b) Tenemos como datos:

n=2 moles; P_A=5 atm; T_A=27ºC=300 K

Teniendo en cuenta que el gas es ideal, podemos determinar el volumen en el estado A a través de la ecuación de los gases perfectos:

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{2 \cdot 0.082 \cdot 300}{5} = 9.84\,l$$

Sabemos que el volumen en B se duplica:

V_B=2V_A=2 · 9.84=19.68 l

<u>V_B=19.68 l</u>

La transformación de A a B es isobárica (P=cte) de modo que tendremos:

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{nR}{P} = cte = \frac{V}{T} \Rightarrow \frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{V_B T_A}{V_A} = \frac{2V_A T_A}{V_A} = 2T_A = 2 \cdot 300 = 600\ K$$

<u>T_B=600 K</u>

La transformación CA es isotérmica luego:

T_C=T_A=300 K

<u>T_C=300 K</u>

El paso de B a C es una transformación adiabática:

$$TV^{\gamma-1} = cte \Rightarrow T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1} \Rightarrow 600 \cdot 19.68^{1.4-1} = 300 V_C^{1.4-1} \Rightarrow V_C = 111.33\,l$$

<u>V_C=111.33 l</u>

b) Para determinar las variaciones de energía interna necesitamos el calor específico a volumen constante. Para ello tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\begin{matrix} \gamma = \dfrac{c_P}{c_V} & & 1.4 = \dfrac{c_P}{c_V} \\ & \Rightarrow & \\ c_P - c_V = R & & c_P - c_V = 2 \end{matrix}$$

Despejando de la primera ecuación y sustituyendo en la segunda:

$$1.4 = \frac{c_P}{c_V} \Rightarrow c_P = 1.4c_V \Rightarrow c_P - c_V = 2 \Rightarrow 1.4c_V - c_V = 2 \Rightarrow c_V = 5\ cal/molK$$

c_P=1.4c_V=1.4 · 5=7 cal/molK

La transformación AB es una transformación isobárica:

ΔW_{AB}=P_A(V_B-V_A)=5(19.68-9.84)=49.2 atml=4985.18 J

<u>ΔW_{AB}=4985.18 J</u>

$$\Delta U_{AB}=nc_V(T_B-T_A)=2\cdot 5(600-300)=3000\ \text{cal}=12540\ \text{J}$$

$$\underline{\Delta U_{AB}=12540\ \text{J}}$$

La transformación BC es adiabática luego:

$$\Delta U_{BC}=nc_V(T_C-T_B)=2\cdot 5(300-600)=-3000\ \text{cal}=-12540\ \text{J}$$

$$\underline{\Delta U_{BC}=-12540\ \text{J}}$$

$$\Delta Q_{BC}=0 \Rightarrow \Delta U_{BC}=\Delta Q_{BC}-\Delta W_{BC} \Rightarrow \Delta U_{BC}=-\Delta W_{BC} \Rightarrow \Delta W_{BC}=-\Delta U_{BC}=12540\ \text{J}$$

$$\underline{\Delta W_{BC}=12540\ \text{J}}$$

Por último, la transformación CA es isoterma luego:

$$\underline{\Delta U_{CA}=0}$$

$$\Delta W_{CA}=nRT_A\ \ln\frac{V_A}{V_C}=2\cdot 2\cdot 300\ln\frac{9.84}{111.33}=-2911.25\ \text{cal}=-12169.03\ \text{J}$$

$$\underline{\Delta W_{CA}=-12169.03\ \text{J}}$$

Podemos comprobar que puesto que la energía interna es una variable de estado su variación a lo largo de un ciclo completo es nula:

$$\Delta U=\Delta U_{AB}+\Delta U_{BC}+\Delta U_{CA}=12540-12540+0=0$$

c) Para la transformación AB, que es a presión constante:

$$\Delta S_{AB}=\int_A^B\frac{dQ}{T}=\int_A^B\frac{dW+dU}{T}=\int_A^B\frac{dW}{T}+\int_A^B\frac{dU}{T}=\int_A^B\frac{P_A dV}{T}+\int_A^B\frac{nc_V dT}{T}=\int_{T_A}^{T_B}\frac{nRT}{T}+\int_{T_A}^{T_B}\frac{nc_V dT}{T}=$$

$$=nR\ln T\Big]_{T_A}^{T_B}+nc_V\ \ln T\Big]_{T_A}^{T_B}=nR(\ln T_B-\ln T_A)+nc_V(\ln T_B-\ln T_A)=nR\ln\frac{T_B}{T_A}+nc_V\ln\frac{T_B}{T_A}=$$

$$=n\ln\frac{T_B}{T_A}(R+c_V)=nc_P\ \ln\frac{T_B}{T_A}=2\cdot 7\ln\frac{600}{300}=9.70\ \text{cal/K}=40.56\ \text{J/K}$$

$$\underline{\Delta S_{AB}=40.56\ \text{J/K}}$$

La transformación BC es adiabática de modo que:

$$\Delta Q_{BC}=0 \Rightarrow \Delta S_{BC}=0$$

$$\underline{\Delta S_{BC}=0}$$

La transformación CA es isoterma luego:

$$\Delta S_{CA}=\int_C^A\frac{dQ}{T_A}=\frac{\Delta Q_{CA}}{T_A}=\frac{\Delta W_{CA}+\Delta U_{CA}}{T_A}=\frac{-12169.03}{300}=-40.56\ \text{J/K}$$

$$\underline{\Delta S_{CA}=-40.56\ \text{J/K}}$$

Podemos ver que puesto que es una variable de estado la variación de entropía en todo el ciclo es nula:

$$\Delta S=\Delta S_{AB}+\Delta S_{BC}+\Delta S_{CA}=40.56+0-40.56=0$$

d) El rendimiento de un ciclo es el cociente entre el trabajo realizado por el ciclo y el calor absorbido por el mismo. Para este ciclo:

$$\eta=\frac{\Delta W}{\Delta Q_{abs}}=\frac{\Delta W_{AB}+\Delta W_{BC}+\Delta W_{CA}}{\Delta Q_{AB}}=\frac{\Delta W_{AB}+\Delta W_{BC}+\Delta W_{CA}}{\Delta U_{AB}+\Delta W_{AB}}=$$
$$=\frac{4985.18-12540-12169.03}{4985.18+12540}=0.3056=30.56\%$$

$\underline{\eta=30.56\%}$