

## DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA

### CATEDRA DE INTEGRACION III

#### UNIDAD 1: CALCULO DE ENTALPIAS

**Problema N° 1:** El calor específico del CO<sub>2</sub> es:

$$C_p = 6,393 + 10,100 \times 10^{-3} \times T - 3,405 \times 10^{-6} \times T^2$$

expresado en [cal/(mol-gr).(K)]. Convertir la expresión en:

- a) [cal/(mol-gr).(°C)]
- b) [BTU/(mol-lb).(°F)]
- c) [Kcal/(Kmol).(°C)]

Solución:

$$a) \quad T[^\circ K] = T[^\circ C] + 273$$

$$C_p = 6,393 + 10,100 \times 10^{-3} \times (T[^\circ C] + 273) - 3,405 \times 10^{-6} \times (T[^\circ C] + 273)^2$$

$$C_p = 6,393 + 10,100 \times 10^{-3} \times T[^\circ C] + 2,757 - 3,405 \times 10^{-6} \times (T[^\circ C]^2 + 2 \times 273 \times T[^\circ C] + 273^2)$$

$$C_p = 6,393 + 10,100 \times 10^{-3} \times T[^\circ C] + 2,757 - 3,405 \times 10^{-6} \times T[^\circ C]^2 - 1,8591 \times 10^{-3} \times T[^\circ C] - 0,2537$$

$$C_p = 8,8972 + 8,241 \times 10^{-3} \times T[^\circ C] - 3,405 \times 10^{-6} \times T[^\circ C]^2 \left[ \frac{\text{cal}}{\text{mol} \times ^\circ C} \right]$$

$$b) \quad T[^\circ F] = \frac{9}{5} T[^\circ C] + 32 \quad \rightarrow \quad T[^\circ K] = \frac{5}{9} T[^\circ F] + 255,22$$

$$C_p = 6,393 + 10,100 \times 10^{-3} \times \left( \frac{5}{9} T[^\circ F] + 255,22 \right) - 3,405 \times 10^{-6} \times \left( \frac{5}{9} T[^\circ F] + 255,22 \right)^2$$

$$C_p = 6,393 + 5,611 \times 10^{-3} \times T[^\circ F] + 2,5778 - 3,405 \times 10^{-6} \times \left( \frac{25}{81} T[^\circ F]^2 + 283,57 + 65137 \right)$$

$$C_p = 8,7493 + 4,645 \times 10^{-3} \times T[^\circ F] - 1,051 \times 10^{-6} \times T[^\circ F]^2 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{mol} \times ^\circ F} \right]$$

$$c) \quad C_p = 8,8972 + 8,241 \times 10^{-3} \times T[^\circ C] - 3,405 \times 10^{-6} \times T[^\circ C]^2 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kmol} \times ^\circ C} \right]$$

**Problema N° 2:** Calcular el cambio de entalpía para 1 mol-lb de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) el cual se calienta a presión constante de 1 atm desde 60° F hasta 1900° F utilizando la tabla de calores específicos medios.-

Solución:

$$Cp_m = \frac{\int_{t1}^{t2} n \times Cp \times dt}{t2 - t1} = \frac{\Delta H}{\Delta t}$$

n= 1 mol-Lb de NO<sub>2</sub>, P=cte, 60 °F→1900 °F

Cp<sub>m</sub>(1900 °F)= 11,82 [BTU/mol-Lb.°F]

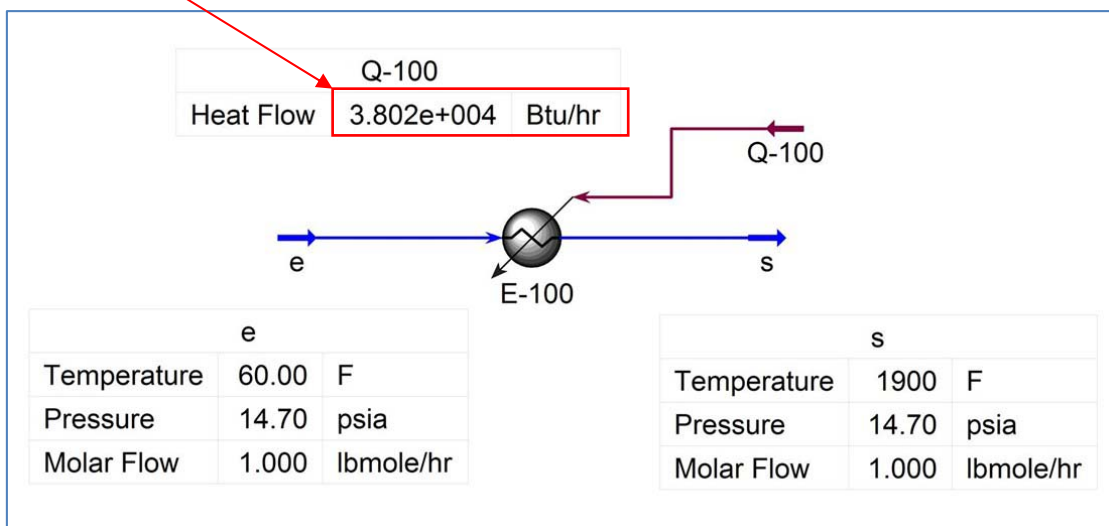
Cp<sub>m</sub>(60 °F)= 8,73 [BTU/mol-Lb.°F]

$$Cp_m \Big|_{32}^{1900} = 11,82 \frac{[BTU]}{[mol - Lb][^{\circ}F]}$$

$$Cp_m \Big|_{32}^{60} = 8,73 \frac{[BTU]}{[mol - Lb][^{\circ}F]}$$

$$\Delta H = \int CPm \times dt = 1 \times \left( \int_{32}^{1900} 11,82 \times dt - \int_{32}^{60} 8,73 \times dt \right) = 11,82 \times (1900 - 32) - 8,73 \times (60 - 32)$$

$$\Delta H = 2,184 \times 10^4 [BTU]$$



**Nota:** el NO<sub>2</sub> es líquido hasta los 70,5 °F (21,42 °C) por eso según el Hysys® el calor intercambiado es mayor (incluye el calor latente de vaporización).

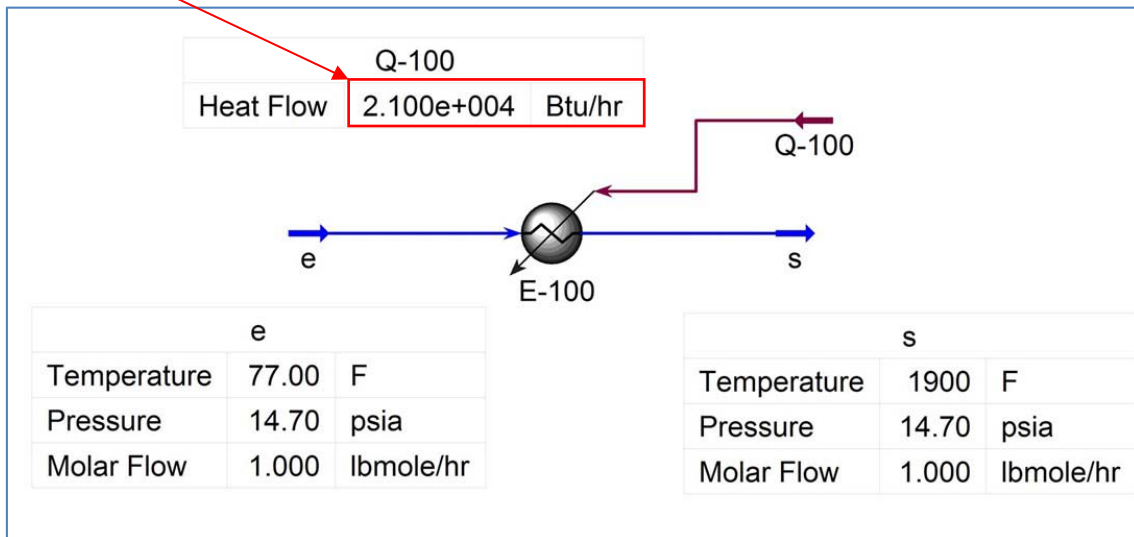
**Corrección,** se toma una entrada de 77 °F (25 °C) a fin de asegurar que el gas no contenga fases condensadas.

$$Cp_m \Big|_{32}^{1900} = 11,82 \frac{[BTU]}{[mol-Lb][^{\circ}F]}$$

$$Cp_m \Big|_{32}^{77} = 8,85 \frac{[BTU]}{[mol-Lb][^{\circ}F]}$$

$$\Delta H = \int_{t_1}^{t_2} CP_m \times dt = 1 \times \left( \int_{32}^{1900} 11,82 \times dt - \int_{32}^{77} 8,85 \times dt \right) = 11,82 \times (1900 - 32) - 8,85 \times (77 - 32)$$

$$\Delta H = 2,1681 \times 10^4 [BTU]$$



**Valores más cercanos.**

**Problema N° 3:** La ecuación del calor específico a presión constante para el carburo de silicio (SiC) es la siguiente:

$$C_p = 8,89 + 0,00291 \times T - 28400/T^2$$

Sus unidades son: cal/(mol-gr).(K). El intervalo de temperatura de utilización de la fórmula es de 273 K a 1600 K. Determinar el calor específico medio a 1200 K en BTU/(mol-lb).(°F).-

Solución:

$$Cp_m = \frac{\int_{t1}^{t2} m \times Cp \times dt}{t2 - t1} = \frac{\int_{273}^{1200} Cp \times dt}{1200 - 273} = \frac{\int_{273}^{1200} (8,89 + 0,00291 \times T - 28400 \times T^{-2}) \times dt}{927}$$

$$Cp_m = \frac{\left( 8,89 \times T + \frac{0,00291}{2} \times T^2 + 28400 \times T^{-1} \right) \Big|_{273}^{1200}}{927} = 11,066 \frac{[BTU]}{[mol - Lb][^{\circ}F]}$$

**Problema N° 4:** Un carbón se quema produciendo un gas con la siguiente composición en base seca: CO<sub>2</sub>: 9,2 %; CO: 7,3 %; N<sub>2</sub>: 82,0 %. Determinar la diferencia de entalpía entre el fondo de la columna y el domo de la chimenea, si la temperatura del fondo es de 320° C y en el tope e de 85° C.-

Solución:

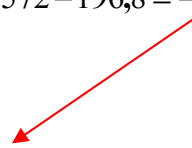
El O<sub>2</sub> se encuentra en una composición de 7,3 %.

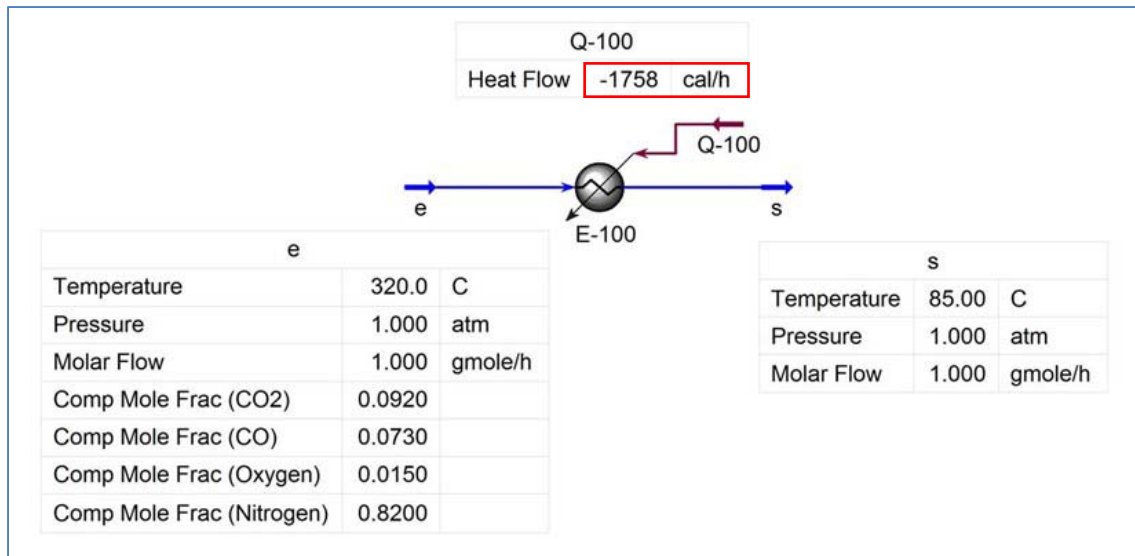
CO <sub>2</sub>	0,092	(8,276 + 4,518 × 10 <sup>-3</sup> × T)	0,7614 + 4,157 × 10 <sup>-4</sup> × T
CO	0,073	(6,498 + 1,436 × 10 <sup>-3</sup> × T)	0,4744 + 1,025 × 10 <sup>-4</sup> × T
O <sub>2</sub>	0,015	(6,732 + 1,505 × 10 <sup>-3</sup> × T)	0,1010 + 2,258 × 10 <sup>-5</sup> × T
N <sub>2</sub>	0,820	(6,529 + 1,488 × 10 <sup>-3</sup> × T)	5,354 + 1,220 × 10 <sup>-3</sup> × T
Total	1,000		6,691 + 1,761 × 10 <sup>-3</sup> × T

$$\overline{\Delta H} = \int_{593}^{358} Cp_m \times dT = \int_{593}^{358} (6,691 + 1,761 \times 10^{-3} \times T) \times dT = \left[ 6,691 \times T + \frac{1,761 \times 10^{-3}}{2} \times T^2 \right]_{593}^{358}$$

$$\overline{\Delta H} = 6,691 \times (358 - 593) + 8,8 \times 10^{-4} \times (358^2 - 593^2) = -1572 - 196,8 = -1769 \left[ \frac{Cal}{mol} \right]$$

El signo negativo indica que el calor sale del sistema.





**Problema N° 5:** 10 kg de agua a 20° C se mezclan con 4 kg de hielo a 0° C y 6 kg de vapor de agua a 120° C (a 1 atm.) Determinar la temperatura final de la mezcla y la cantidad de vapor de agua que se condensa. El proceso se realiza en forma adiabática.-

Solución:

Datos:

Base { 4 Kg de Hielo a 0 °C  
10 Kg de agua a 20 °C  
6 Kg de vapor de agua a 120 °C, 1 atm

Hielo: calor latente= 79,7 [Kcal/Kg]

Agua: Cpm= 1 [Kcal/ Kg °C]

Vapor: entalpía vapor recalentado a 120 °C= 649 [Kcal/kg]

Calor vapor a 100 °C= 630 [Kcal/Kg]

Calor latente de condensación a 100 °C= 539 [Kcal/Kg]

Se supone una temperatura final de 100 °C y una presión del sistema de 1 atm.

Si cada fase alcanza dicho estado, el calor de cada una sería:

Hielo (fusión a 0 °C)= 4 [Kg] x 79,7 [Kcal/Kg]= 318, 8 [Kcal]

(calor de 0 a 100 °C)= 4 [Kg] x 1 [Kcal/Kg °C] x 100 °C= 400 [Kcal]

Agua (de 20 °C a 100 °C)= 10 [Kg] x 1 [Kcal/Kg °C] x 80 °C= 800 [Kcal]

Vapor (de 120 °C a 100 °C)= - 6 [Kg] x (649,0-630) [Kcal/Kg] = -114 [Kcal]

(cond a 100 °C) = - 6 [Kg] x 539 [Kcal/Kg] = -3234 [Kcal]

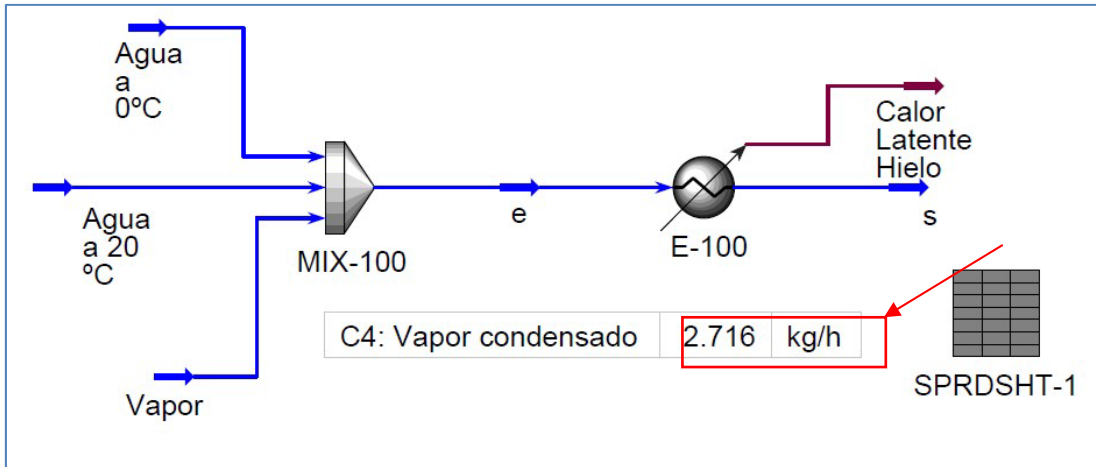
Balance=318,8+400+800-114-3234=- 1829,2 [Kcal]

Esto implica que hay excedente de calor en el vapor. Si tomamos a X la masa de vapor que se condensa, nos queda:

318,8+400+800 -114 - 539 x X=0 [Kcal] →X= 2,606 [Kg]

Prof. Adj.: Dr. Néstor Hugo Rodríguez

Aux 1°: Ing. Mabel Andrea Dupuy



**Nota: debido a que el Hysys® no tiene en cuenta el calor de fusión del hielo se agregó una hipotética corriente de calor.**

**Problema N° 6:** Calcular el calor desprendido cuando un metro cúbico de aire (en condiciones normales) se enfría desde 500° C a -100° C a una presión constante de 1atm. El calor específico del aire es [Kcal/Kmol.°K] y T[°K]:  
 $C_p = 6,386 + 1,762 \times 10^{-3} \times T - 0,2656 \times 10^{-6} \times T^2$

Solución:

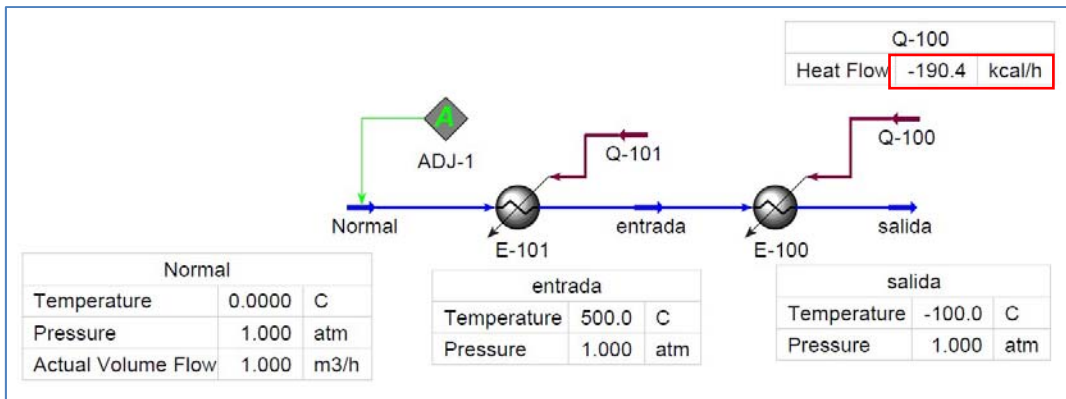
Moles de aire en condiciones normales para 1 [m<sup>3</sup>];

$$P \times V = n \times R \times T \rightarrow n = \frac{P \times V \times M}{R \times T} = \frac{1 \text{ [atm]} \times 1000 \text{ [l]}}{0,082 \left[ \frac{\text{atm} \times \text{l}}{\text{°K} \times \text{mol}} \right] \times 273 \text{ [°K]}} = 44,67 \text{ [mol]}$$

$$\overline{\Delta H} = \int_{T_1}^{T_2} C_{p_m} \times dT = 44,67 \times \int_{773}^{173} (6,386 + 1,762 \times 10^{-3} \times T - 0,2656 \times 10^{-6} \times T^2) \times dT =$$

$$\Delta H = 44,67 \times \left[ 6,386 \times T + \frac{1,762 \times 10^{-3}}{2} \times T^2 - \frac{0,2656 \times 10^{-6}}{3} \times T^3 \right]_{773}^{173}$$

$$\Delta H = 44,67 \times (-3831 - 500 + 40,43) = 44,67 \text{ [mol]} \times \left\{ -4291 \left[ \frac{\text{Cal}}{\text{mol}} \right] \right\} = -191688 \text{ [Cal]} = -191,7 \text{ [Kcal]}$$

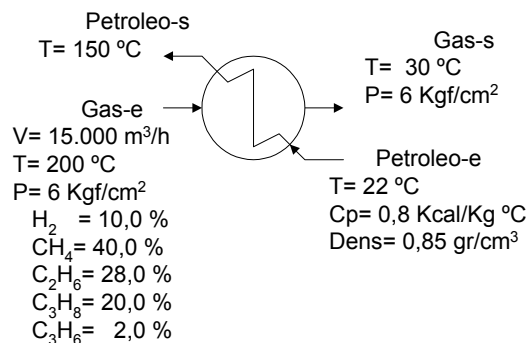


**Problema N° 7:** En una operación de cracking una refinera de petróleo produce  $15000 \text{ m}^3$  por hora de gases con la siguiente composición:  $\text{H}_2$ : 10,0 %;  $\text{CH}_4$ : 40,0 %;  $\text{C}_2\text{H}_6$ : 28,0 %;  $\text{C}_3\text{H}_8$ : 20,0 %;  $\text{C}_3\text{H}_6$ : 2,0 %; medidos a  $6 \text{ [kgf/cm}^2]$  de presión absoluta y a  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para enfriar esta corriente a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , antes de introducirlo a una torre de absorción, los gases se pasan en contracorriente por un intercambiador de calor que utiliza como medio refrigerante un petróleo crudo cuyo calor específico es de  $0,80 \text{ [kcal/kg}^\circ\text{C}]$ , su densidad de  $0,85 \text{ gr/cm}^3$  y una temperatura inicial de  $22^\circ \text{C}$ . El petróleo crudo sale del intercambiador a una temperatura de  $150^\circ \text{C}$ .

Calcular:

- El peso molecular promedio de los gases.
- El peso del gas que circula a través del intercambiador en  $[\text{kg/hr}]$ .
- El peso del petróleo en  $[\text{Kg/hr}]$ .
- volumen del mismo en  $[\text{m}^3/\text{hr}]$ . que circula a través del intercambiador.-

Solución:



Componente	x	M	x.M
	molar	$[\text{Kg/Kmol}]$	
$\text{H}_2$	0,10	2	0,2
$\text{CH}_4$	0,40	16	6,4
$\text{C}_2\text{H}_6$	0,28	30	8,4
$\text{C}_3\text{H}_8$	0,20	44	8,8
$\text{C}_3\text{H}_6$	0,02	42	0,84
	1,00		24,64

Prof. Adj.: Dr. Néstor Hugo Rodríguez  
Aux 1°: Ing. Mabel Andrea Dupuy

$$PM = \sum_1^5 PM_i \times x_i$$

$$a) PM = 2 \times 0,1 + 16 \times 0,4 + 30 \times 0,28 + 44 \times 0,2 + 42 \times 0,02 = 24,64 \left[ \frac{Kg}{Kmol} \right]$$

$$P \times V = \frac{m}{PM} \times R \times T \rightarrow m = \frac{P \times V \times PM}{R \times T}$$

$$P = 6 \text{ [Kgf/cm}^2\text{]} = 5,81 \text{ [atm]}$$

$$T = 473 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$b) m = \frac{P \times V \times PM}{R \times T} = \frac{5,81 \text{ [atm]} \times 15.000 \left[ \frac{m^3}{h} \right] \times 24,64 \left[ \frac{Kg}{Kmol} \right]}{0,082 \left[ \frac{atm \times m^3}{^\circ K \times Kmole} \right] \times 473 \text{ [}^\circ\text{K}]} = 5,5364 \times 10^4 \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$Q = m_p \times Cp_p \times (T_p^S - T_e^P) \rightarrow m_p = \frac{Q}{Cp_p \times (T_p^S - T_e^P)}$$

Comp	fracc	$Cp \left[ \frac{KCal}{Kmol \text{ } ^\circ C} \right]$
$H_2$	0,10	$6,702 + 0,0996 \times 10^{-2} \times t - 78,04 \times 10^{-5} \times t^2$
$CH_4$	0,40	$8,200 + 1,307 \times 10^{-2} \times t - 4,127 \times 10^{-5} \times t^2$
$C_2H_6$	0,28	$11,800 + 3,326 \times 10^{-2} \times t - 1,390 \times 10^{-5} \times t^2$
$C_3H_8$	0,20	$16,260 + 5,398 \times 10^{-2} \times t - 3,134 \times 10^{-5} \times t^2$
$C_3H_6$	0,02	$14,240 + 4,233 \times 10^{-2} \times t - 2,430 \times 10^{-5} \times t^2$
<b>Total</b>	<b>1,000</b>	<b><math>10,791 + 2,628 \times 10^{-2} \times t - 1,052 \times 10^{-4} \times t^2</math></b>

$$Q = n \int_{200}^{30} CPm \times dt = 2246 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times \int_{200}^{30} (10,791 + 2,628 \times 10^{-2} \times t - 1,052 \times 10^{-4} \times t^2) \times dt =$$

$$Q = 2246 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times \left[ 10,791 \times t + \frac{2,628 \times 10^{-2}}{2} \times t^2 - \frac{1,052 \times 10^{-4}}{3} \times t^3 \right]_{200}^{30}$$

$$Q = 2246 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times \left\{ -2068,657 \left[ \frac{Kcal}{Kmol} \right] \right\} = -4,646 \times 10^6 \text{ [Kcal]}$$

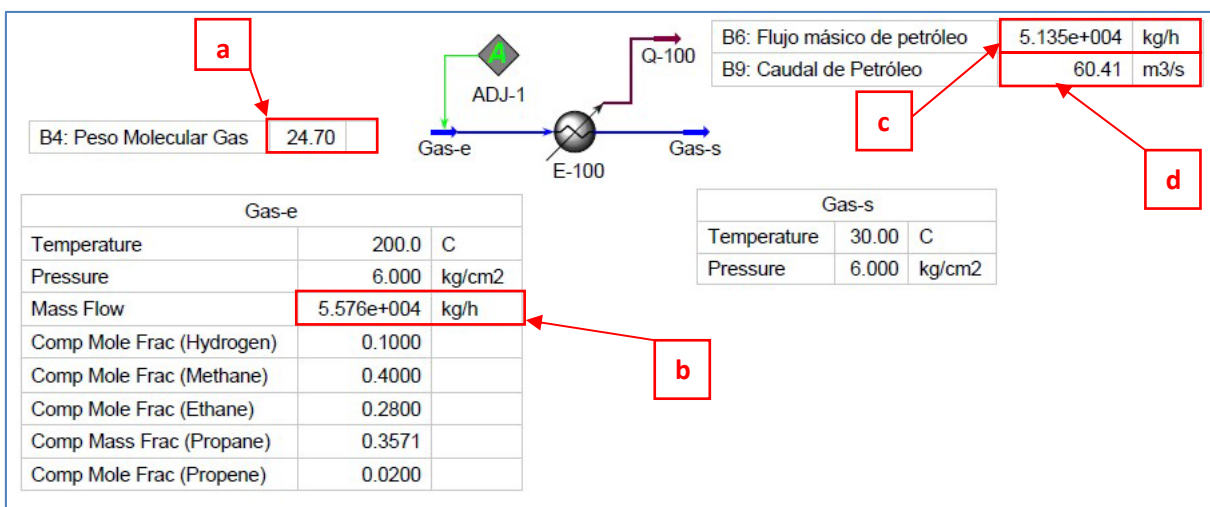
El calor que recibe el petróleo crudo es  $4,646 \times 10^6$  [Kcal] (lo recibe)



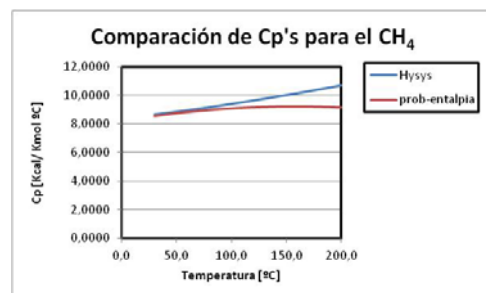
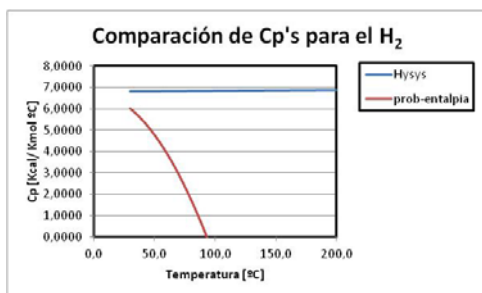
$$c) \quad m_p = \frac{Q}{C_{pP} \times (T_P^S - T_e^P)} = \frac{4,646 \times 10^6 \left[ \frac{Kcal}{hr} \right]}{0,80 \left[ \frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ C} \right] (150 - 22) [^\circ C]} = 4,537 \times 10^4 \left[ \frac{Kg}{hr} \right]$$

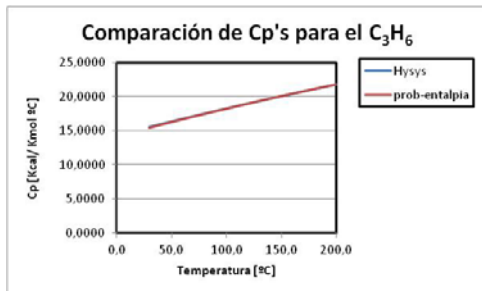
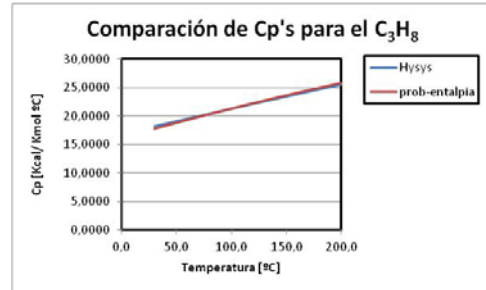
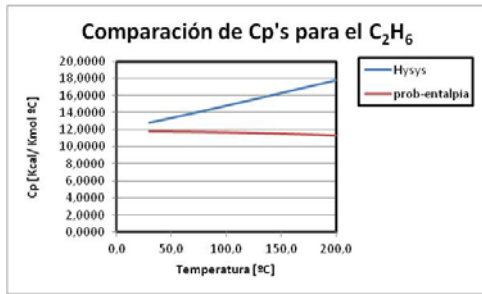
$$\rho = \frac{masa}{volumen} \rightarrow volumen = \frac{masa}{\rho}$$

$$d) \quad volumen = \frac{masa}{\rho} = \frac{4,5373 \times 10^4 \left[ \frac{Kg}{h} \right]}{850 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]} = 53,38 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$



**Nota: la mayor discrepancia de los resultados es debido al error de los términos de los cp's utilizados. Esto se aprecia mejor en las siguientes gráficas en los que se compara con el Hysys®:**





### Correcciones:

Comp	fracc	$C_p \left[ \frac{KCal}{Kmol \text{ } ^\circ K} \right]$
$H_2$	0,10	$5,760 + 10,04 \times T / 10^4 + 14,9 / \sqrt{T}$
$CH_4$	0,40	$3,38 + 180,4 \times T / 10^4 - 430 \times T^2 / 10^8$
$C_2H_6$	0,28	$2,195 + 382 \times T / 10^4 - 1100 \times T^2 / 10^8$
$C_3H_8$	0,20	$2,258 + 576 \times T / 10^4 - 1760 \times T^2 / 10^8$
$C_3H_6$	0,02	$0,869 + 0,0556 \times T - 2,430 \times 10^{-5} \times T^2$
<b>Total</b>	<b>1,000</b>	$3,012 + 0,03065 \times T + 1,49 / \sqrt{T} - 8,806 \times 10^{-6} \times T^2$

$$Q = n \int_{t_1}^{t_2} CPm \times dT = 2246 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times \int_{473}^{303} (3,012 + 0,03065 \times T + 1,49 / \sqrt{T} - 8,806 \times 10^{-6} \times T^2) \times dT =$$

$$Q = 2246 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times \left| 3,012 \times T + \frac{0,03065}{2} \times T^2 + 2 \times 1,49 \times \sqrt{T} - \frac{8,806 \times 10^{-6}}{3} \times T^3 \right|_{473}^{303}$$

$$Q = 2246 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \right] \times [-512,04 - 2021 - 12,938 + 228,9] \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kmol}} \right] = 2246 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \right] \times \left\{ -2317 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kmol}} \right] \right\}$$

$$Q = -5,206 \times 10^6 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \right]$$

El petróleo recibe  $5,206 \times 10^6$  [Kcal/h]

$$m_P = \frac{Q}{C_{pP} \times (T_P^S - T_e^P)} = \frac{5,206 \times 10^6 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right]}{0,80 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right] (150 - 22) [^\circ\text{C}]} = 5,084 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right]$$

$$\text{volumen} = \frac{\text{masa}}{\rho} = \frac{5,084 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]}{850 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]} = 59,806 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]$$

**Valores que se aproximan más a los de la simulación rigurosa.**

**Problema N° 8:** Un sistema térmico de una refinería de petróleo es alimentado por una corriente que contiene 23 kg de vapor de agua, 350 kg de propano y 550 kg de butano por hora. Esta corriente entra en un precalentador a  $50^\circ\text{C}$  y sale a  $135^\circ\text{C}$  a una presión absoluta de  $20 \text{ kgf/cm}^2$ . El medio de calefacción es un asfalto líquido que tiene un calor específico a presión constante de  $0,60 \text{ cal/gr.}^\circ\text{C}$ . El asfalto baja su temperatura en  $95^\circ\text{C}$  a través del intercambiador de calor. La pérdida de calor a la atmósfera es del 40 % del calor transmitido a la corriente del gas. Determinar:

- Análisis volumétrico del gas.
- Peso molecular promedio del gas.
- Volumen en  $\text{m}^3$  del gas que sale del precalentador.
- kg/hr. de asfalto que pasan por el precalentador.-

Solución:

Comp	m	M	n	x	x*M
	Kg	Kg/Kmol	Kmol	Kmol/Kmol	Kg/Kmol
H <sub>2</sub> O	23	18	1,278	0,06828	1,2290
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	350	44	7,955	0,42503	18,7015
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	550	58	9,483	0,50669	29,3881
Total	923		18,715	1,00000	49,319

a)  $x_{\text{Agua}} = 0,06828$ ,  $x_{\text{Propano}} = 0,42503$ ,  $x_{\text{Butano}} = 0,50660$

b)  $PM = 49,319$  [Kg/Kmol]

$T_s = 135^\circ\text{C} = 408^\circ\text{K}$

$$P_s = 20 \text{ Kg/cm}^2 = 19,36 \text{ atm}$$

$$P \times V = n \times R \times T \rightarrow V = \frac{n \times R \times T}{P}$$

$$c) V = \frac{n \times R \times T}{P} = \frac{18,715 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \right] \times 0,082 \left[ \frac{\text{atm} \times \text{m}^3}{\text{°K} \times \text{Kmol}} \right] \times 408 [\text{°K}]}{19,36 [\text{atm}]} = 32,34 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]$$

Comp	Fracción	$C_p \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{°K} \times \text{Kmol}} \right]$
$H_2O$	0,06828	$8,22 + 0,00015 \times T + 0,00000134 \times T^2$
$C_3H_8$	0,42503	$2,258 + 576/10^4 \times T - 1760/10^8 \times T^2$
$C_4H_{10}$	0,50669	$4,36 + 726/10^4 \times T - 2210/10^8 \times T^2$
Total	1,00000	$3,73015 + 0,06128 \times T - 1,859 \times 10^{-5} \times T^2$

$$Q = n \int_{323}^{408} C_p m \times dT = 18,715 \times \int_{323}^{408} (3,73012 + 0,06128 \times T - 1,859 \times 10^{-5} \times T^2) \times dt =$$

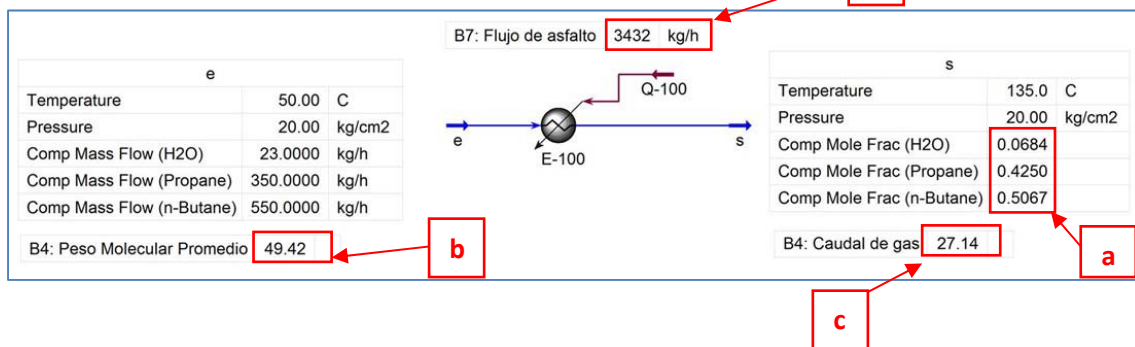
$$Q = 18,715 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \right] \times 2009 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kmol}} \right] = 3,759 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right]$$

Como el 40 % se pierde, el calor efectivo es:

$$Q = \frac{3,759 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right]}{60} \rightarrow 60\%$$

$$\frac{100}{60} \times 3,759 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right] = 6,266 \times 10^4 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right] \leftarrow 100\%$$

$$d) m_A = \frac{Q_{ef}}{C_{p_A} \times \Delta T_A} = \frac{6,266 \times 10^4 [\text{Kcal}]}{0,60 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \text{ °C}} \right] \times 95 [\text{°K}]} = 1100 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right]$$



**Nota: otra vez, la mayor discrepancia de los resultados es debido a que la corriente de entrada está formada por dos fases (LV). El punto de rocío a esa presión es de 109,5 °C. Se tomará ahora una temperatura de 110 °C a fin de evitar que haya cambio de fases en la misma.**

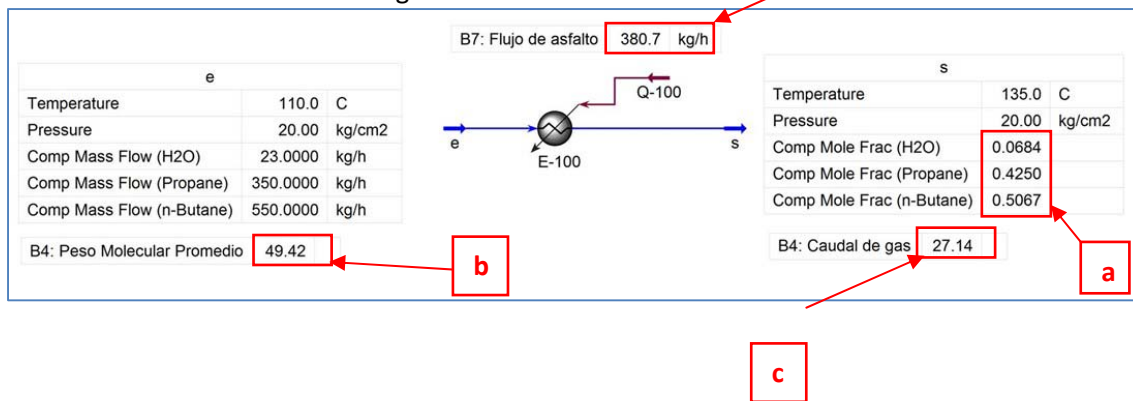
$$Q = n \int_{383}^{408} C_{P_m} \times dT = 18,715 \times \int_{383}^{408} (3,73012 + 0,06128 \times T - 1,859 \times 10^{-5} \times T^2) \times dt =$$

$$Q = 18,715 \left[ \frac{Kmol}{hr} \right] \times 626 \left[ \frac{Kcal}{Kmol} \right] = 1,1723 \times 10^4 \left[ \frac{Kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{ef} = \frac{100}{60} \times 1,1723 \times 10^4 \left[ \frac{Kcal}{hr} \right] = 1,954 \times 10^4 \left[ \frac{Kcal}{hr} \right]$$

$$m_A = \frac{Q_{ef}}{C_{p_A} \times \Delta T_A} = \frac{1,954 \times 10^4 [Kcal]}{0,60 \left[ \frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ C} \right] \times 95 [^\circ K]} = 342,8 \left[ \frac{Kg}{hr} \right]$$

Valor más cercano al resultado riguroso.



**Problema N° 9: Expresar las entalpías de los componentes siguientes considerando como temperatura de referencia a 25 °C.**

Comp	$\overline{C_{p_i}} \left[ \frac{kcal}{kmol \times ^\circ K} \right]$
$CO_{2(g)}$	$8,276 + 4,518 \times 10^{-3} \times T$
$CO_{(g)}$	$6,498 + 1,436 \times 10^{-3} \times T$
$O_{2(g)}$	$6,732 + 1,505 \times 10^{-3} \times T$
$N_{2(g)}$	$6,529 + 1,488 \times 10^{-3} \times T$

Solución:

$$\overline{\Delta H_i} = \int_{298}^T \overline{C_{p_i}} \times dT$$

Sea:

$$\overline{Cp}_i = a_i + b_i \times T$$

$$\overline{\Delta H}_i = \int_{298}^T (a_i + b_i \times T) \times dT = \left[ a_i \times T + \frac{b_i}{2} \times T^2 \right]_{298}^T = a_i \times (T - 298) + \frac{b_i}{2} \times (T^2 - 298^2)$$

$$\overline{\Delta H}_i = \left( -a_i \times 298 - \frac{b_i}{2} \times 298^2 \right) + a_i \times T + \frac{b_i}{2} \times T^2 = A_i + B_i \times T + C_i \times T^2$$

Resultando:

$$A_i = -a_i \times 298 - \frac{b_i}{2} \times 298^2$$

$$B_i = a_i$$

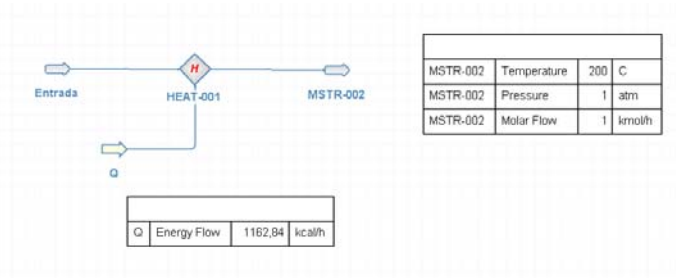
$$C_i = \frac{b_i}{2}$$

Comp	$\overline{\Delta H}_i \left[ \frac{kcal}{kmol} \right]$
$CO_{2(g)}$	$-2,667 \times 10^3 + 8,276 \times T + 2,259 \times 10^{-3} \times T^2$
$CO_{(g)}$	$-2,000 \times 10^3 + 6,498 \times T + 7,180 \times 10^{-4} \times T^2$
$O_{2(g)}$	$-2,073 \times 10^3 + 6,732 \times T + 7,525 \times 10^{-4} \times T^2$
$N_{2(g)}$	$-2,012 \times 10^3 + 6,529 \times T + 7,440 \times 10^{-4} \times T^2$

**Problema N° 10: Aprovechando la tabla recién creada, calcular el calor que debe suministrarse a una mezcla equimolar de los 4 componentes (25 % cada uno) a 1 [atm] de presión desde 50 °C hasta 200 °C.**

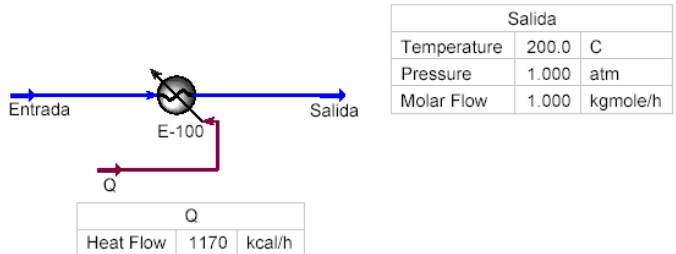
Comp.	$x_i$	$\Delta H_{E_i}$	$\Delta H_{S_i}$
CO <sub>2</sub>	0,25	2,420E+02	1,753E+03
CO	0,25	1,736E+02	1,234E+03
O <sub>2</sub>	0,25	1,800E+02	1,280E+03
N <sub>2</sub>	0,25	1,748E+02	1,243E+03
Total	1,00	1,926E+02	1,377E+03
Q	1,185E+03		

Entrada	Temperature	50	C
Entrada	Pressure	1	atm
Entrada	Molar Flow	1	kmol/h
Entrada	Mixture Specific Enthalpy	23,7248	kJ/kg
Entrada	Molar Fraction (Mixture) / Carbon dioxide	0,25	
Entrada	Molar Fraction (Mixture) / Carbon monoxide	0,25	
Entrada	Molar Fraction (Mixture) / Oxygen	0,25	
Entrada	Molar Fraction (Mixture) / Nitrogen	0,25	



MSTR-002	Temperature	200	C
MSTR-002	Pressure	1	atm
MSTR-002	Molar Flow	1	kmol/h

Entrada			
Temperature	50.00	C	
Pressure	1.000	atm	
Molar Flow	1.000	kgmole/h	
Comp Mole Frac (CO2)	0.2500		
Comp Mole Frac (CO)	0.2500		
Comp Mole Frac (Oxygen)	0.2500		
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.2500		



Salida			
Temperature	200.0	C	
Pressure	1.000	atm	
Molar Flow	1.000	kgmole/h	

## Símbolos del capítulo:

### Letras Latinas

	Descripción
P	Presión
V	Volumen
R	Constante de los gases
T	Temperatura absoluta
$\Delta H$	Entalpía (siempre relativa a un estado de referencia)
Cp	Capacidad calorífica a presión constante
n	moles
Q	Calor

### Subíndices

m	medio
---	-------

### Letras griegas

$\Delta$	Variación discreta
$\rho$	Densidad

### Especiales

$\bar{P}$	Propiedad "P" específica
-----------	--------------------------