.963 l/s = 14.270 m³/h)

Caudal de gases de escape: 17.350 kg/h a 410°C

Se puede plantear el Balance Térmico del motor, (según muestra la Fig. 57) utilizando los datos aportados por el fabricante. En este Balance, la energía calorífica de las corrientes involucradas se evalúan referidas al aire ambiente a 25°C; los porcentajes son relativos al calor de combustión, referido al PCI del combustible, gas natural (9.100 kcal/Nm³, 10.100 kcal/kg).

Los datos teóricos de operación de cada motor son los siguientes:

EE generada: **2.695 kWe** (en bornas del alternador)(41,3% de rend. Eléct.)

EMecánica en el eje: **2.775 kWe** (pot. al freno)

(rend. Del alternador = 97,1%)



Consumo EP motor: **5.612 te PCI/h**(6.320 tePCS/h)= 6.525 kW;
617 Nm³ de gas/h)

Calor disipado por radiación del motor y otras pérdidas:

162.540 kcal/h = 189 kW

Calor disp. de la Refrig.en serie de camisas y la 1^a etapa de aftercooler:

847.100 kcal/h = 985 kW

(T^a_{entrada motor}: 78° C_{máx}; T^a_{salida motor}: 96° C_{máx})

Calor a disipar de refrig. en serie de aceite y la 2^a etapa de aftercooler:

505.680 kcal/h = 588 kW

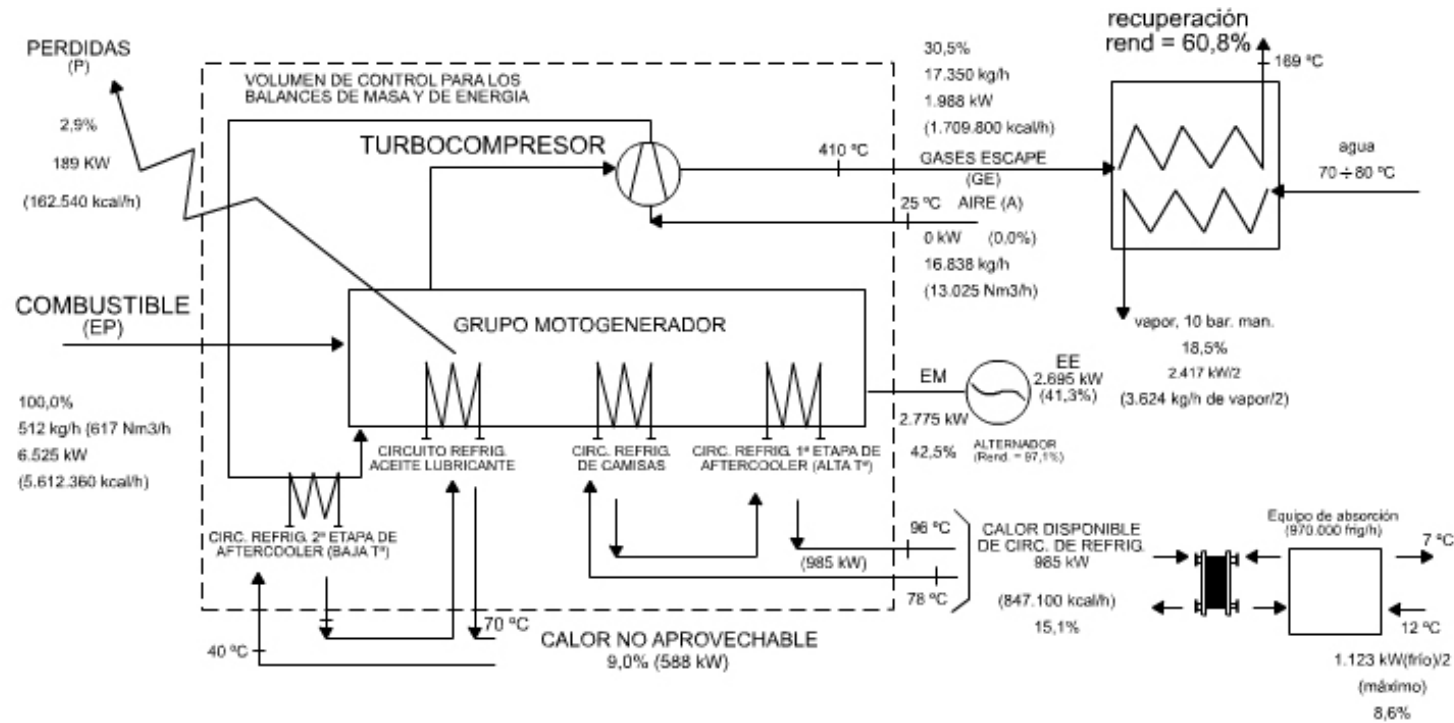
(T^a_{entrada motor}: 40° C_{máx};))

Calor disponible en gases escape: 1.709.800 kcal/h = 1.988 kW

(17.350 kg/h de gases a 410 °C, referido a aire ambiente a 25°C)



Fig.57.- .BALANCE DE CALOR DE MOTOR ULSTEINS-BERGEN KVGS 16G DE 2.695 Kwe a gas natura (1.100 r.p.m.)



BALANCE DE MASA

COMBUSTIBLE + AIRE = GASES DE ESCAPE

$$512 + 16.838 = 17.350 \text{ (kg/h)}$$

BALANCE DE CALOR

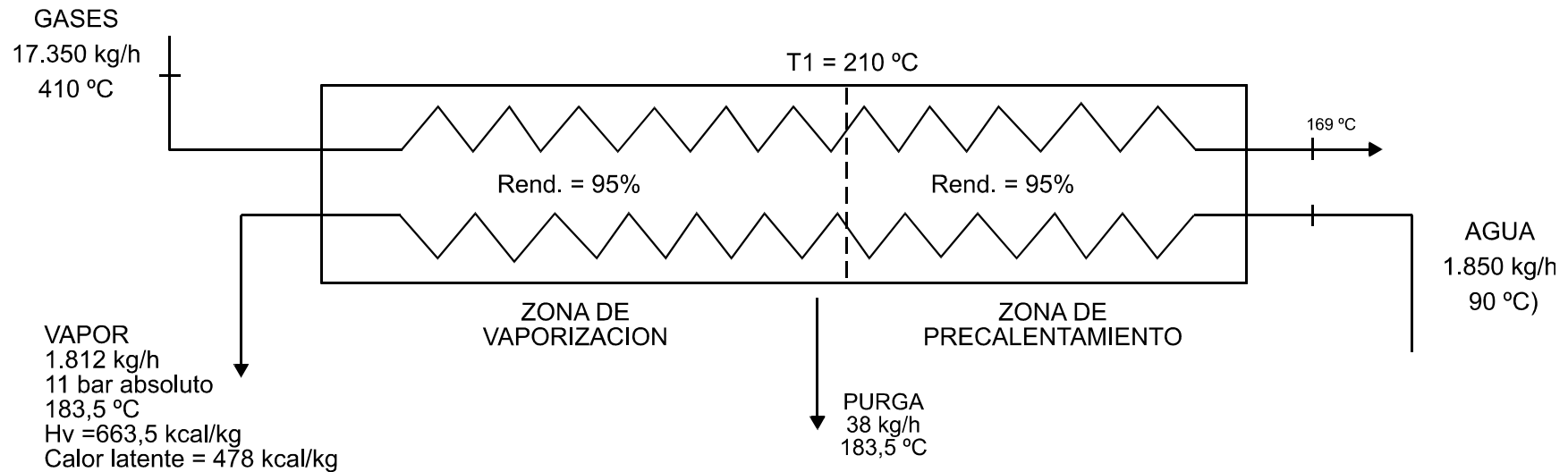
$$Q_{\text{comb.}} + Q_{\text{aire}} = Q_{\text{e. mecánica}} + Q_{\text{gases}} + Q_{\text{circ. refr.}} + Q_{\text{pérd}}$$

$$6.525 + 0 = 2.775 + 1.988 + 985 + 588 + 189 \text{ (kW)}$$

CALOR DE CORRIENTES REFERIDO A AIRE AMBIENTE A 25 °C



**Fig.58.- .APROVECHAMIENTO DEL CALOR DE GASES EN CALDERA DE RECUPERACIÓN PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR (10 Kg/cm² man)
(2 motores ULSTEIN-BERGEN KVGSE16G DE 2.695 Kwe c/u A GAS NATURAL) (1.100 r.p.m.)**



$$Q_u, \text{ vapor} = 17.350 \times [0,255 \times 410 - 0,2475 \times 210] \times 0,95 = 866.500 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Caudal de vapor generado} = 866.500 / 478 = 1.812 \text{ kg/h}$$

$$Q_u, \text{ prec} = 17.350 \times [0,2475 \times 210 - 0,245 \times 169] \times 0,95 = 1.850 \times [183,5 - 90] = 173.000 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{util total gases}} = 173.000 + 866.500 = 1.039.500 \text{ kcal/h}$$