

ANEXO 1

A continuación se muestra el archivo de EES utilizado para el estudio de la instalación:

```

t_PtG=14                                {tiempo en el que la aplicacion PtG
esta activa y produciendo metano (h/dia)}

"Electrolizador"
{ H2O --> H2 + 0,5 O2 }
eta_electroliz=0,8
PCI_H2=242400                            {PCI del H2 (kJ/kmol)}

IHT consume 4,30-4,65 kWh/m^3N}          {4,5-6 kWh/m^3N de H2 producido. El
{cons_electroliz=5/(0,0446136)*3600}    {1 m^3N-->44,6136 mol de gas ideal}
kWh/m^3N)/(0,0446136 kmol(m^3N) }      {kJ/kmol} { (5
a una eficiencia de 70,55 %}           {el consumo de 5 kWh/m^3N equivale

hidrogeno producido/eta_electroliz}     {usare cons_electroliz=energia del
n_dot_electroliz_H2=4*n_dot_CO2_cap     {flujo molar (kmol/s) de H2 producido
en el electrolizador}
m_dot_electroliz_H2=n_dot_electroliz_H2*2,02 {flujo masico (kg/s) de H2 producido en
el electrolizador}

P_cons_electroliz=PCI_H2*n_dot_electroliz_H2/eta_electroliz
{potencia electrica consumida en el electrolizador}
P_cons_electroliz=2000

"Metanador"
{ CO2 + 4 H2 --> CH4 + 4 H2O }
eta_metanador=0,8
conv_metanador=1                         {conversiones cercanas al 100%... en
el pdf Sorption Enhanced Methanation...}

n_dot_met_CH4=n_dot_CO2_cap              {flujo molar (kmol/s) de CH4 producido
en el metanador}
m_dot_met_CH4=n_dot_met_CH4*16,43       {flujo masico (kg/s) de CH4 producido
en el metanador}

porc_CH4_ahorrado=(m_dot_met_CH4*t_PtG*3600)/(m_dot_com_CH4*24*3600)*100
{porcentaje de CH4 que se ahorra en UN DIA. Hay que tener en cuenta que solo se produce
CH4 durante t_PtG horas/dia, mientras que la planta de cogeneracion trabaja durante todo el
dia con un factor de carga constante}

Q_dot_ced_met=165000*n_dot_met_CH4      {(kJ/kmol) DELTA_H_0=-165 kJ/mol.
Es una reacción exotérmica}

```

$\{Q_{dot_abs}=\dot{Q}_{CUANTO\ PONGO?}\}$ $\{300\ ^\circ C\}$	$\{necesita\ calor\ para\ llegar\ a\ los\ 250-300\ ^\circ C\}$
$T_{met}=300$ $T_{med}=(T_{met}+25)/2$ a los que estan el H2 y el CH4 que se introducen en el metanador y la temperatura de metanacion}	$\{temperatura\ (^{\circ}C)\ media\ entre\ los\ 25^{\circ}C\}$
$cp_{H2}=Cp(H2;T=T_{med})$ $cp_{CO2}=Cp(CO2;T=T_{med})$	
$Q_{dot_H2}=n_{dot_electroliz_H2}*cp_{H2}*(T_{met}-25)$ $Q_{dot_CO2}=n_{dot_CO2_cap}*cp_{CO2}*(T_{met}-25)$ $Q_{dot_nec_met}=Q_{dot_H2}+Q_{dot_CO2}$ flujos de entrada al metanador entren a la temperatura adecuada (aqui he tomado T_{met} $^{\circ}C$)}	$\{calor\ necesario\ (kW)\ para\ que\ los\ flujos\ de\ entrada\ al\ metanador\ entren\ a\ la\ temperatura\ adecuada\ (aqui\ he\ tomado\ T_{met}\ ^{\circ}C)\}$
"Cogeneracion"	
$\{ CH_4 + 2 (O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow CO_2 + 2 H_2O \}$ $eta_{cog_term}=0,45$ $eta_{cog_elec}=0,35$ $P_{cog}= 5000$ [kW] (quimica) del gas natural antes de ser quemado}	$\{P_{cog}\ se\ refiere\ a\ la\ energia\ (kJ/kmol\ PCI\ del\ metano)\}$
$PCI_{CH4}=804700$	$\{kJ/kmol\ PCI\ del\ metano\}$
$P_{elec}=eta_{cog_elec}*P_{cog}$ planta de cogeneracion}	$\{energia\ electrica\ aprovechable\ en\ la\ planta\ de\ cogeneracion\}$
$Q_{cog}=eta_{cog_term}*P_{cog}$ planta de cogeneracion}	$\{energia\ termica\ aprovechable\ en\ la\ planta\ de\ cogeneracion\}$
$n_{dot_com_CH4}=P_{cog}/PCI_{CH4}$ NECESARIO en la combustion}	$\{flujo\ molar\ (kmol/s)\ de\ metano\ NECESARIO\ en\ la\ combustion\}$
$m_{dot_com_CH4}=n_{dot_com_CH4}*16,43$ NECESARIO en la combustion (16,043 kg(kmol CH4))}	$\{flujo\ masico\ (kg/s)\ de\ metano\ NECESARIO\ en\ la\ combustion\ (16,043\ kg(kmol\ CH4))\}$
$n_{dot_com_CO2}=n_{dot_com_CH4}$ en la combustion}	$\{flujo\ molar\ (kmol/s)\ de\ CO_2\ producido\ en\ la\ combustion\}$
$m_{dot_com_CO2}=n_{dot_com_CO2}*44,01$ en la combustion (44,01 kg/kmol)}	$\{flujo\ masico\ (kg/s)\ de\ CO_2\ producido\ en\ la\ combustion\ (44,01\ kg/kmol)\}$
$n_{dot_com_CH4}=n_{dot_met_CH4}+n_{dot_compra_CH4}$ comprado}	$\{flujo\ molar\ (kmol/s)\ de\ CH_4\ comprado\}$
$m_{dot_compra_CH4}=n_{dot_compra_CH4}*16,43$	$\{flujo\ masico\ (kg/s)\ de\ CH_4\ comprado\}$
"Captura CO2"	
$W_{dot_cap}=-77$	$\{potencia\ electrica\ de\ la\ CCS\}$
$\{porc_{CO2_cap}=0,2\}$ capturado}	$\{porcentaje\ de\ dióxido\ de\ carbono\ capturado\}$
$n_{dot_CO2_cap}=porc_{CO2_cap}*n_{dot_com_CO2}$ tras la combustion}	$\{flujo\ molar\ (kmol/s)\ de\ CO_2\ capturado\ tras\ la\ combustion\}$
$m_{dot_CO2_cap}=n_{dot_CO2_cap}*44,01$ emisiones evitadas= $m_{dot_CO2_cap}*3600*24*365/1000$ {cantidad de CO2 (Ton) que se evita mandar a la atmosfera}	$\{flujo\ molar\ (kg/s)\ de\ CO_2\ capturado\}$
$Q_{nec_CCS}=2400$	$\{2400\ kJ/kg\ CO_2\}$
$Q_{dot_nec_CCS}=Q_{nec_CCS}*m_{dot_CO2_cap}$	$\{kW\}$

$$Q_dot_nec_TOT=Q_dot_nec_CCS+Q_dot_nec_met$$

$$eta_Q_nec=(Q_cog-Q_dot_nec_TOT)/P_cog$$

"Economia"

$$precio_p=0,08$$

{precio pico de electricidad (€/kWh)}

$$precio_v=0,025$$

{precio valle de electricidad (€/kWh)}

$$EUR_e_electroliz=P_cons_electroliz*t_PtG*precio_v$$

{dinero que cuesta la energia electrica para que el electrolizador funcione durante las horas valle}

$$subida_gas=1$$

{tanto por uno de subida del precio de GN}

$$precio_CH4=(1+subida_gas)*0,043311*PCI_CH4/(16,043*3600)$$

{precio del CH4 (€/kg). Lo asumo como el precio del gas natural. En la web de gas natural fenosa-->plan energia gas--> tarifa3.4--> 0,043311 €/kWh.

Primero he pasado el PCI_CH4 a kJ/kg-->kWh/kg}

$$EUR_ahorr_CH4=m_dot_met_CH4*3600*t_PtG*precio_CH4$$

{dinero ahorrado en compra de CH4 al dia}

$$EUR_elec_PtG=m_dot_met_CH4*3600*t_PtG*PCI_CH4/(16,043*3600)*eta_cog_elec*precio_p$$

{dinero adquirido por la venta de electricidad proveniente del CH4 producido mediante PtG}

$$Benef_diario=EUR_elec_PtG+EUR_ahorr_CH4-$$

$$EUR_e_electroliz+W_dot_b*t_PtG*precio_v+W_dot_cap*(t_PtG*precio_v+(24-t_PtG)*precio_p)$$

{esto habra que afinarlo con el consumo de las bombas y lo que se ahorra al no comprar parte del CH4}

$$Benef_anual=Benef_diario*365$$

{-----}

{Cpmpresion previa a la electrolisis}

$$P_electroliz=10$$

{electrolisis a 15 bar}

$$n_dot_agua=n_dot_electroliz_H2$$

{kmol/s}

$$m_dot_agua=n_dot_agua*18,02$$

{kg/s}

$$T_electroliz=25$$

{entrada bomba}

$$h_el[1]=Enthalpy(Water;T=T_electroliz;P=1)$$

{kJ/kmol}

$$s_el[1]=Entropy(Water;T=T_electroliz;P=1)$$

{salida bomba}

$$h_el_s[2]=Enthalpy(Water;s=s_el[1];P=P_electroliz)$$

{kJ/kmol}

$$eta_b=0,9$$

$$eta_b=(h_el_s[2]-h_el[1])/(h_el[2]-h_el[1])$$

$$s_el[2]=Entropy(Water;h=h_el[2];P=P_electroliz)$$

$$T_b_s=Temperature(Water;P=P_electroliz;h=h_el[2])$$

$$W_dot_b=n_dot_agua*(h_el[1]-h_el[2])$$