

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_1 Modo Transcrito*

$Q_{bt}=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_{mt}=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $\Delta T_{bt}=5$  [c] "Delta de temperatura en baja T"  
 $\Delta T_{mt}=5$  [c] "Delta de temperatura en media T"  
 $\Delta T_{Gc}=5$  [c] "Approach de temperatura en gas cooler"  
 $R_{hBt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $R_{hMt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
 $T_{amb}=T_a$  "Temperatura ambiente"  
 $P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
 $T_{critica}=T_{crit}(R744)$   
 $P_{optGc}=(2.778 [\text{bar}/\text{c}]-0.0157[\text{bar}/\text{c}^2]*T_{sat\_1})*( \Delta T_{Gc}+T_{amb})+(0.381[\text{bar}/\text{c}]*T_{sat\_1}-9.34[\text{bar}])*Convert(\text{bar};\text{kpa})$  "Presión óptima gas cooler"  
 $P_{intopt}=(P_{optGc}*P_{sat\_1})^{0.5}+450$  "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"

"Estado 1"

$P[1]=P_{sat\_1}$   
 $T[1]=T_{sat\_1}+R_{hBt}$   
 $h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
 $s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])$

"Estado 2"

$P[2]=P_{sat\_2}$

$$s[2]=s[1]$$

$$T[2]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[2];s=s[2])$$

$$h[2]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[2];P=P[2])$$

"Estado 3"

$$P[3]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[3]=T_{\text{amb}}+A_{\text{pGc}}$$

$$h[3]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[3];P=P[3])$$

$$s[3]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[3];P=P[3])$$

"Estado 7"

$$P[7]=P_{\text{intopt}}$$

$$h[7]=h[3]$$

$$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];h=h[7])$$

$$x[7]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[7];h=h[7])$$

$$s[7]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$$

"Estado 8"

$$P[8]=P[7]$$

$$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=0)$$

$$x[8]=0$$

$$h[8]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

$$s[8]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

"Estado 9"

$$P[9]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[9]=T_{\text{sat}_2}$$

$$h[9]=h[8]$$

$$x[9]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[9];h=h[9])$$

s[9]=Entropy(R744;T=T[8];x=x[9])

"Estado 10"

P[10]=Psat\_2

T[10]=Tsat\_2+DifTm

h[10]=Enthalpy(R744;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R744;T=T[10];P=P[10])

"Estado 11"

P[11]=P[2]

h[11]=h[12]

T[11]=Temperature(R744;P=P[11];h=h[11])

x[11]=Quality(R744;T=T[11];h=h[11])

s[11]=Entropy(R744;T=T[11];x=x[11])

"Estado 12"

x[12]=1

h[12]=Enthalpy(R744;P=P[7];x=x[12])

P[12]=P[7]

T[12]=Temperature(R744;P=P[12];h=h[12])

s[12]=Entropy(R744;T=T[11];x=x[12])

"Estado 4"

P[4]=Psat\_1

h[4]=h[9]

T[4]=Temperature(R744;P=P[4];h=h[4])

x[4]=Quality(R744;T=T[4];h=h[4])

s[4]=Entropy(R744;T=T[4];x=x[4])

**"Estado 5"**

$$P[5]=P_{\text{sat}_2}$$

$$h[5]=(h[11]*m_{\text{dot}_3}+h[10]*m_{\text{dot}_2}+h[2]*m_{\text{dot}_1})/m_{\text{dot}_4}$$

$$T[5]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[5];h=h[5])$$

$$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

$$cp[5]=Cp(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

**"Estado 6"**

$$s[6]=s[5]$$

$$P[6]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];s=s[6])$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[6];s=s[6])$$

**"BALANCE DE ENERGÍA"**

$$m_{\text{dot}_1}=Q_{\text{bt}}/(h[1]-h[4]) \text{ "Flujo másico evap baja temperatura"}$$

$$m_{\text{dot}_2}=Q_{\text{mt}}/(h[10]-h[9]) \text{ "Flujo másico evap media temperatura"}$$

$$m_{\text{dot}_4}=(m_{\text{dot}_1}+m_{\text{dot}_2}+m_{\text{dot}_3})$$

$$m_{\text{dot}_3}=x[7]*m_{\text{dot}_4}$$

**"CONSUMO ELÉCTRICO"**

$$W_{\text{bt}}=m_{\text{dot}_1}*(h[2]-h[1])$$

$$W_{\text{mt}}=m_{\text{dot}_4}*(h[6]-h[5])$$

$$\text{COPi}=(Q_{\text{bt}}+Q_{\text{mt}})/(W_{\text{bt}}+W_{\text{mt}})$$

**"RECHAZO DE CALOR GAS COOLER"**

$$Q_{\text{H}}=m_{\text{dot}_4}*(h[3]-h[6])$$

$$r1=P[2]/P[1]$$

$$r2=P[6]/P[5]$$

$$n_1=1.003-0.121*r1$$

$$n_2=1.003-0.121*r2$$

$$Wbt_r=(Wbt)/n_1$$

$$Wmt_r=(Wmt)/n_2$$

$$COP_r=(Qbt+Qmt)/(Wbt_r+Wmt_r)$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_1 Modo Subcrítico*

$Q_{bt}=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_{mt}=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $DifT_b=5$  [c] "Delta de temperatura en baja T"  
 $DifT_m=5$  [c] "Delta de temperatura en media T"  
 $Rh_{bt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $Rh_{mt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
 $\{T_{amb}\}$  "Temperatura ambiente"  
 $D_c=5$  [c] "Delta de temperatura condensador"  
  
 $T_c=T_{amb}+5$  " Temperatura de condensación"  
 $P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
  
 $P_{intopt}=(P[3]*P_{sat\_1})^{0.5}+450$  "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"  
  
"Estado 1"  
 $P[1]=P_{sat\_1}$   
 $T[1]=T_{sat\_1}+Rh_{bt}$   
 $h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
 $s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
  
"Estado 2"  
 $P[2]=P_{sat\_2}$   
 $s[2]=s[1]$   
 $T[2]=Temperature(R744;P=P[2];s=s[2])$

$$h[2]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[2];P=P[2])$$

"Estado 3"

$$P[3]=P_{\text{sat}}(\text{R744};T=T_c)$$

$$x[3]=0$$

$$T[3]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[3];x=x[3])$$

$$h[3]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[3];x=x[3])$$

$$s[3]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[3];x=x[3])$$

"Estado 7"

$$P[7]=P_{\text{intopt}}$$

$$h[7]=h[3]$$

$$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];h=h[7])$$

$$x[7]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[7];h=h[7])$$

$$s[7]=\text{Entropy}(\text{R744};P=P[7];x=x[7])$$

"Estado 8"

$$P[8]=P[7]$$

$$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=0)$$

$$x[8]=0$$

$$h[8]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

$$s[8]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

"Estado 9"

$$P[9]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[9]=T_{\text{sat}_2}$$

$$h[9]=h[8]$$

$$x[9]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[9];h=h[9])$$

$$s[9]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[9];h=h[9])$$

**"Estado 10"**

$$P[10]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[10]=T_{\text{sat}_2}+\text{DifTm}$$

$$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$$

$$s[10]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$$

**"Estado 11"**

$$P[11]=P[2]$$

$$h[11]=h[12]$$

$$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$$

$$x[11]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[11];h=h[11])$$

$$s[11]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[11];x=x[11])$$

**"Estado 12"**

$$x[12]=1$$

$$P[12]=P[7]$$

$$h[12]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[12];x=x[12])$$

$$T[12]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$$

$$s[12]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[12];x=x[12])$$

**"Estado 4"**

$$P[4]=P_{\text{sat}_1}$$

$$h[4]=h[9]$$

$$T[4]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[4];h=h[4])$$

$$x[4]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[4];h=h[4])$$

$$s[4]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[4];x=x[4])$$

**"Estado 5"**

$$P[5]=P_{\text{sat}_2}$$



$$h[5]=(h[11]*m\_dot\_3+h[10]*m\_dot\_2+h[2]*m\_dot\_1)/m\_dot\_4$$

$$T[5]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[5];h=h[5])$$

$$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

"Estado 6"

$$s[6]=s[5]$$

$$P[6]=P[3]$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];s=s[6])$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[6];s=s[6])$$

"BALANCE DE ENERGÍA"

$$m\_dot\_1=Qbt/(h[1]-h[4]) \text{ "Flujo másico evap baja temperatura"}$$

$$m\_dot\_2=Qmt/(h[10]-h[9]) \text{ "Flujo másico evap media temperatura"}$$

$$m\_dot\_4=(m\_dot\_1+m\_dot\_2+m\_dot\_3)$$

$$m\_dot\_3=x[7]*m\_dot\_4$$

"CONSUMO ELÉCTRICO"

$$Wbt=m\_dot\_1*(h[2]-h[1])$$

$$Wmt=m\_dot\_4*(h[6]-h[5])$$

$$COPi=(Qbt+Qmt)/(Wbt+Wmt)$$

"RECHAZO DE CALOR GAS COOLER"

$$QH=m\_dot\_4*(h[3]-h[6])$$

$$r1=P[2]/P[1]$$

$$r2=P[6]/P[5]$$

$$n\_1=1.003-0.121*r1$$

$$n\_2=1.003-0.121*r2$$

$$Wbt\_r=(Wbt)/n\_1$$

$$W_{mt\_r} = (W_{mt}) / n_2$$

$$COP\_r = (Q_{bt} + Q_{mt}) / (W_{bt\_r} + W_{mt\_r})$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_2 Modo Transcrito*

$Q_b=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_m=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $Ap_{Gc}=5$  [c] "Approach de temperatura en gas cooler"  
 $Rh_{Bt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $Rh_{Mt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
 {Tamb} "Temperatura ambiente"

$P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
 $P_{optGc}=(2.778 [\text{bar}/\text{c}]-0.0157[\text{bar}/\text{c}^2]*T_{sat\_1})*(Ap_{Gc}+T_{amb})+(0.381[\text{bar}/\text{c}]*T_{sat\_1}-9.34[\text{bar}])*Convert(\text{bar};\text{kpa})$  "Presión óptima gas cooler"

$P_{intopt}=(P_{optGc}*P_{sat\_1})^{0.5}+450$ [kPa] "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"

{Estado 1}

$P[1]=P_{sat\_1}$   
 $T[1]=T_{sat\_1}+Rh_{Bt}$   
 $h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
 $s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])$

{Estado 2}

$P[2]=P_{sat\_2}$   
 $s[2]=s[1]$   
 $T[2]=Temperature(R744;P=P[2];s=s[2])$

$$h[2]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[2];s=s[2])$$

{Estado 8}

$$P[8]=P_{\text{intopt}}$$

$$x[8]=1$$

$$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=x[8])$$

$$s[8]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

$$h[8]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

{Estado 4}

$$s[4]=s[8]$$

$$P[4]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[4]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[4];s=s[4])$$

$$h[4]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[4];P=P[4])$$

{Estado 5}

$$P[5]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[5]=T_{\text{amb}}+A_{\text{pGc}}$$

$$h[5]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[5];P=P[5])$$

$$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

{Estado 6}

$$P[6]=P_{\text{intopt}}$$

$$h[6]=h[5]$$

$$x[6]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[6];h=h[6])$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];x=x[6])$$

$$s[6]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[6];x=x[6])$$

**{Estado 7}**

$$P[7]=P_{\text{intopt}}$$

$$x[7]=0$$

$$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];x=x[7])$$

$$s[7]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$$

$$h[7]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$$

**{Estado 9}**

$$P[9]=P_{\text{sat}_2}$$

$$h[9]=h[7]$$

$$x[9]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[9];h=h[9])$$

$$T[9]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[9];x=x[9])$$

$$s[9]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[9];x=x[9])$$

**{Estado 10}**

$$P[10]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[10]=T_{\text{sat}_2}+\text{RhMt}$$

$$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$$

$$s[10]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$$

**{Estado 11}**

$$P[11]=P_{\text{sat}_1}$$

$$h[11]=h[7]$$

$$x[11]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$$

$$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];x=x[11])$$

$$s[11]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[11];x=x[11])$$

**{Estado 12}**

$$P[12]=P_{\text{sat}_2}$$

$$s[12]=\text{Entropy}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$$

$$T[12]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$$

{Estado 3}

$$s[3]=s[12]$$

$$P[3]=P_{\text{optGc}}$$

$$h[3]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[3];s=s[3])$$

$$T[3]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[3];s=s[3])$$

{Estado 13}

$$P[13]=P_{\text{optGc}}$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R744};P=P[13];h=h[13])$$

$$T[13]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[13];h=h[13])$$

{BALANCE DE MASA}

$$m_{\text{dot}_1}+m_{\text{dot}_2}=m_{\text{dot}_4}$$

$$m_{\text{dot}_4}+m_{\text{dot}_3}=m_{\text{dot}_5}$$

$$(m_{\text{dot}_1}) \cdot x[6]=m_{\text{dot}_3}$$

{BALANCE DE ENERGÍA}

$$Q_b=m_{\text{dot}_1} \cdot (h[10]-h[9])$$

$$Q_m=m_{\text{dot}_2} \cdot (h[1]-h[11])$$

$$h[12]=\frac{m_{\text{dot}_2} \cdot h[10]+m_{\text{dot}_1} \cdot h[2]}{m_{\text{dot}_1}+m_{\text{dot}_2}}$$

$$h[13]=\frac{m_{\text{dot}_3} \cdot h[4]+m_{\text{dot}_4} \cdot h[3]}{m_{\text{dot}_5}}$$

$$r1=P[2]/P[1]$$

$$r2=P[3]/P[12]$$

$$r3=P[4]/P[8]$$

$$n_1=1.003-0.121*r1$$

$$n_2=1.003-0.121*r2$$

$$n_3=1.003-0.121*r3$$

$$Wbt=m\_dot\_1*(h[2]-h[1])$$

$$Wmt=m\_dot\_4*(h[3]-h[12])$$

$$Wcp=m\_dot\_3*(h[4]-h[8])$$

$$COPi=(Qb+Qm)/(Wbt+Wmt+Wcp)$$

$$Wbt\_r=Wbt/n_1$$

$$Wmt\_r=Wmt/n_2$$

$$Wcp\_r=Wcp/n_3$$

$$COPr=(Qb+Qm)/(Wbt\_r+Wmt\_r+Wcp\_r)$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_2 Modo Subcrítico*

Qbt=96 [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
Qmt=20 [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
Tsat\_1=-28 [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
Tsat\_2=0 [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
ApGc=5 [c] "Approach de temperatura en gas cooler"  
RhBt=5 [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
RhMt=5 [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
{Tamb} "Temperatura ambiente"  
  
Dc=5 [c] "Delta de temperatura condensador"  
Tc=Tamb+5 [C]  
Psat\_1=P\_sat(R744;T=Tsat\_1) "Presión de saturación de baja temperatura"  
  
Pintopt=((P[3]\*Psat\_1)^0.5)+450[kPa] "Presión intermedia óptima"  
Psat\_2=P\_sat(R744;T=Tsat\_2) "Presión de saturación de media temperatura"  
  
{Estado 1}  
  
P[1]=Psat\_1  
T[1]=Tsat\_1+RhBt  
h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])  
s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])  
  
{Estado 2}  
  
P[2]=Psat\_2  
s[2]=s[1]  
T[2]=Temperature(R744;P=P[2];s=s[2])



$h[2]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[2];s=s[2])$

{Estado 8}

$P[8]=P_{\text{intopt}}$

$x[8]=1$

$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=x[8])$

$s[8]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$

$h[8]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$

{Estado 4}

$s[4]=s[8]$

$P[4]=P_{\text{sat}}(\text{R744};T=T_c)$

$T[4]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[4];s=s[4])$

$h[4]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[4];P=P[4])$

{Estado 5}

$P[5]=P[3]$

$x[5]=0$

$T[5]=T_c$

$h[5]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[5];x=x[5])$

$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$

{Estado 6}

$P[6]=P_{\text{intopt}}$

$h[6]=h[5]$

$x[6]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[6];h=h[6])$

$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];x=x[6])$

$s[6]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[6];x=x[6])$

{Estado 7}

$P[7]=P_{\text{topt}}$

$x[7]=0$

$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];x=x[7])$

$s[7]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$

$h[7]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$

{Estado 9}

$P[9]=P_{\text{sat}_2}$

$h[9]=h[7]$

$x[9]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[9];h=h[9])$

$T[9]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[9];h=h[9])$

$s[9]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[9];h=h[9])$

{Estado 10}

$P[10]=P_{\text{sat}_2}$

$T[10]=T_{\text{sat}_2}+RhMt$

$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$

$s[10]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$

{Estado 11}

$P[11]=P_{\text{sat}_1}$

$h[11]=h[7]$

$x[11]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$

$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];x=x[11])$

$$s[11]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[11];x=x[11])$$

{Estado 12}

$$P[12]=P_{\text{sat}_2}$$

$$s[12]=\text{Entropy}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$$

$$T[12]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$$

{Estado 3}

$$s[3]=s[12]$$

$$P[3]=P_{\text{sat}}(\text{R744};T=T_c)$$

$$h[3]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[3];s=s[3])$$

$$T[3]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[3];h=h[3])$$

{Estado 13}

$$P[13]=P[3]$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R744};P=P[13];h=h[13])$$

$$T[13]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[13];h=h[13])$$

{BALANCE DE MASA}

$$m_{\text{dot}_1}+m_{\text{dot}_2}=m_{\text{dot}_4}$$

$$m_{\text{dot}_4}+m_{\text{dot}_3}=m_{\text{dot}_5}$$

$$(m_{\text{dot}_1}) \cdot x[6]=m_{\text{dot}_3}$$

{BALANCE DE ENERGÍA}

$$Q_{bt}=m_{\text{dot}_1} \cdot (h[10]-h[9])$$

$$Q_{mt}=m_{\text{dot}_2} \cdot (h[1]-h[11])$$

$$h[12]=\frac{m_{\text{dot}_2} \cdot h[10]+m_{\text{dot}_1} \cdot h[2]}{m_{\text{dot}_1}+m_{\text{dot}_2}}$$

$$h[13]=\frac{m_{\text{dot}_3} \cdot h[4]+m_{\text{dot}_4} \cdot h[3]}{m_{\text{dot}_5}}$$

$$r1=P[2]/P[1]$$

$$r2=P[3]/P[12]$$

$$r3=P[4]/P[8]$$

$$n_1=1.003-0.121*r1$$

$$n_2=1.003-0.121*r2$$

$$n_3=1.003-0.121*r3$$

$$Wbt=m\_dot\_1*(h[2]-h[1])$$

$$Wmt=m\_dot\_4*(h[3]-h[12])$$

$$Wcp=m\_dot\_3*(h[4]-h[8])$$

$$COPi=(Qbt+Qmt)/(Wbt+Wmt+Wcp)$$

$$Wbt\_r=Wbt/n_1$$

$$Wmt\_r=Wmt/n_2$$

$$Wcp\_r=Wcp/n_3$$

$$COPr=(Qbt+Qmt)/(Wbt\_r+Wmt\_r+Wcp\_r)$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_3 Modo Transcrito*

$Q_{bt}=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_{mt}=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $DifT_b=5$  [c] "Delta de temperatura en baja T"  
 $DifT_m=5$  [c]  
 $A_{pGc}=5$  [c] "Approach de temperatura en gas cooler"  
 $R_{hBt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $R_{hMt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
 $T_{amb}=T_a$  "Temperatura ambiente"  
 $P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
  
 $P_C=P_{crit}(R744)$   
 $T_C=T_{crit}(R744)$   
  
 $P_{optGc}=(2.778 [\text{bar/c}]-0.0157[\text{bar/c}^2]*T_{sat\_1})*(T_{amb}+A_{pGc})+(0.381[\text{bar/c}]*T_{sat\_1}-9.34[\text{bar}])*Convert(\text{bar;kpa})$  "Presión óptima gas cooler"  
  
 $P_{intopt}=(P_{optGc}*P_{sat\_1})^{0.5}+450$ [kPa] "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"  
  
"Estado 1"  
 $P[1]=P_{sat\_1}$   
 $T[1]=T_{sat\_1}+R_{hBt}$   
 $h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
 $s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])$

**"Estado 2"**

$$P[2]=P_{\text{sat\_2}}$$

$$s[2]=s[1]$$

$$T[2]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[2];s=s[2])$$

$$h[2]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[2];P=P[2])$$

**"Estado 3"**

$$P[3]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[3]=T_{\text{amb}}+A_{\text{pGc}}$$

$$h[3]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[3];P=P[3])$$

$$s[3]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[3];P=P[3])$$

**"Estado 7"**

$$P[7]=P_{\text{intopt}}$$

$$h[7]=h[13]$$

$$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];h=h[7])$$

$$x[7]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[7];h=h[7])$$

$$s[7]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[7];x=x[7])$$

**"Estado 8"**

$$P[8]=P[7]$$

$$x[8]=0$$

$$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=x[8])$$

$$h[8]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

$$s[8]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[8];x=x[8])$$

**"Estado 9"**

$$P[9]=P_{\text{sat\_2}}$$

$$h[9]=h[8]$$

$$T[9]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[9];h=h[9])$$

$x[9]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[9];h=h[9])$

$s[9]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[9];x=x[9])$

"Estado 10"

$P[10]=P_{\text{sat}_2}$

$T[10]=T_{\text{sat}_2}+RhMt$

$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$

$s[10]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[10];P=P[10])$

"Estado 11"

$x[11]=1$

$P[11]=P_{\text{intopt}}$

$h[11]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[11];x=x[11])$

$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$

$s[11]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[11];x=x[11])$

"Estado 12"

$P[12]=P_{\text{sat}_2}$

$h[12]=h[11]$

$T[12]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[12];h=h[12])$

$x[12]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[12];h=h[12])$

$s[12]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[12];x=x[12])$

"Estado 4"

$P[4]=P_{\text{sat}_1}$

$h[4]=h[9]$

$T[4]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[4];h=h[4])$

$x[4]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[4];h=h[4])$

$$s[4]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[4];x=x[4])$$

"Estado 5"

$$P[5]=P_{\text{sat}_2}$$

$$h[5]=(h[12]*m_{\text{dot}_3}+h[10]*m_{\text{dot}_2}+h[2]*m_{\text{dot}_1})/m_{\text{dot}_4}$$

$$T[5]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[5];h=h[5])$$

$$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

"Estado 6"

$$s[6]=s[5]$$

$$P[6]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];s=s[6])$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[6];s=s[6])$$

"Estado 13"

$$P[13]=P_{\text{optGc}}$$

$$T[13]=T[3]-\text{SUB}$$

$$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[13];P=P[13])$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[13];h=h[13])$$

"SUBCOOLER"

$$RhSc=20 \text{ [c]}$$

"Recalentamiento en succión Subenfriador minimo 20K"

$$SUB=15 \text{ [C]}$$

"Temperatura de subenfriamiento del refrigerante a la salida del Gas cooler"

$$T_{\text{cond\_sub}}=T_{\text{amb}}+10\text{[C]}$$

$$m_{\text{dot}_5}*(h[14]-h[17])=m_{\text{dot}_4}*(h[3]-h[13])$$

"DelT1="



$$T[3]-T[14]=15[C] \quad \text{"Delta T2"}$$

$$\text{"(DelT1-DelT2)/ln(DelT1/DelT2)=5"}$$

$$Q_{\text{sub}}=m_{\text{dot}}_5 \cdot (h[14]-h[17])$$

"Estado 17"

$$h[17]=h[16]$$

$$P[17]=P_{\text{sat}}(R290;T=T[17])$$

$$s[17]=\text{Entropy}(R290;P=P[17];h=h[17])$$

$$x[17]=\text{Quality}(R290;T=T[17];h=h[17])$$

"Estado 14"

$$P[14]=P[17]$$

$$T[14]=T[17]+RhSc$$

$$s[14]=\text{Entropy}(R290;P=P[14];T=T[14])$$

$$h[14]=\text{Enthalpy}(R290;P=P[14];s=s[14])$$

"Estado 15"

$$s[15]=s[14]$$

$$P[15]=P_{\text{sat}}(R290;T=T_{\text{cond\_sub}})$$

$$h[15]=\text{Enthalpy}(R290;P=P[15];s=s[15])$$

$$T[15]=\text{Temperature}(R290;P=P[15];s=s[15])$$

"Estado 16"

$$T[16]=T_{\text{cond\_sub}}$$

$$P[16]=P[15]$$

$$x[16]=0$$

$$h[16]=\text{Enthalpy}(R290;P=P[16];x=x[16])$$

$$s[16]=\text{Entropy}(\text{R290};T=T[16];x=x[16])$$

### "BALANCE DE ENERGÍA"

$$m\_dot\_1=Qbt/(h[1]-h[4]) \text{ "Flujo másico evap baja temperatura"}$$

$$m\_dot\_2=Qmt/(h[10]-h[9]) \text{ "Flujo másico evap media temperatura"}$$

$$m\_dot\_4=(m\_dot\_1+m\_dot\_2+m\_dot\_3)$$

$$m\_dot\_3=x[7]*m\_dot\_4$$

### "CONSUMO ELÉCTRICO"

$$Wbt=m\_dot\_1*(h[2]-h[1])$$

$$Wmt=m\_dot\_4*(h[6]-h[5])$$

$$Wsub=m\_dot\_5*(h[15]-h[14])$$

$$\text{COP}_{\text{tot}}=(Qbt+Qmt)/(Wbt+Wmt+Wsub)$$

### "RECHAZO DE CALOR GAS COOLER"

$$r1=P[2]/P[1]$$

$$r2=P[6]/P[5]$$

$$r\_sub=P[15]/P[14]$$

$$n\_1=1.003-0.121*r1$$

$$n\_2=1.003-0.121*r2$$

$$n\_sub=1.003-0.121*r\_sub$$

$$QH=m\_dot\_4*(h[3]-h[6])$$

$$Wbt\_r=(Wbt)/n\_1$$

$$Wmt\_r=(Wmt)/n\_2$$

$$Wsub\_r=(Wsub)/n\_sub$$

$$\text{COP}_{is} = (\dot{Q}_{bt} + \dot{Q}_{mt}) / (\dot{W}_{bt} + \dot{W}_{mt} + \dot{W}_{sub})$$

$$\text{COP}_{r} = (\dot{Q}_{bt} + \dot{Q}_{mt}) / (\dot{W}_{bt\_r} + \dot{W}_{mt\_r} + \dot{W}_{sub\_r})$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_3 Modo Subcrítico*

$Q_{bt}=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_{mt}=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $DifT_b=5$  [c] "Delta de temperatura en baja T"  
 $DifT_m=5$  [c]  
 $Rh_{bt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $Rh_{mt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
  
 $P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
 $Dc=5$  [C] "(Delta o diferencial en condensadores)"  
 $T_c=T_{amb}+5$   
  
 $PC=P_{crit}(R744)$   
  
 $P_{intopt}=(P[6]*P_{sat\_1})^{0.5}+450$ [kPa] "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"  
  
"Estado 1"  
 $P[1]=P_{sat\_1}$   
 $T[1]=T_{sat\_1}+Rh_{bt}$   
 $h[1]=Enthalpy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
 $s[1]=Entropy(R744;T=T[1];P=P[1])$   
"Estado 2"  
 $P[2]=P_{sat\_2}$   
 $s[2]=s[1]$

T[2]=Temperature(R744;P=P[2];s=s[2])

h[2]=Enthalpy(R744;T=T[2];P=P[2])

"Estado 3"

P[3]=P\_sat(R744;T=Tc)

x[3]=0

h[3]=Enthalpy(R744;P=P[3];x=x[3])

T[3]=Temperature(R744;P=P[3];x=x[3])

s[3]=Entropy(R744;T=T[3];x=x[3])

"Estado 7"

P[7]=Pintopt

h[7]=h[13]

T[7]=Temperature(R744;P=P[7];h=h[7])

x[7]=Quality(R744;T=T[7];h=h[7])

s[7]=Entropy(R744;T=T[7];x=x[7])

"Estado 8"

P[8]=P[7]

x[8]=0

T[8]=Temperature(R744;P=P[8];x=x[8])

h[8]=Enthalpy(R744;T=T[8];x=x[8])

s[8]=Entropy(R744;T=T[8];x=x[8])

"Estado 9"

P[9]=Psat\_2

h[9]=h[8]

T[9]=Temperature(R744;P=P[9];h=h[9])

x[9]=Quality(R744;P=P[9];h=h[9])

s[9]=Entropy(R744;T=T[9];x=x[9])

"Estado 10"

P[10]=Psat\_2

T[10]=Tsat\_2+RhMt

h[10]=Enthalpy(R744;T=T[10];P=P[10])

s[10]=Entropy(R744;T=T[10];P=P[10])

"Estado 11"

x[11]=1

P[11]=Pintopt

h[11]=Enthalpy(R744;P=P[11];x=x[11])

T[11]=Temperature(R744;P=P[11];h=h[11])

s[11]=Entropy(R744;T=T[11];x=x[11])

"Estado 12"

P[12]=Psat\_2

h[12]=h[11]

T[12]=Temperature(R744;P=P[12];h=h[12])

x[12]=Quality(R744;T=T[12];h=h[12])

s[12]=Entropy(R744;T=T[12];x=x[12])

"Estado 4"

P[4]=Psat\_1

h[4]=h[9]

T[4]=Temperature(R744;P=P[4];h=h[4])

x[4]=Quality(R744;T=T[4];h=h[4])

s[4]=Entropy(R744;T=T[4];x=x[4])

"Estado 5"

$$P[5]=P_{\text{sat}_2}$$

$$h[5]=(h[12]*m_{\text{dot}_3}+h[10]*m_{\text{dot}_2}+h[2]*m_{\text{dot}_1})/m_{\text{dot}_4}$$

$$T[5]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[5];h=h[5])$$

$$s[5]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[5];h=h[5])$$

"Estado 6"

$$s[6]=s[5]$$

$$P[6]=P_{\text{sat}}(\text{R744};T=T_c)$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];s=s[6])$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[6];s=s[6])$$

"Estado 13"

$$P[13]=P_{\text{sat}}(\text{R744};T=T_c)$$

$$T[13]=T[3]-\text{SUB}$$

$$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R744};T=T[13];P=P[13])$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[13];h=h[13])$$

"SUBCOOLER"

$$\text{RhSc}=20 \text{ [c]}$$

"Recalentamiento en succión Subenfriador mínimo 20K"

$$\text{SUB}=15 \text{ [C]}$$

"Temperatura de subenfriamiento del refrigerante a la salida del Gas cooler"

$$T_{\text{cond\_sub}}=T_{\text{amb}}+D_c$$

$$m_{\text{dot}_5}*(h[14]-h[17])=m_{\text{dot}_4}*(h[3]-h[13])$$

"DelT1="

$$T[3]-T[14]=15 \text{ "Delta T2"}$$

$$-(\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) = 5$$

$$Q_{\text{sub}} = \dot{m}_5 (h_{14} - h_{17})$$

"Estado 17"

$$h_{17} = h_{16}$$

$$P_{17} = P_{\text{sat}}(\text{R290}; T = T_{17})$$

$$s_{17} = \text{Entropy}(\text{R290}; P = P_{17}; h = h_{17})$$

$$x_{17} = \text{Quality}(\text{R290}; T = T_{17}; h = h_{17})$$

"Estado 14"

$$P_{14} = P_{17}$$

$$T_{14} = T_{17} + R h_{\text{sc}}$$

$$s_{14} = \text{Entropy}(\text{R290}; P = P_{14}; T = T_{14})$$

$$h_{14} = \text{Enthalpy}(\text{R290}; P = P_{14}; s = s_{14})$$

"Estado 15"

$$s_{15} = s_{14}$$

$$P_{15} = P_{\text{sat}}(\text{R290}; T = T_{\text{cond\_sub}})$$

$$h_{15} = \text{Enthalpy}(\text{R290}; P = P_{15}; s = s_{15})$$

$$T_{15} = \text{Temperature}(\text{R290}; P = P_{15}; s = s_{15})$$

"Estado 16"

$$T_{16} = T_{\text{cond\_sub}}$$

$$P_{16} = P_{15}$$

$$x_{16} = 0$$

$$h_{16} = \text{Enthalpy}(\text{R290}; P = P_{16}; x = x_{16})$$

$$s_{16} = \text{Entropy}(\text{R290}; P = P_{16}; h = h_{16})$$



**"BALANCE DE ENERGÍA"**

$$m_{\text{dot}_1} = Q_{\text{bt}} / (h[1] - h[4]) \quad \text{"Flujo másico evap baja temperatura"}$$

$$m_{\text{dot}_2} = Q_{\text{mt}} / (h[10] - h[9]) \quad \text{"Flujo másico evap media temperatura"}$$

$$m_{\text{dot}_4} = (m_{\text{dot}_1} + m_{\text{dot}_2} + m_{\text{dot}_3})$$

$$m_{\text{dot}_3} = x[7] * m_{\text{dot}_4}$$

**"CONSUMO ELÉCTRICO"**

$$W_{\text{bt}} = m_{\text{dot}_1} * (h[2] - h[1])$$

$$W_{\text{mt}} = m_{\text{dot}_4} * (h[6] - h[5])$$

$$W_{\text{sub}} = m_{\text{dot}_5} * (h[15] - h[14])$$

$$\text{COP}_{\text{tot}} = (Q_{\text{bt}} + Q_{\text{mt}}) / (W_{\text{bt}} + W_{\text{mt}} + W_{\text{sub}})$$

**"RECHAZO DE CALOR GAS COOLER"**

$$r_1 = P[2] / P[1]$$

$$r_2 = P[6] / P[5]$$

$$r_{\text{sub}} = P[15] / P[14]$$

$$n_1 = 1.003 - 0.121 * r_1$$

$$n_2 = 1.003 - 0.121 * r_2$$

$$n_{\text{sub}} = 1.003 - 0.121 * r_{\text{sub}}$$

$$Q_{\text{H}} = m_{\text{dot}_4} * (h[3] - h[6])$$

$$W_{\text{bt}_r} = (W_{\text{bt}}) / n_1$$

$$W_{\text{mt}_r} = (W_{\text{mt}}) / n_2$$

$$W_{\text{sub}_r} = (W_{\text{sub}}) / n_{\text{sub}}$$

$$\text{COP}_{\text{is}} = (Q_{\text{bt}} + Q_{\text{mt}}) / (W_{\text{bt}} + W_{\text{mt}} + W_{\text{sub}})$$

$$\text{COP}_r = (\text{Qbt} + \text{Qmt}) / (\text{Wbt}_r + \text{Wmt}_r + \text{Wsub}_r)$$

*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_4 Modo Transcrito*

$Q_b[1]=96$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"  
 $Q_m[2]=20$  [kW] "Demanda de potencia frigorífica media temperatura"  
 $T_{sat\_1}=-28$  [C] "Temperatura de evaporación de baja temperatura"  
 $T_{sat\_2}=0$  [c] "Temperatura de evaporación de media temperatura"  
 $DifT_b=5$  [c] "Delta de temperatura en baja T"  
 $DifT_m=5$  [c] "Delta de temperatura en media T"  
 $IHX_{fg}=10$  [C] "Diferencia entre Flase gas tanque y fase gas a la salida del intercambiador"  
 $IHX_b=10$  [C] "Diferencia de temperatura T salida de evap baja y temperatura de succión compresores de b temp"  
 $Ap_{Gc}=5$  [c] "Approach de temperatura en gas cooler"  
 $Rh_{Bt}=2$  [c] "Recalentamiento en evaporador BT"  
 $Rh_{Mt}=5$  [c] "Recalentamiento en evaporador MT"  
 $\{T_{amb}\}$  "Temperatura ambiente"  
 $P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$  "Presión de saturación de baja temperatura"  
 $P_{optGc}=(2.778[\text{bar}/c]-0.0157[\text{bar}/c^2]*T_{sat\_1})*(Ap_{Gc}+T_{amb})+(0.381[\text{bar}/c]*T_{sat\_1}-9.34[\text{bar}])*Convert(\text{bar};\text{kpa})$  "Presión óptima gas cooler"  
 $P_{intopt}=(P_{optGc}*P_{sat\_1})^{0.5}+450$  [kPa] "Presión intermedia óptima"  
 $P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$  "Presión de saturación de media temperatura"

**"BALANCES DE MASA"**

$$m_{dot\_1}+m_{dot\_2}+m_{dot\_3}=m_{dot\_4}$$

$$m_{dot\_4}*x[8]=m_{dot\_3}$$

**"BALANCES DE ENERGÍA"**

$$m_{dot\_3}*(h[15]-h[14])=m_{dot\_4}*(h[6]-h[7])$$

$$m_{\text{dot}_1} = Q_b[1] / (h[13] - h[12])$$

$$m_{\text{dot}_2} = Q_m[2] / (h[17] - h[16])$$

$$h[10] - h[11] = h[1] - h[13]$$

$$m_{\text{dot}_3} h[15] + m_{\text{dot}_2} h[17] + m_{\text{dot}_1} h[2] = m_{\text{dot}_4} h[4]$$

"Estado 1"

$$P[1] = P_{\text{sat}_1}$$

$$T[1] = T_{\text{sat}_1} + R h_{\text{Bt}} + I H X_b$$

$$h[1] = \text{Enthalpy}(R744; P=P[1]; T=T[1])$$

$$s[1] = \text{Entropy}(R744; T=T[1]; P=P[1])$$

"Estado 2"

$$P[2] = P_{\text{sat}_2}$$

$$s[2] = s[1]$$

$$h[2] = \text{Enthalpy}(R744; P=P[2]; s=s[2])$$

$$T[2] = \text{Temperature}(R744; P=P[2]; s=s[2])$$

"Estado 4"

$$P[4] = P_{\text{sat}_2}$$

$$T[4] = \text{Temperature}(R744; P=P[4]; h=h[4])$$

$$s[4] = \text{Entropy}(R744; T=T[4]; P=P[4])$$

"Estado 5"

$$P[5] = P_{\text{optGc}}$$

$$s[5] = s[4]$$

$$h[5] = \text{Enthalpy}(R744; P=P[5]; s=s[5])$$

$$T[5] = \text{Temperature}(R744; P=P[5]; s=s[5])$$

**"Estado 6"**

$$P[6]=P_{optGc}$$

$$T[6]=T_{amb}+A_{pGc}$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(R744;P=P[6];T=T[6])$$

$$s[6]=\text{Entropy}(R744;T=T[6];P=P[6])$$

**"Estado 7"**

$$P[7]=P_{optGc}$$

$$T[7]=\text{Temperature}(R744;P=P[7];h=h[7])$$

$$s[7]=\text{Entropy}(R744;T=T[7];P=P[7])$$

**"Estado 8"**

$$h[8]=h[7]$$

$$P[8]=P_{intopt}$$

$$x[8]=\text{Quality}(R744;P=P[8];h=h[7])$$

$$T[8]=\text{Temperature}(R744;P=P[8];x=x[8])$$

$$s[8]=\text{Entropy}(R744;T=T[8];x=x[8])$$

**"Estado 9"**

$$P[9]=P_{intopt}$$

$$x[9]=1$$

$$T[9]=\text{Temperature}(R744;P=P[9];x=x[9])$$

$$h[9]=\text{Enthalpy}(R744;P=P[9];x=x[9])$$

$$s[9]=\text{Entropy}(R744;T=T[9];x=x[9])$$

**"Estado 10"**

$$P[10]=P_{intopt}$$

$$x[10]=0$$

$$T[10]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[10];x=x[10])$$

$$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[10];x=x[10])$$

$$s[10]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[10];x=x[10])$$

"Estado 11"

$$P[11]=P_{\text{intopt}}$$

$$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$$

$$s[11]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[11];P=P[11])$$

"Estado 12"

$$P[12]=P_{\text{sat}_1}$$

$$T[12]=T_{\text{sat}_1}$$

$$h[12]=h[11]$$

$$x[12]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[12];h=h[12])$$

$$s[12]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[12];x=x[12])$$

"Estado 13"

$$P[13]=P_{\text{sat}_1}$$

$$T[13]=T[12]+R_{\text{hBt}}$$

$$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[13];T=T[13])$$

$$s[13]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[13];P=P[13])$$

"Estado 14"

$$h[14]=h[9]$$

$$P[14]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[14]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[14];h=h[14])$$

$$x[14]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[14];h=h[14])$$

$$s[14]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[14];x=x[14])$$

"Estado 15"

$$P[15]=\text{Psat}_2$$

$$T[15]=T[14]+\text{IHxf}_g$$

$$h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[15];T=T[15])$$

$$s[15]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[15];P=P[15])$$

"Estado 16"

$$P[16]=\text{Psat}_2$$

$$T[16]=\text{Tsatsat}_2$$

$$h[16]=h[10]$$

$$x[16]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[16];h=h[16])$$

$$s[16]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[16];x=x[16])$$

"Estado 17"

$$P[17]=\text{Psat}_2$$

$$T[17]=T[16]+\text{RhMt}$$

$$h[17]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[17];T=T[17])$$

$$s[17]=\text{Entropy}(\text{R744};T=T[17];P=P[17])$$

$$W_b=m_{\text{dot}_1}(h[2]-h[1])$$

$$W_m=m_{\text{dot}_4}(h[5]-h[4])$$

$$\text{COP}_{\text{is}}=(Q_b[1]+Q_m[2])/(W_b+W_m)$$

$$r_1=\text{Psat}_2/\text{Psat}_1$$

$$r_2=\text{PoptGc}/\text{Psat}_2$$

$$n_1=1.003-0.121*r_1$$

$$n_2=1.003-0.121*r_2$$

$$Wb_r = Wb/n_1$$

$$Wm_r = Wm/n_2$$

$$COP_r = (Qb[1] + Qm[2]) / (Wb_r + Wm_r)$$



*Algoritmo De Cálculo Ciclo SIST\_4 Modo Subcrítico*

$Q_{bt[1]}=96$ [kW]	"Demanda de potencia frigorífica baja temperatura"
$Q_{mt[2]}=20$ [kW]	"Demanda de potencia frigorífica media temperatura"
$T_{sat\_1}=-28$ [C]	"Temperatura de evaporación de baja temperatura"
$T_{sat\_2}=0$ [c]	"Temperatura de evaporación de media temperatura"
$DifT_b=5$ [c]	"Delta de temperatura en baja T"
$DifT_m=5$ [c]	"Delta de temperatura en media T"
$IHX_{fg}=10$ [C] intercambiador"	"Diferencia entre Flase gas tanque y fase gas a la salida del intercambiador"
$IHX_b=10$ [C] de succión compresores de b temp"	"Diferencia de temperatura T salida de evap baja y temperatura de succión compresores de b temp"
$A_{pGc}=5$ [c]	"Approach de temperatura en gas cooler"
$R_{hBt}=5$ [c]	"Recalentamiento en evaporador BT"
$R_{hMt}=5$ [c]	"Recalentamiento en evaporador MT"
{ $T_{amb}$ }	"Temperatura ambiente"
$D_c=5$ [c]	"Delta de temperatura condensador"
$T_c=T_{amb}+5$	
$P_{sat\_1}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_1})$	"Presión de saturación de baja temperatura"
$P_{intopt}=(P[5]*P_{sat\_1})^{0.5}+450$ [kPa]	"Presión intermedia óptima"
$P_{sat\_2}=P_{sat}(R744;T=T_{sat\_2})$	"Presión de saturación de media temperatura"

**"BALANCES DE MASA"**

$$m_{dot\_1}+m_{dot\_2}+m_{dot\_3}=m_{dot\_4}$$

$$m_{dot\_4}*x[8]=m_{dot\_3}$$

**"BALANCES DE ENERGÍA"**

$$m_{\text{dot}_3} \cdot (h[15] - h[14]) = m_{\text{dot}_4} \cdot (h[6] - h[7])$$

$$m_{\text{dot}_1} = Q_{\text{bt}[1]} / (h[13] - h[12])$$

$$m_{\text{dot}_2} = Q_{\text{mt}[2]} / (h[17] - h[16])$$

$$h[10] - h[11] = h[1] - h[13]$$

$$m_{\text{dot}_3} \cdot h[15] + m_{\text{dot}_2} \cdot h[17] + m_{\text{dot}_1} \cdot h[2] = m_{\text{dot}_4} \cdot h[4]$$

"Estado 1"

$$P[1] = P_{\text{sat}_1}$$

$$T[1] = T_{\text{sat}_1} + R_{\text{hBt}} + I_{\text{HXb}}$$

$$h[1] = \text{Enthalpy}(\text{R744}; P=P[1]; T=T[1])$$

$$s[1] = \text{Entropy}(\text{R744}; T=T[1]; P=P[1])$$

"Estado 2"

$$P[2] = P_{\text{sat}_2}$$

$$s[2] = s[1]$$

$$h[2] = \text{Enthalpy}(\text{R744}; P=P[2]; s=s[2])$$

$$T[2] = \text{Temperature}(\text{R744}; P=P[2]; s=s[2])$$

"Estado 4"

$$P[4] = P_{\text{sat}_2}$$

$$T[4] = \text{Temperature}(\text{R744}; P=P[4]; h=h[4])$$

$$s[4] = \text{Entropy}(\text{R744}; T=T[4]; P=P[4])$$

"Estado 5"

$$P[5] = P_{\text{sat}}(\text{R744}; T=T_c)$$

$$s[5] = s[4]$$

$$h[5] = \text{Enthalpy}(\text{R744}; P=P[5]; s=s[5])$$

$$T[5] = \text{Temperature}(\text{R744}; P=P[5]; s=s[5])$$

**"Estado 6"**

$$P[6]=P[5]$$

$$x[6]=0$$

$$T[6]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[6];x=x[6])$$

$$h[6]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[6];x=x[6])$$

**"Estado 7"**

$$P[7]=P[6]$$

$$T[7]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[7];h=h[7])$$

**"Estado 8"**

$$h[8]=h[7]$$

$$P[8]=\text{Pintopt}$$

$$x[8]=\text{Quality}(\text{R744};P=P[8];h=h[7])$$

$$T[8]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[8];x=x[8])$$

**"Estado 9"**

$$P[9]=\text{Pintopt}$$

$$x[9]=1$$

$$T[9]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[9];x=x[9])$$

$$h[9]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[9];x=x[9])$$

**"Estado 10"**

$$P[10]=\text{Pintopt}$$

$$x[10]=0$$

$$T[10]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[10];x=x[10])$$

$$h[10]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[10];x=x[10])$$

**"Estado 11"**

$$P[11]=P_{\text{intopt}}$$

$$T[11]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[11];h=h[11])$$

**"Estado 12"**

$$P[12]=P_{\text{sat}_1}$$

$$T[12]=T_{\text{sat}_1}$$

$$h[12]=h[11]$$

$$x[12]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[12];h=h[12])$$

**"Estado 13"**

$$P[13]=P_{\text{sat}_1}$$

$$T[13]=T[12]+R_{\text{hBt}}$$

$$h[13]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[13];T=T[13])$$

**"Estado 14"**

$$h[14]=h[9]$$

$$P[14]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[14]=\text{Temperature}(\text{R744};P=P[14];h=h[14])$$

$$x[14]=\text{Quality}(\text{R744};T=T[14];h=h[14])$$

**"Estado 15"**

$$P[15]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[15]=T[14]+I_{\text{HXfg}}$$

$$h[15]=\text{Enthalpy}(\text{R744};P=P[15];T=T[15])$$

**"Estado 16"**

$$P[16]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[16]=T_{\text{sat}_2}$$

$$h[16]=h[10]$$

$$x[16]=\text{Quality}(R744;T=T[16];h=h[16])$$

"Estado 17"

$$P[17]=P_{\text{sat}_2}$$

$$T[17]=T[16]+R_{hM}t$$

$$h[17]=\text{Enthalpy}(R744;P=P[17];T=T[17])$$

$$W_b=m_{\text{dot}_1}*(h[2]-h[1])$$

$$W_m=m_{\text{dot}_4}*(h[5]-h[4])$$

$$\text{COP}_{\text{is}}=(Q_{bt}[1]+Q_{mt}[2])/(W_b+W_m)$$

$$r_1=P[1]/P[2]$$

$$r_2=P[5]/P[4]$$

$$\text{Efi}_{\text{is}_1}=1.003-0.121*r_1$$

$$\text{Efi}_{\text{is}_2}=1.003-0.121*r_2$$

$$W_{b_r}=m_{\text{dot}_1}*(h[2]-h[1])/Efi_{\text{is}_1}$$

$$W_{m_r}=m_{\text{dot}_4}*(h[5]-h[4])/Efi_{\text{is}_2}$$

$$\text{COP}_r=(Q_{bt}[1]+Q_{mt}[2])/(W_{b_r}+W_{m_r})$$