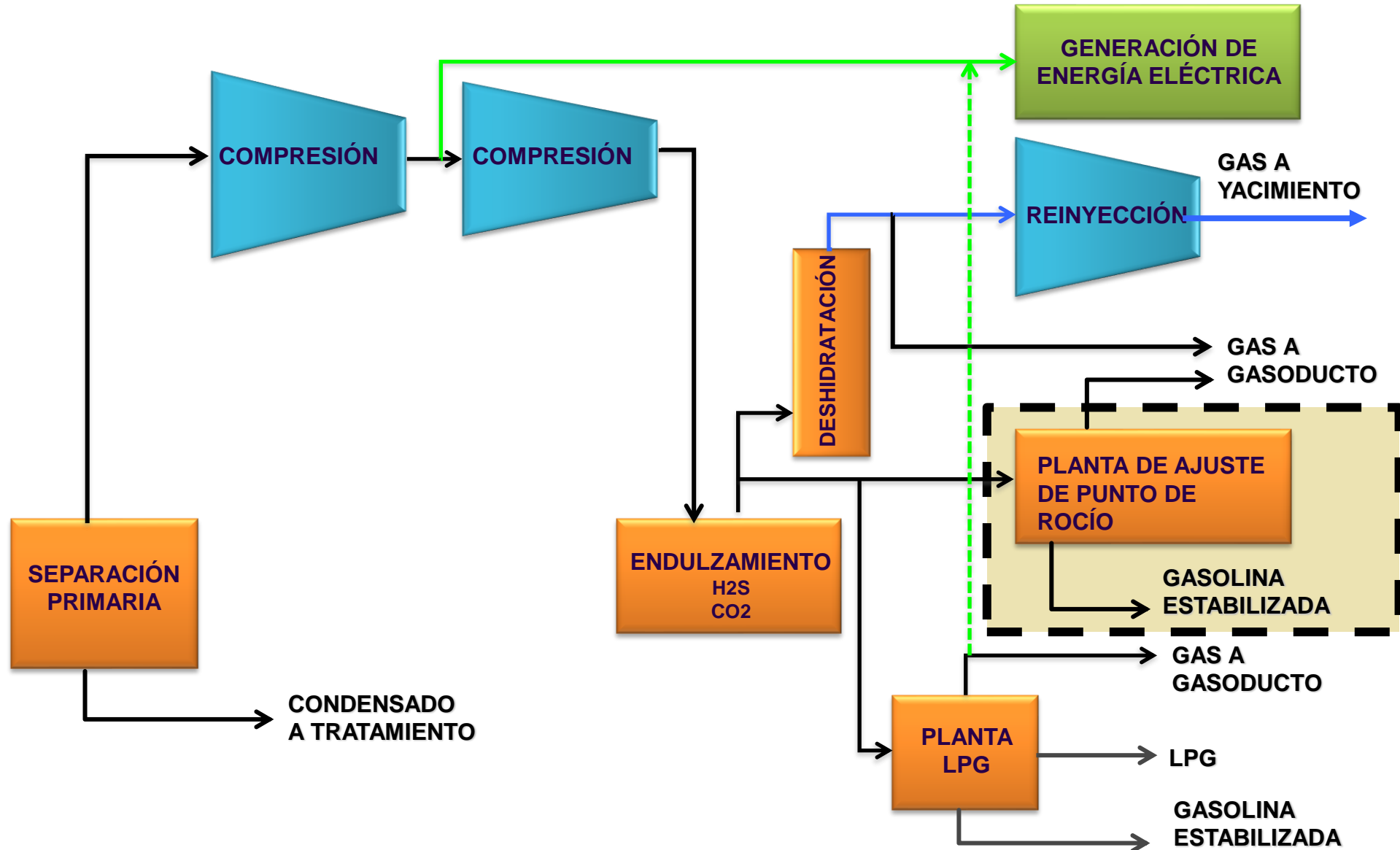


5.- AJUSTE DE PUNTO DE ROCÍO

ESQUEMA TÍPICO DE PROCESAMIENTO



Ajuste Punto de Rocío - Objetivos

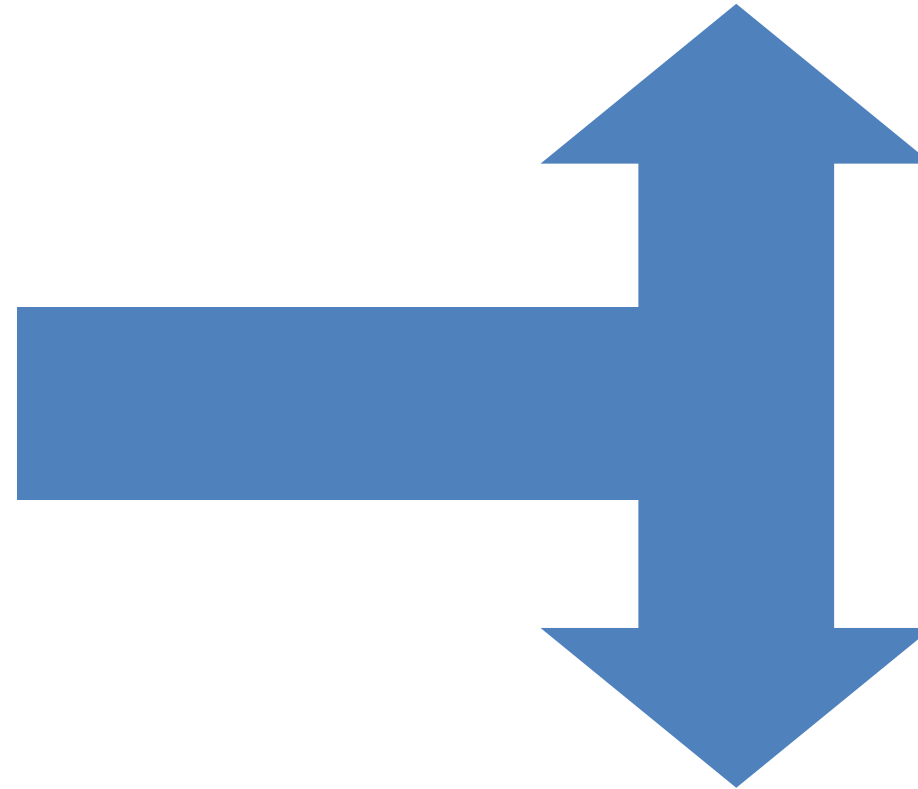
*Satisfacer
Especificación del
Gas Natural*

**Gas de Entrada
(C1, C2, C3, C4, C5+)**

*Recuperar
Líquidos*

**Gas de Venta
(C1, C2, C3, C4)**

**Gasolina
(C4, C5+)**



Ajuste Punto de Rocío – Datos de Alimentación

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| PRESIÓN | 66 Kg/cm ² (G) |
| TEMPERATURA | 50 °C |
| COMPOSICIÓN (Base Seca) | % molar |
| N ₂ | 0.30 |
| CO ₂ | 0.70 |
| C ₁ | 87.70 |
| C ₂ | 5.00 |
| C ₃ | 3.00 |
| iC ₄ | 1.00 |
| nC ₄ | 0.60 |
| iC ₅ | 0.50 |
| nC ₅ | 0.40 |
| C ₆ | 0.50 |
| C ₇₊ | 0.30 |
| TOTAL | 100.00 |

Alimentación
(ejemplo)

Ajuste Punto de Rocío – Especificaciones de Productos

GAS

CAUDAL

1

MMSCMD

PUNTO DE ROCÍO HC (máx)

-4

°C a 55 bar (a)

CANTIDAD DE AGUA (máx)

65

mg/SCM

PRESION MÍNIMA

64

Kg/cm² (g)

TEMPERATURA MÁXIMA

50

°C

GASOLINA

RVP (máx)

12

psi@ 38°C

PRESION MÍNIMA

3

Kg/cm² (g)

TEMPERATURA MÁXIMA

50

°C

Productos
(ejemplo)

Ajuste Punto de Rocío – Alternativas Tecnológicas

ENFRIAMIENTO Y SEPARACIÓN

- Refrigeración Mecánica (Mech. Ref.)
- Auto-refrigeración
 - Válvula de Expansión (JT Valve)
 - Turbo-Expansión (Turboexpansion)
 - Otros (Vortex Tube, Supersonic Separation/Twister)

ADSORCIÓN

- TSA (Temperature Swing Adsorption)
- PSA (Pressure Swing Adsorption)

ABSORCIÓN

- Lean Oil
- Refrigerated Lean Oil

DIFUSIÓN

- Membranas

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Refrigeración Mecánica

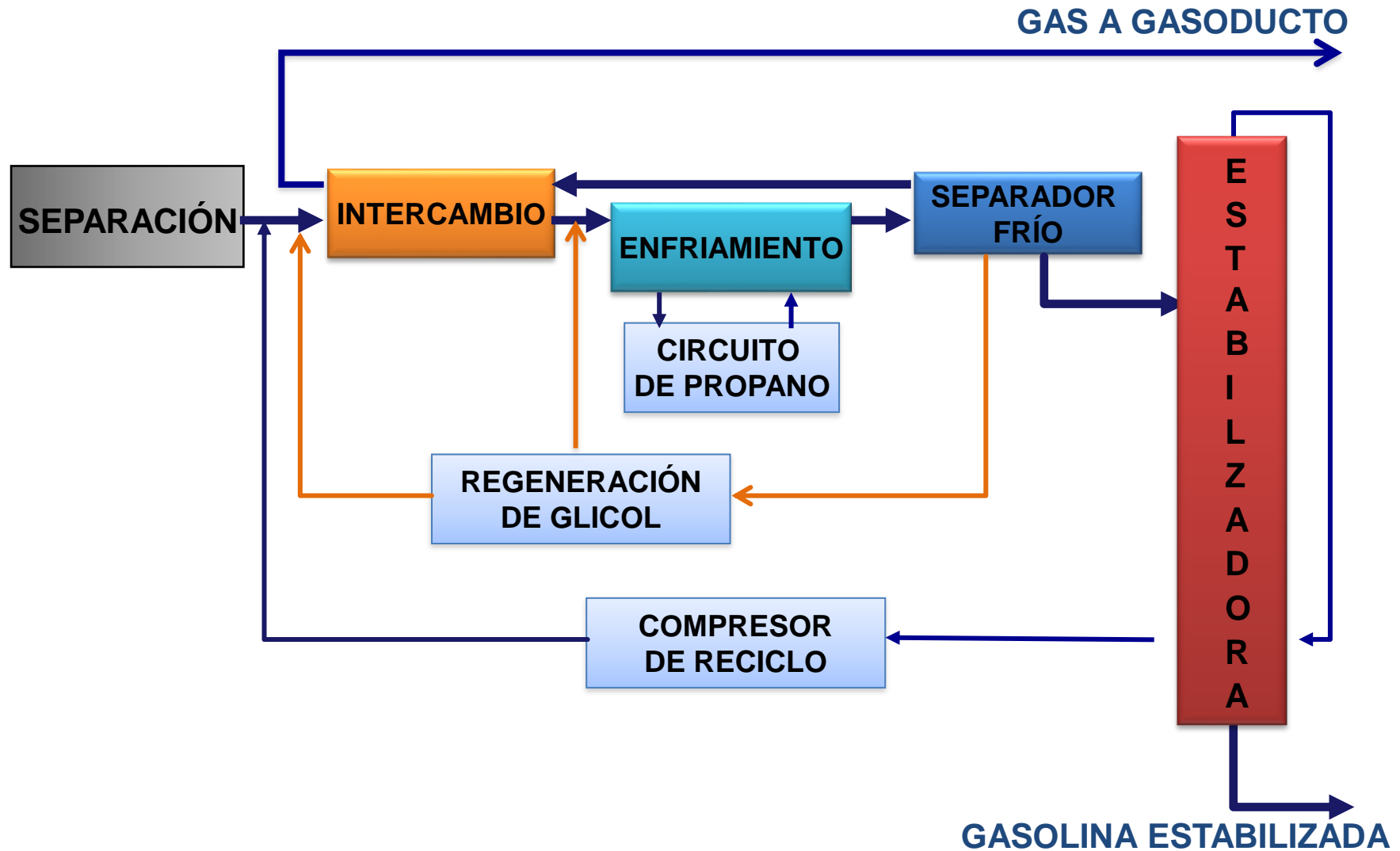
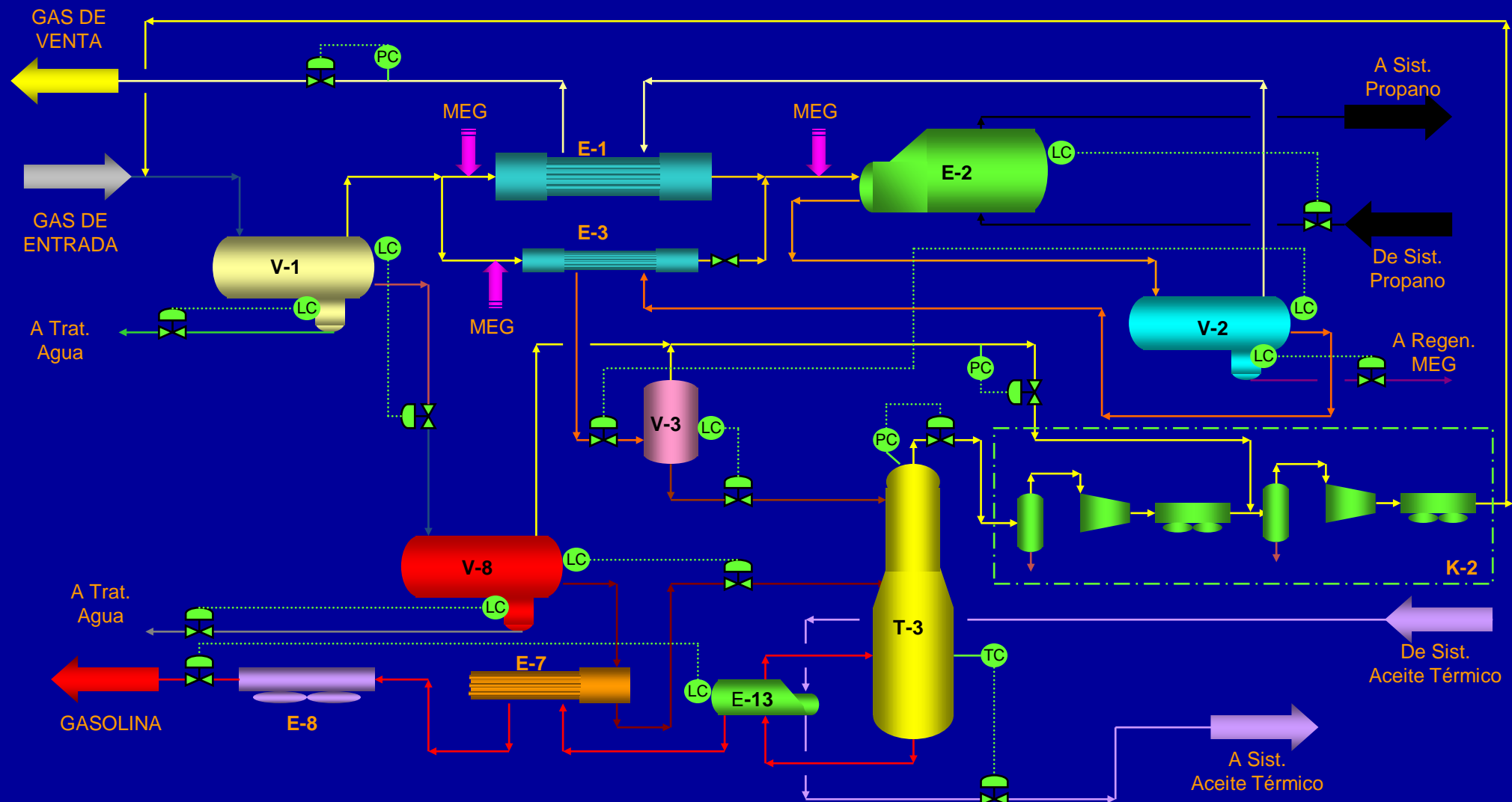


Diagrama de Proceso - Entrada, Enfriamiento y Estabilización



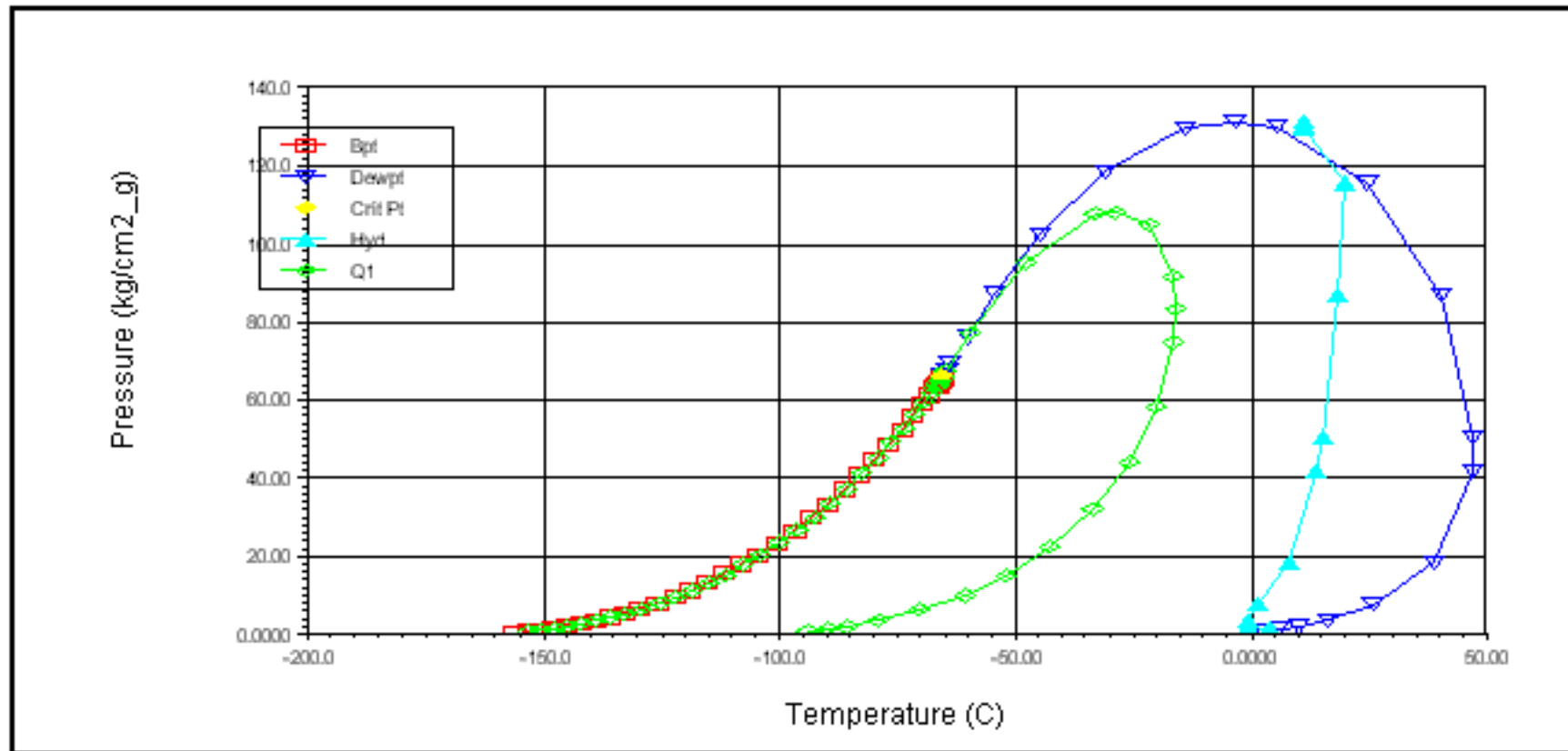
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Filtro-Separador (V1)



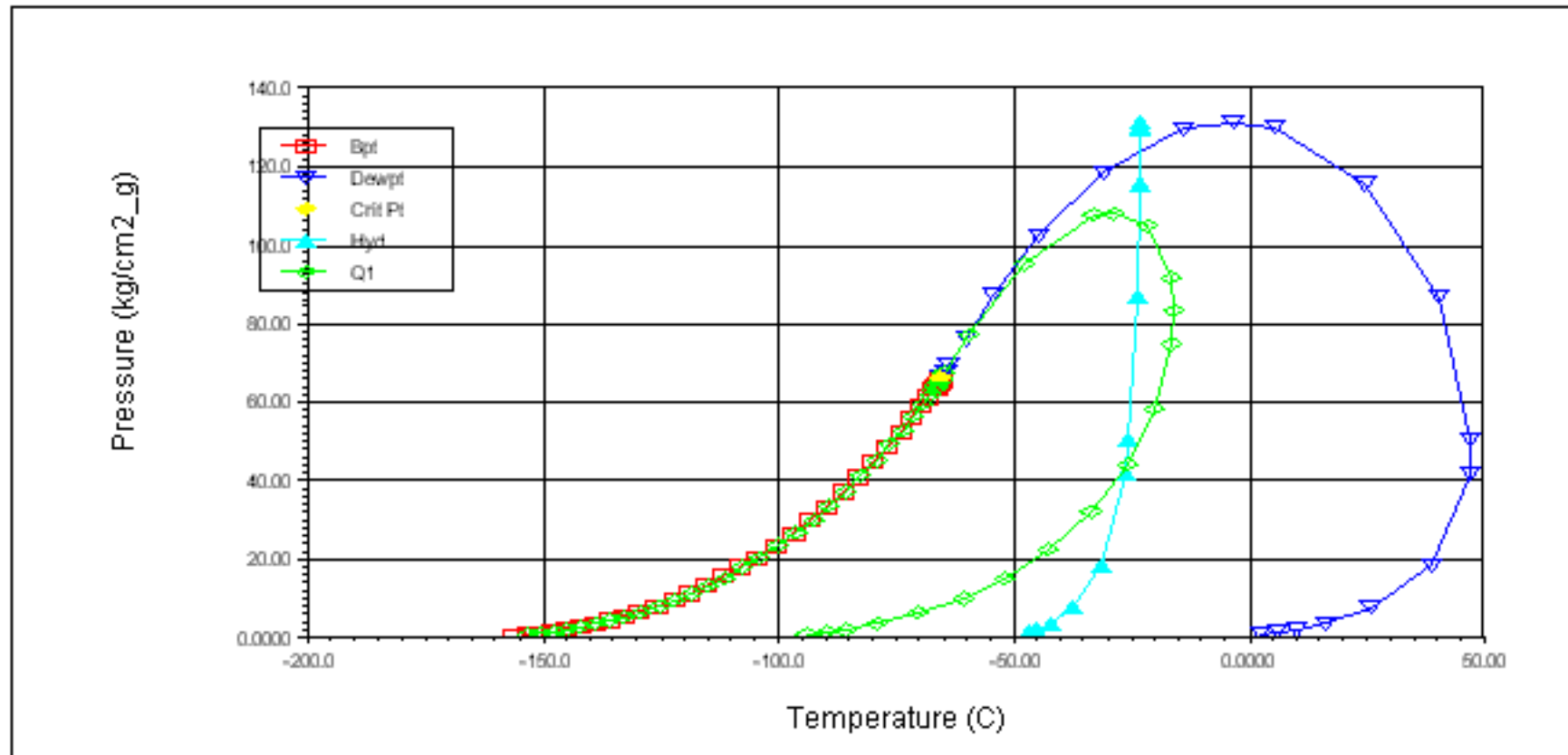
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Refrigeración Mecánica



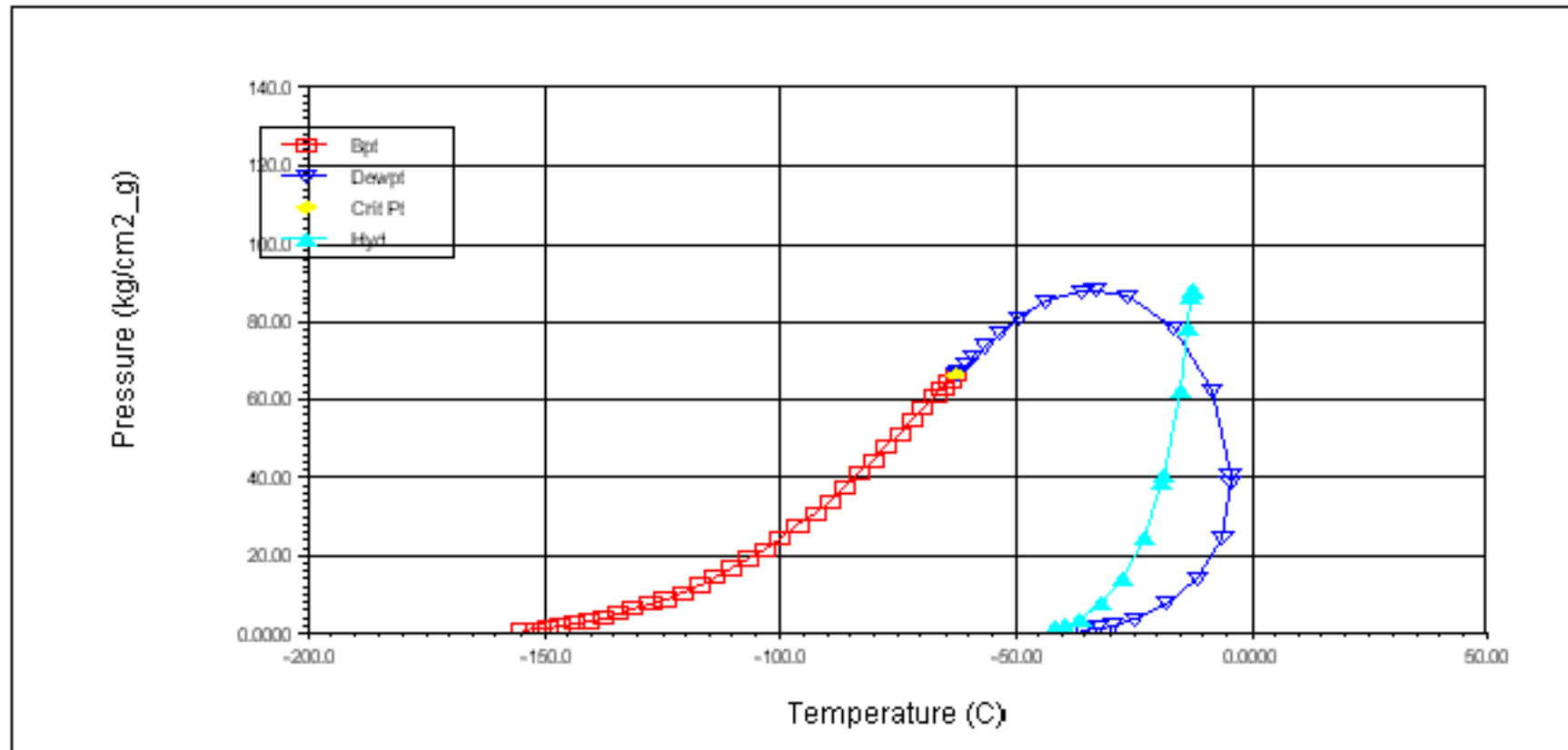
Curva Envolvente - Gas de Entrada



Curva Envolvente - Gas de Entrada a Sep. Frío

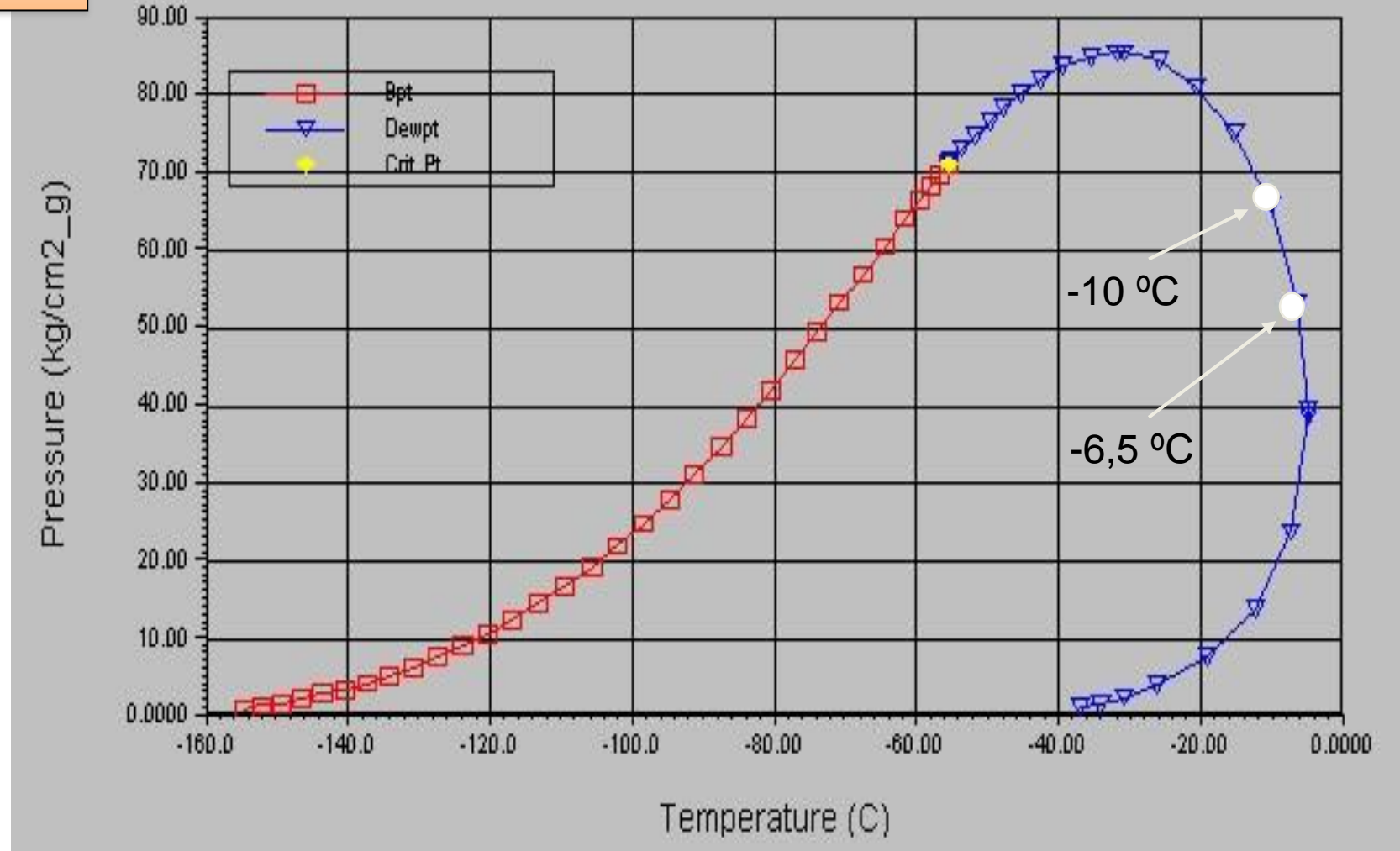


Curva Envolvente - Gas de Venta



Ajuste Punto de Rocío – Condensación Retrógrada

CURVA ENVOLVENTE P vs. T
Salida de separador frío



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Refrigeración Mecánica

BALANCE DE MASA Y ENERGIA (Separador Frío: -10°C)

| | | GAS ENTRADA | | GAS SALIDA | | GASOLINA | | | GAS RECICLO | | |
|--------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------|--------------|---------------|-----------|
| Fracción de Vapor | | 1 | | 1 | | 0 | | | 1 | | |
| Temperatura | °C | 50 | | 41 | | 125,2 | | | 25,4 | | |
| Presión | kg/cm2 | 67 | | 66,3 | | 7,2 | | | 7 | | |
| Flujo Molar | Sm3/día | 1000000 | | 985729 | | --- | | | 86666 | | |
| Flujo Másico | kg/h | 34687 | | 32480 | | 2130 | | | 5153 | | |
| Entalpía | MM kcal/h | 4,34 | | 4,03 | | 0,11 | | | 0,48 | | |
| Densidad gas | kg/m3 | 56,05 | | 54,25 | | | | | 9,98 | | |
| Peso Molecular | | 19,64 | | 18,70 | | 84,69 | | | 33,74 | | |
| Z Factor | | 0,8568 | | 0,8579 | | --- | | | 0,9346 | | |
| Densidad Liq. | kg/m3 | --- | | --- | | 661,5 | | | --- | | |
| COMPOSICIÓN | | | | | | | | | | | |
| | | Kmol/ h | % mol * | Kmol/ h | % mol * | Kmol/ h | % mol * | % recup | Kmol/ h | % mol * | % reciclo |
| N2 | | 5,3 | 0,30% | 5,3 | 0,31% | 0 | 0,00% | 0% | 0,1 | 0,07% | 2% |
| CO2 | | 12,3 | 0,70% | 12,3 | 0,71% | 0 | 0,00% | 0% | 1,2 | 0,79% | 10% |
| C1 | | 1545,7 | 87,70% | 1545,7 | 88,97% | 0 | 0,00% | 0% | 70,2 | 45,97% | 5% |
| C2 | | 88,1 | 5,00% | 88,1 | 5,07% | 0 | 0,00% | 0% | 16,4 | 10,74% | 19% |
| C3 | | 52,9 | 3,00% | 52,9 | 3,04% | 0 | 0,00% | 0% | 27,4 | 17,94% | 52% |
| i-C4 | | 17,6 | 1,00% | 17,4 | 1,00% | 0,24 | 0,95% | 1% | 18,3 | 11,98% | 104% |
| n-C4 | | 10,6 | 0,60% | 9,7 | 0,56% | 0,86 | 3,42% | 8% | 13,1 | 8,58% | 124% |
| i-C5 | | 8,8 | 0,50% | 3,1 | 0,18% | 5,71 | 22,69% | 65% | 3,4 | 2,23% | 39% |
| n-C5 | | 7 | 0,40% | 1,9 | 0,11% | 5,19 | 20,63% | 74% | 1,9 | 1,24% | 27% |
| C6 | | 8,8 | 0,50% | 0,9 | 0,05% | 7,94 | 31,56% | 90% | 0,7 | 0,46% | 8% |
| C7+ (como C8) | | 5,3 | 0,30% | 0,1 | 0,01% | 5,21 | 20,71% | 98% | 0 | 0,00% | 0% |
| H2O | | 4,2 | | 1,19 | | 0 | | | 0 | | |
| TOTAL | | 1766,7 | 100,0% | 1738,5 | 100,0% | 25,16 | 100,0% | | 152,7 | 100,0% | |

* base seca



Ajuste Punto de Rocío

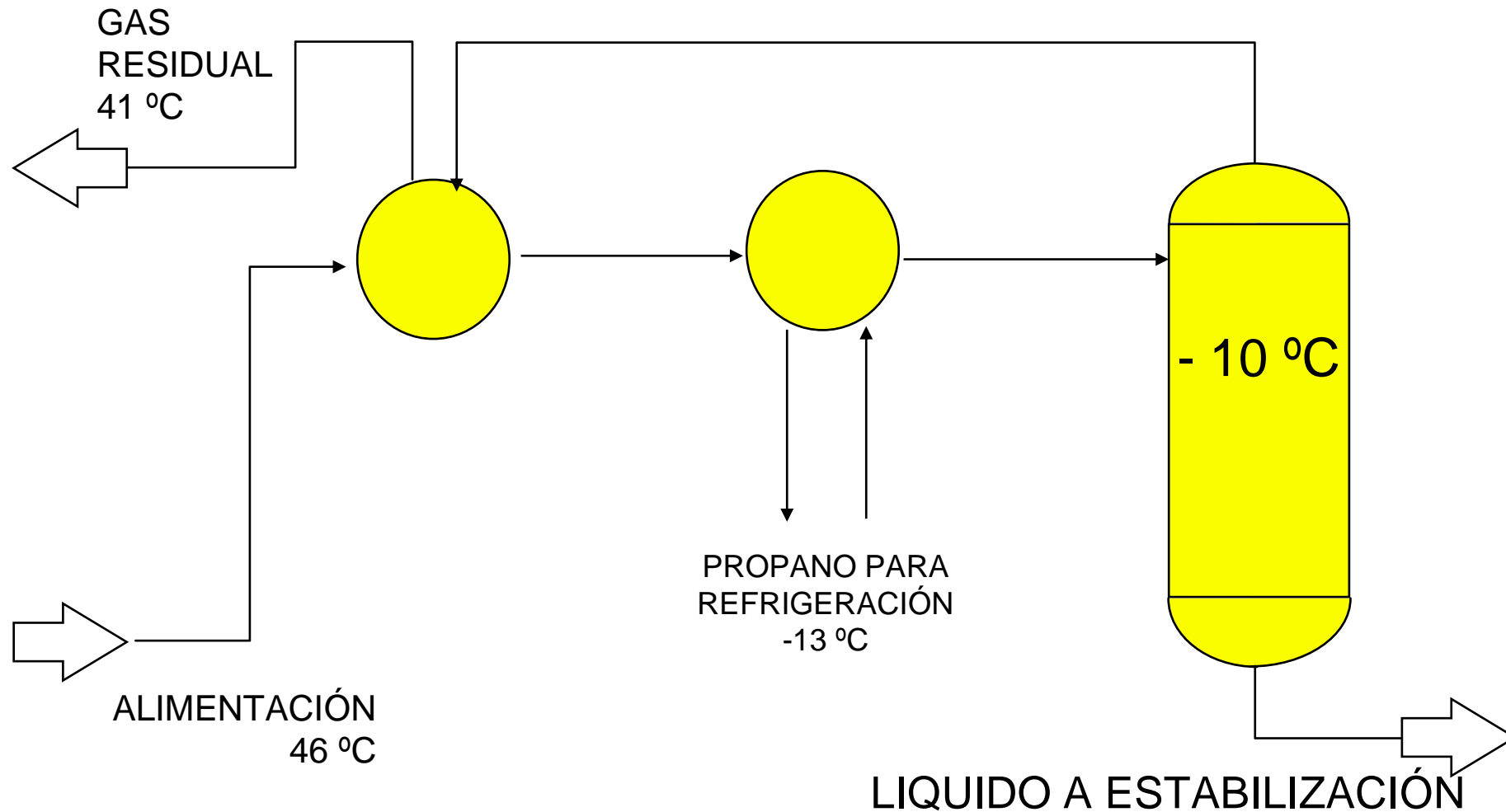
ENFRIAMIENTO

GAS - GAS + CHILLER



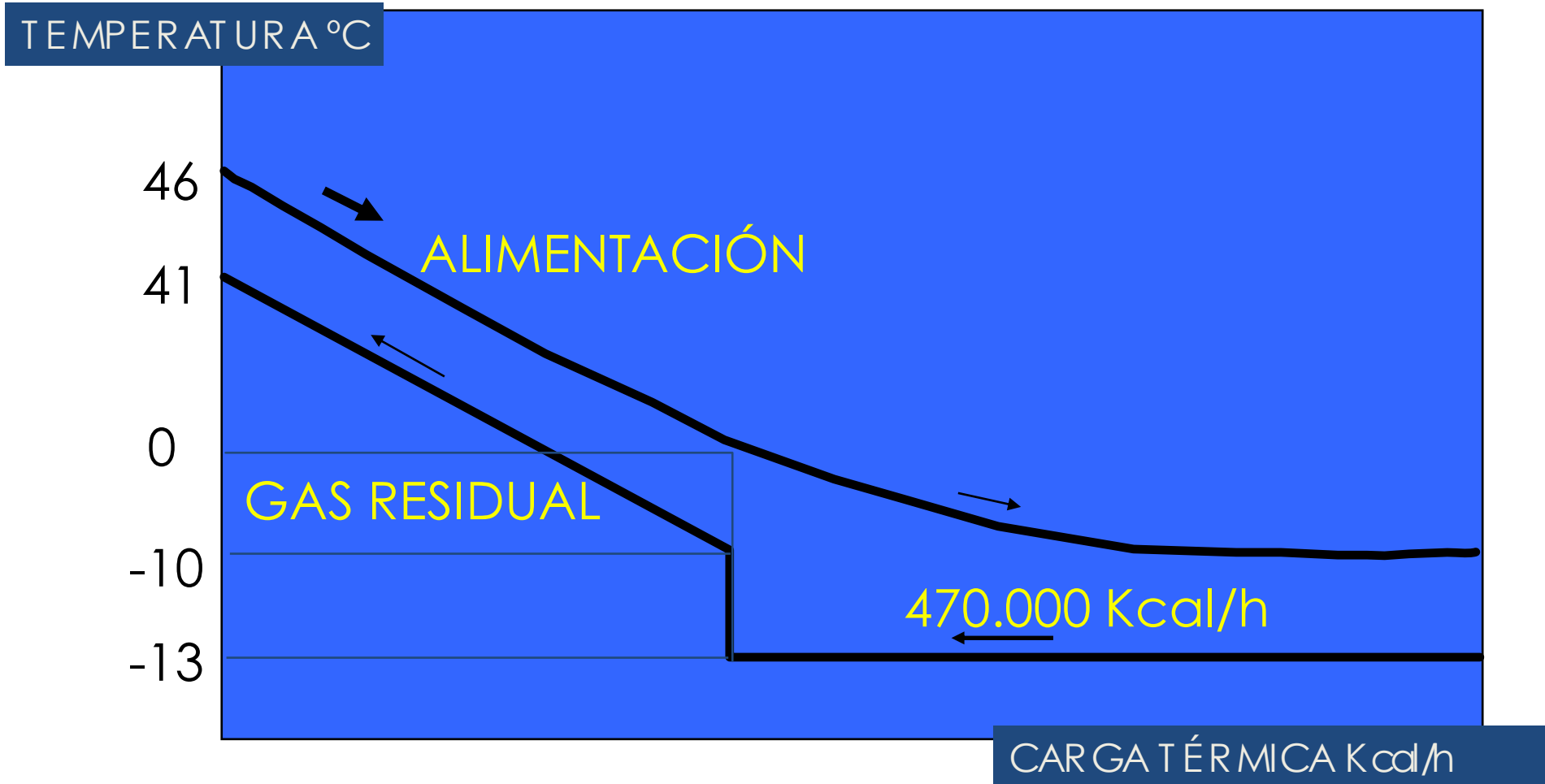
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Refrigeración Mecánica

ESQUEMA DE ENFRIAMIENTO GAS - GAS + CHILLER



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Refrigeración Mecánica

CURVAS DE INTERCAMBIO CALÓRICO



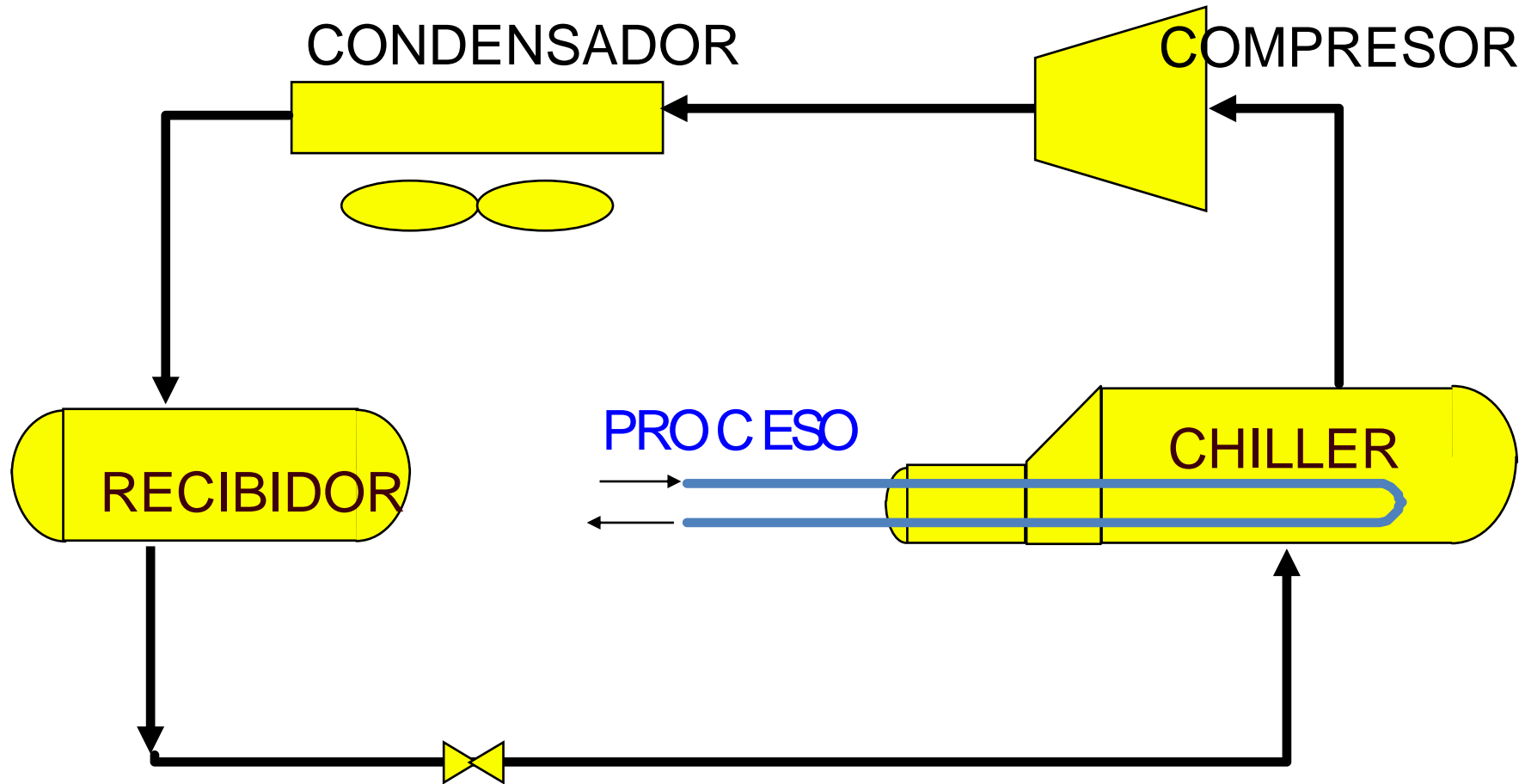
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Intercambiadores gas-gas



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Chiller y Sep. Frío



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de Refrigeración



Esquema sin Economizador

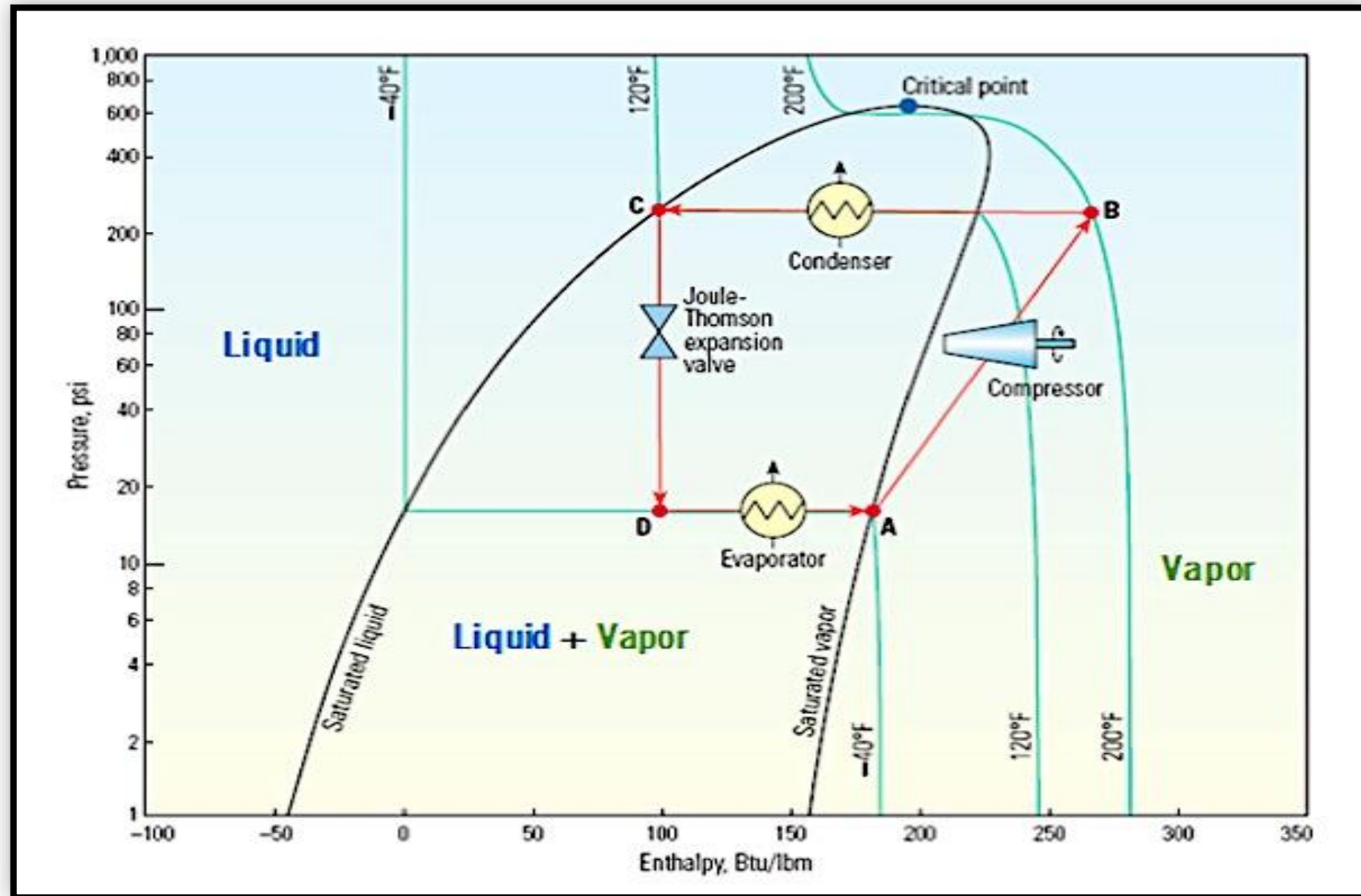
CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN: Funcionamiento

La base del **proceso de Refrigeración** es la “entrega de frío” al fluido de proceso, por parte del refrigerante, mediante su evaporación.

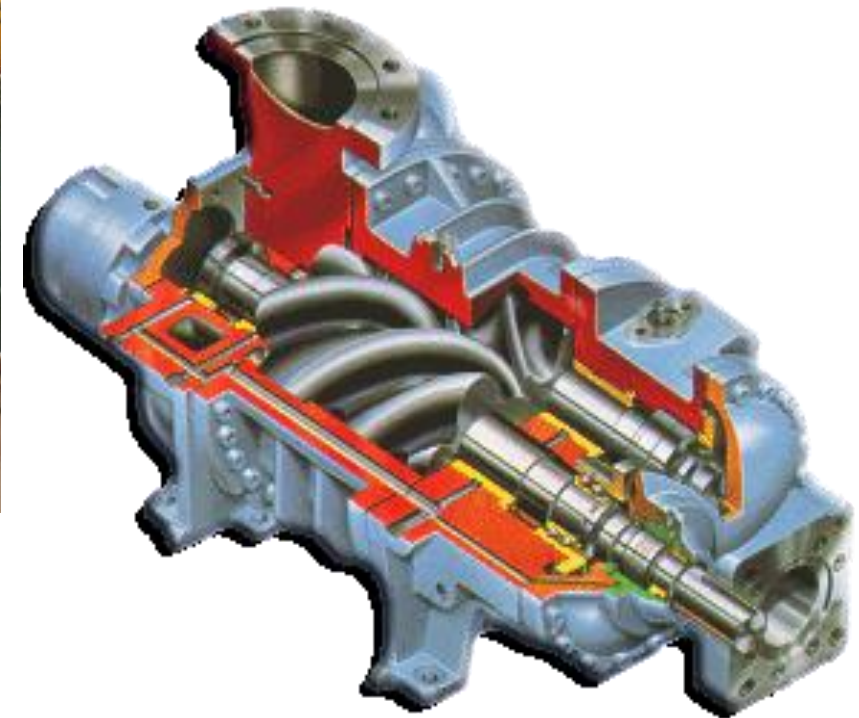
Para ello, el refrigerante debe estar a una presión tal que su **temperatura de evaporación sea inferior a la requerida en el fluido de proceso.**

Se eligen refrigerantes que a la temperatura de enfriamiento, tengan su **presión de equilibrio, por encima de la atmosférica.**

CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN: Diagrama de Propano



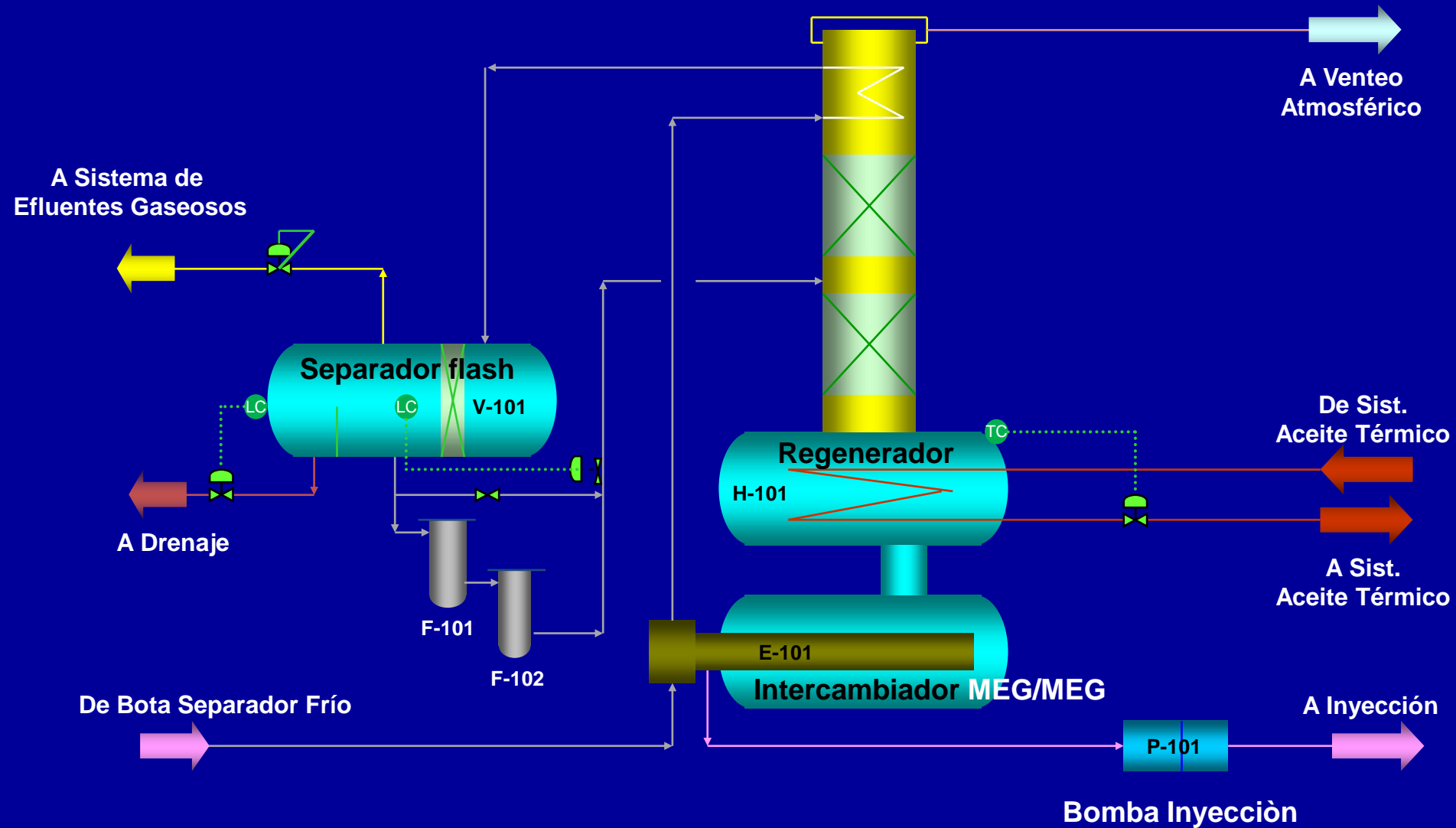
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Compresor Propano



**SISTEMA DE INYECCION
Y REGENERACION
DE MEG**



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de MEG



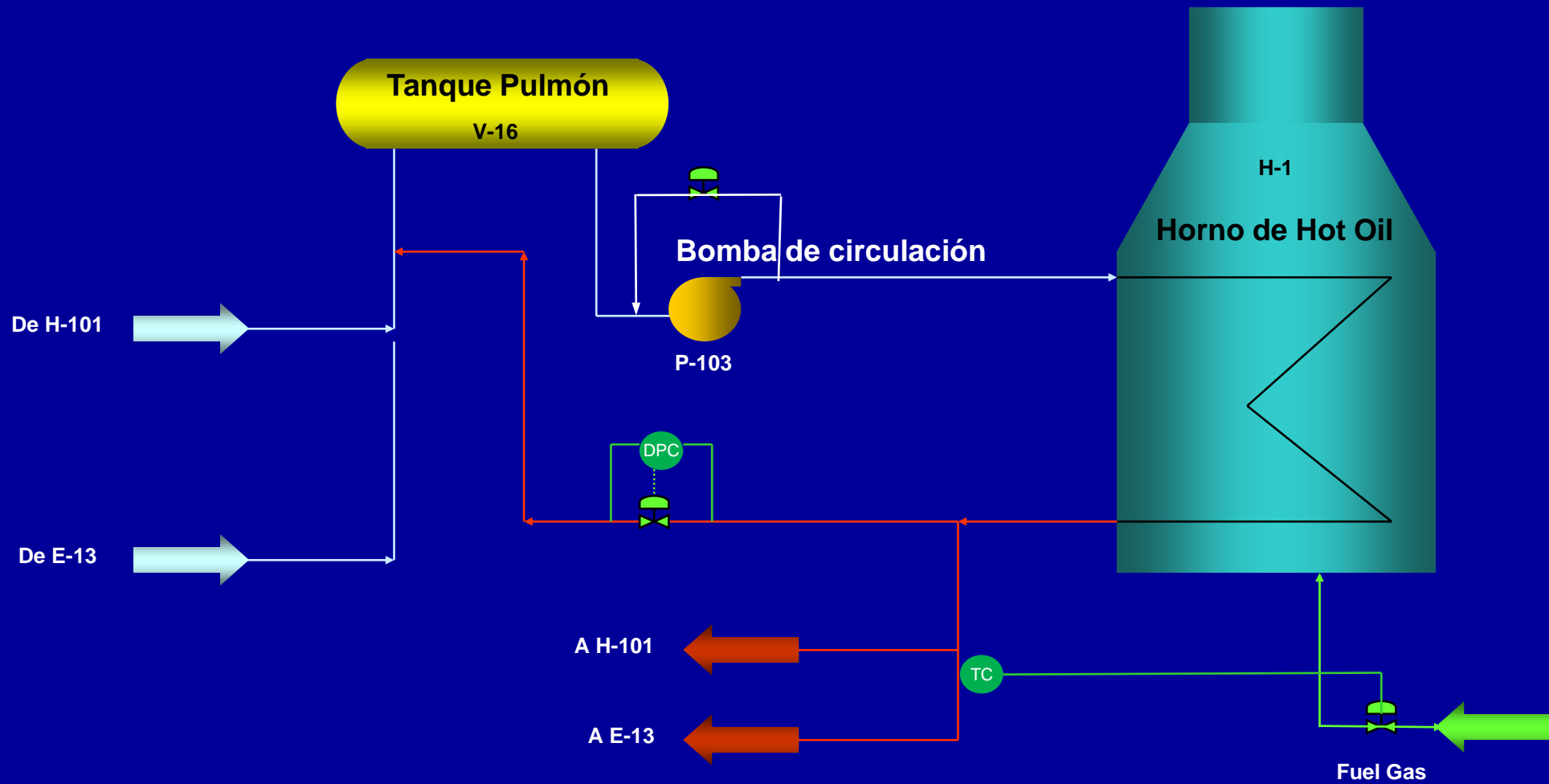
Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de MEG



**SISTEMA DE ACEITE TERMICO
(HOT OIL)**



CIRCUITO DE ACEITE TÉRMICO (HOT OIL): Diagrama



CIRCUITO DE ACEITE TÉRMICO (HOT OIL) Controles

Se controla la **temperatura** de salida del Aceite Térmico del Horno con el gas combustible. En ningún caso debe superarse la temperatura máxima de operación indicada por el proveedor del Aceite.

El Aceite Térmico va a calentar los distintos equipos que lo requieran, por ejemplo el **Reboiler de la Torre Estabilizadora** y el **Regenerador de Glicol**

Cada uno de estos equipos tiene un **control de temperatura** que acciona una válvula de control en la línea de Aceite Térmico correspondiente.

Para que las Bombas tengan flujo, independientemente de que los equipos requieran o no aceite térmico, hay un **control de caudal mínimo** con una recirculación hacia la succión de las bombas.

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de Hot Oil



SISTEMA DE ESTABILIZACION DE GASOLINA Y CONDENSADO

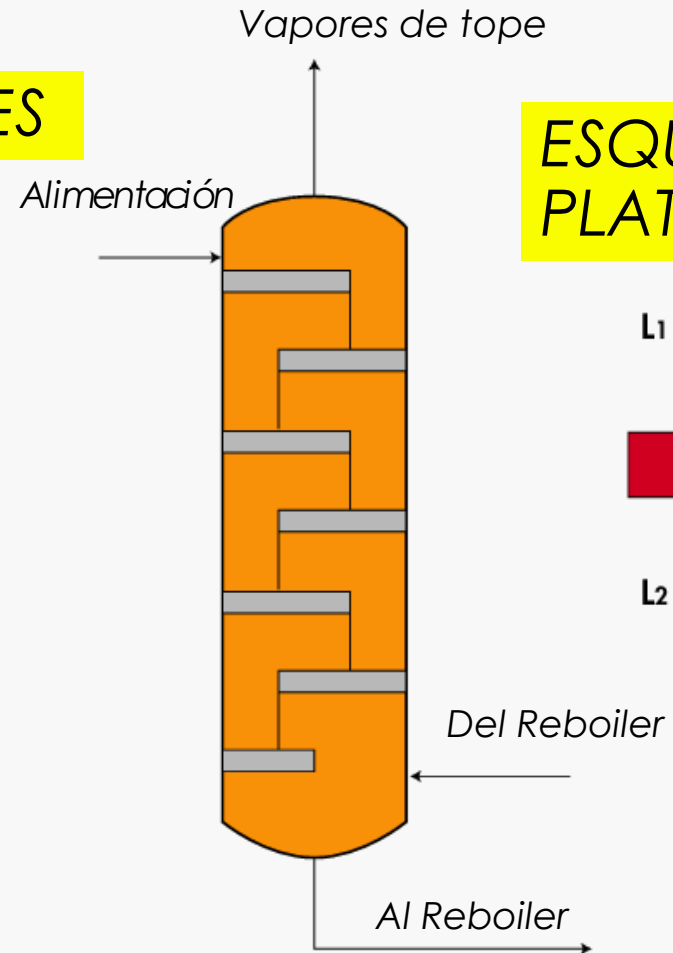
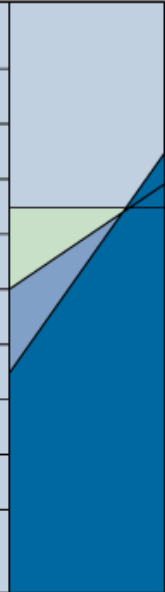


Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Estabilización de Gasolina

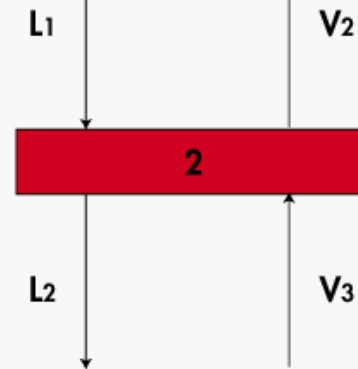
COMPONENTES

Pv (100 °F)
psia

| | | |
|-----|------|--|
| C1 | | |
| C2 | | |
| C3 | 188 | |
| iC4 | 73 | |
| nC4 | 52 | |
| iC5 | 21 | |
| nC5 | 16 | |
| nC6 | 5.0 | |
| nC7 | 1.6 | |
| nC8 | 0.54 | |



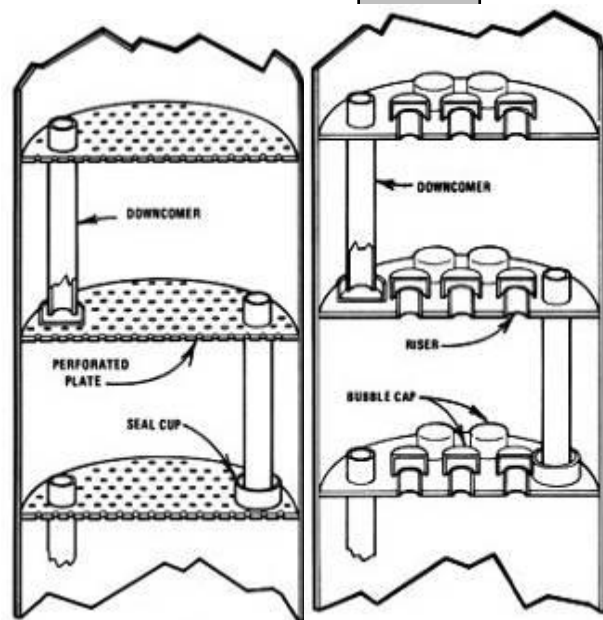
ESQUEMA DE PLATO



TORRE ESTABILIZADORA

Torre Estabilizadora: Internos

PLATOS

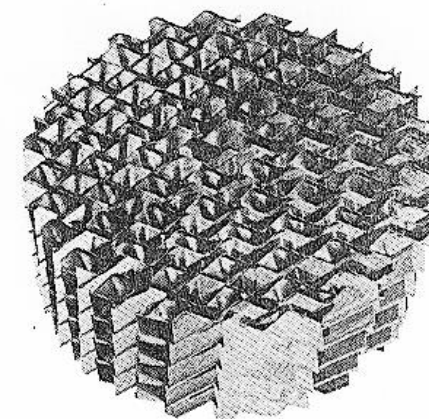
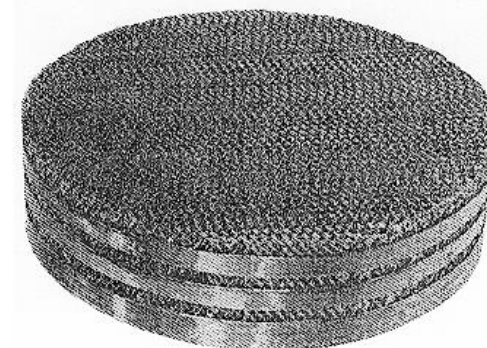


RELLENO
DESORDENADO



RELLENO
ORDENADO

Structured Packing



Courtesy of Koch Engineering Co.

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de estabilización



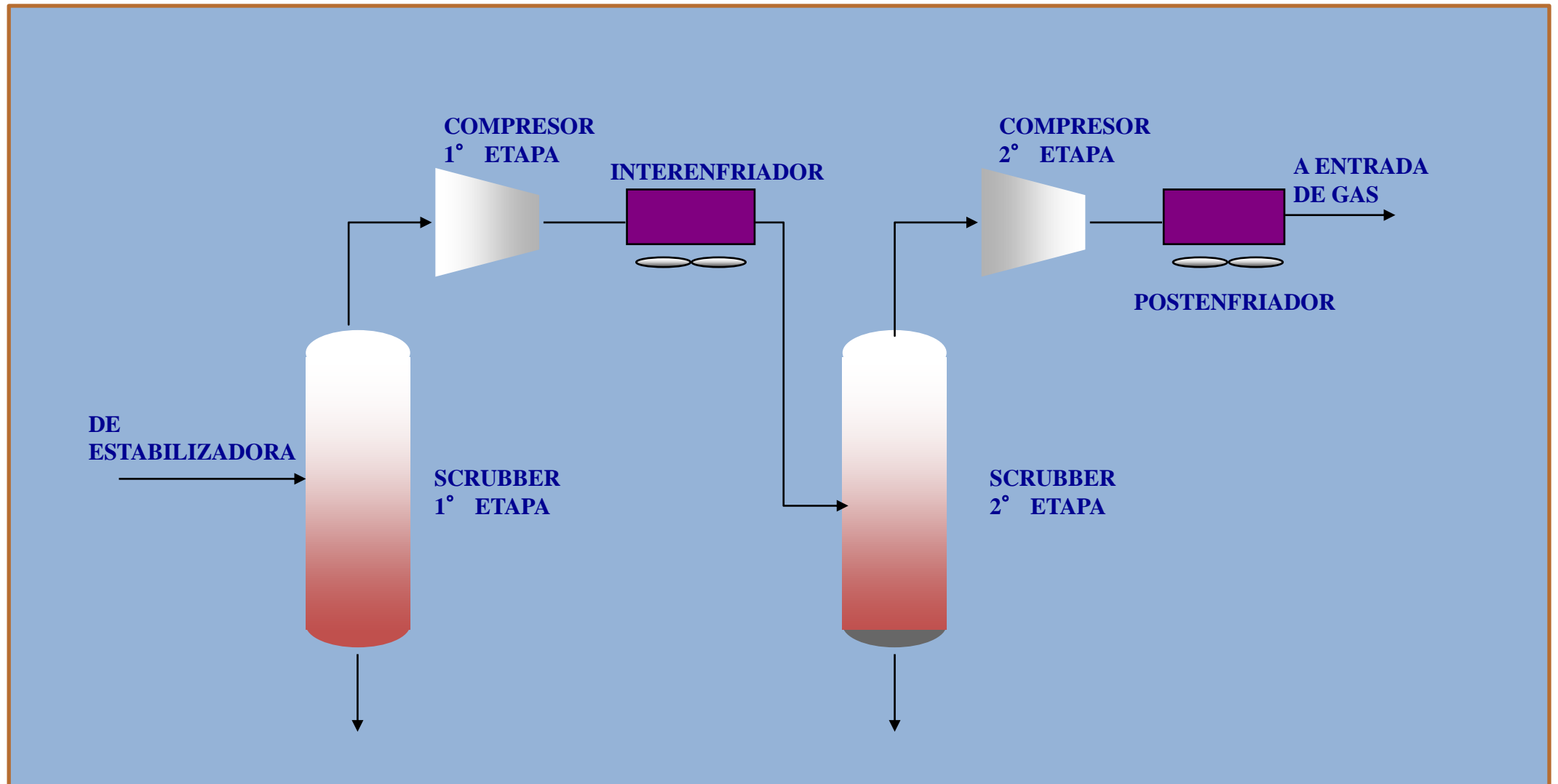


Ajuste Punto de Rocío

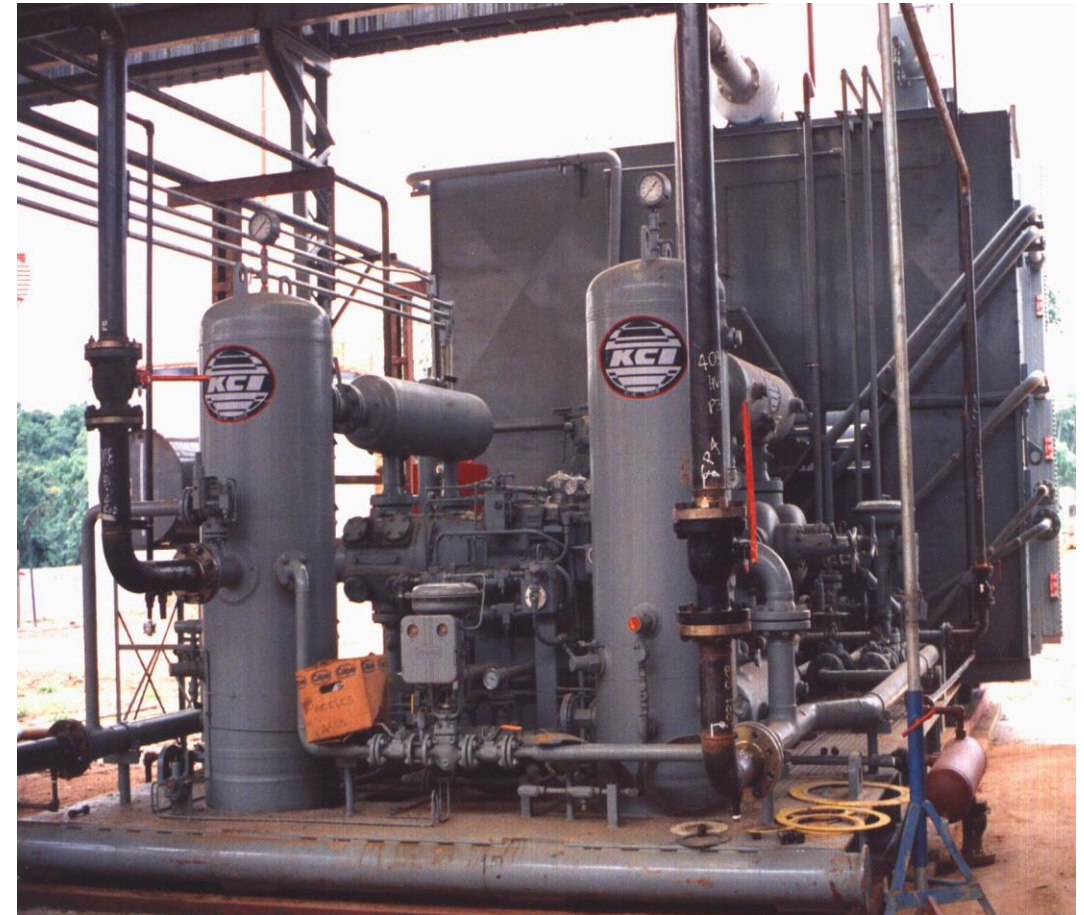
SISTEMA DE RECICLO



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de Reciclo



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de Reciclo



ANEXO

- **Sistema de Refrigeración (Economizador):**
 - Concentración y caudal de inyección de MEG
 - Diseño y Control de la Torre Estabilizadora
 - Estrategias de Optimización
-

CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN: Funcionamiento

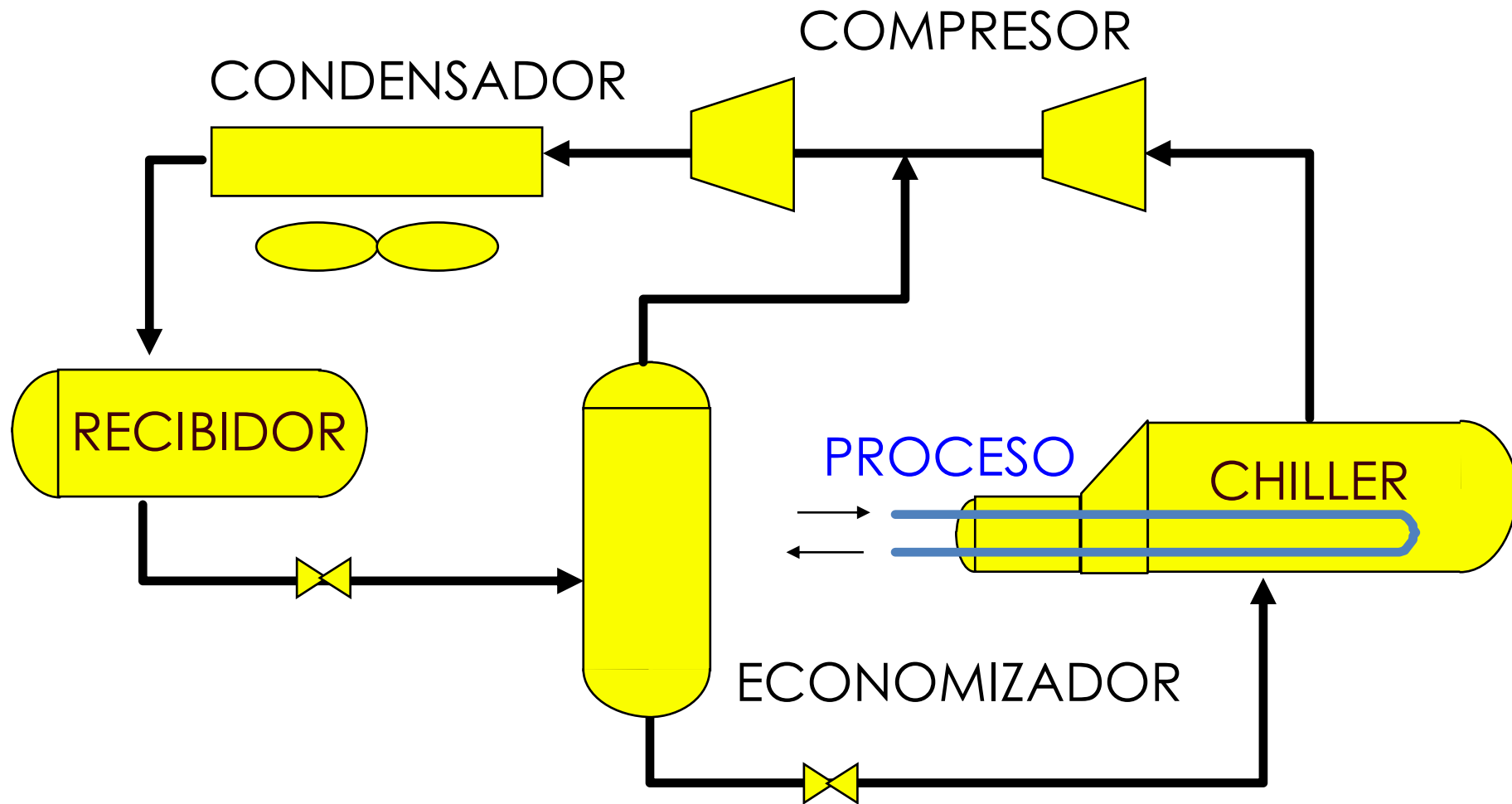
Para enfriar gas natural a temperaturas entre 0°C y -30°C , se utiliza propano, ya que la temperatura de vaporización de propano a 1 bar(abs) es -40°C

Como los vapores generados en el **Chiller** (donde se produce la evaporación) deben condensarse para volver al circuito, debe elegirse un fluido externo que “retire el calor” y lo vuelva líquido.

En general se usa Aire atmosférico a través de un **Aerorrefrigerante**, debiendo ser la temperatura de condensación superior a la del aire, que es el medio enfriador. Si tenemos aire a 40°C debemos condensar propano a algo más que esa temperatura, digamos 45°C , lo que significa que el propano vapor condensándose, debe estar cercano a los 17 bar(abs) (ver diagrama de TV del propano)

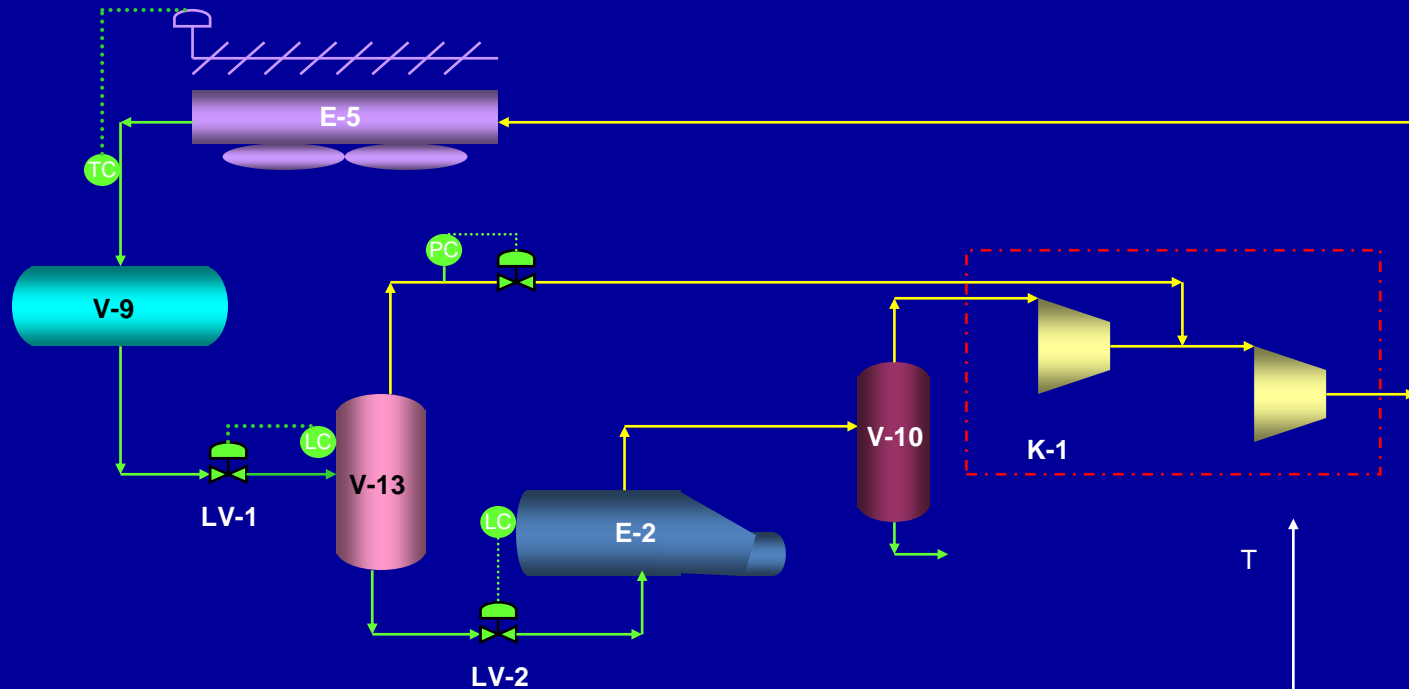
Entonces, los vapores generados en el Chiller a una presión de 2 a 3 bar(abs) deben comprimirse para llevarlos a la presión en que puedan ser condensados con aire, y luego se lo reingrese al Chiller; para este proceso se usa un Compresor (usualmente **compresor a tornillo**)

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Sistema de Refrigeración



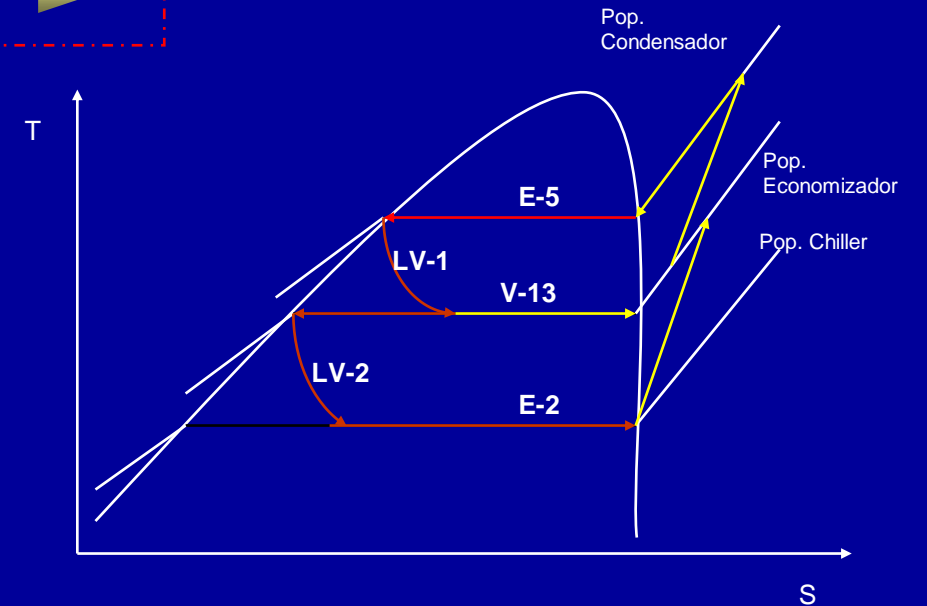
Esquema con Economizador

Diagrama de Proceso - Circuito de Refrigeración con Economizador



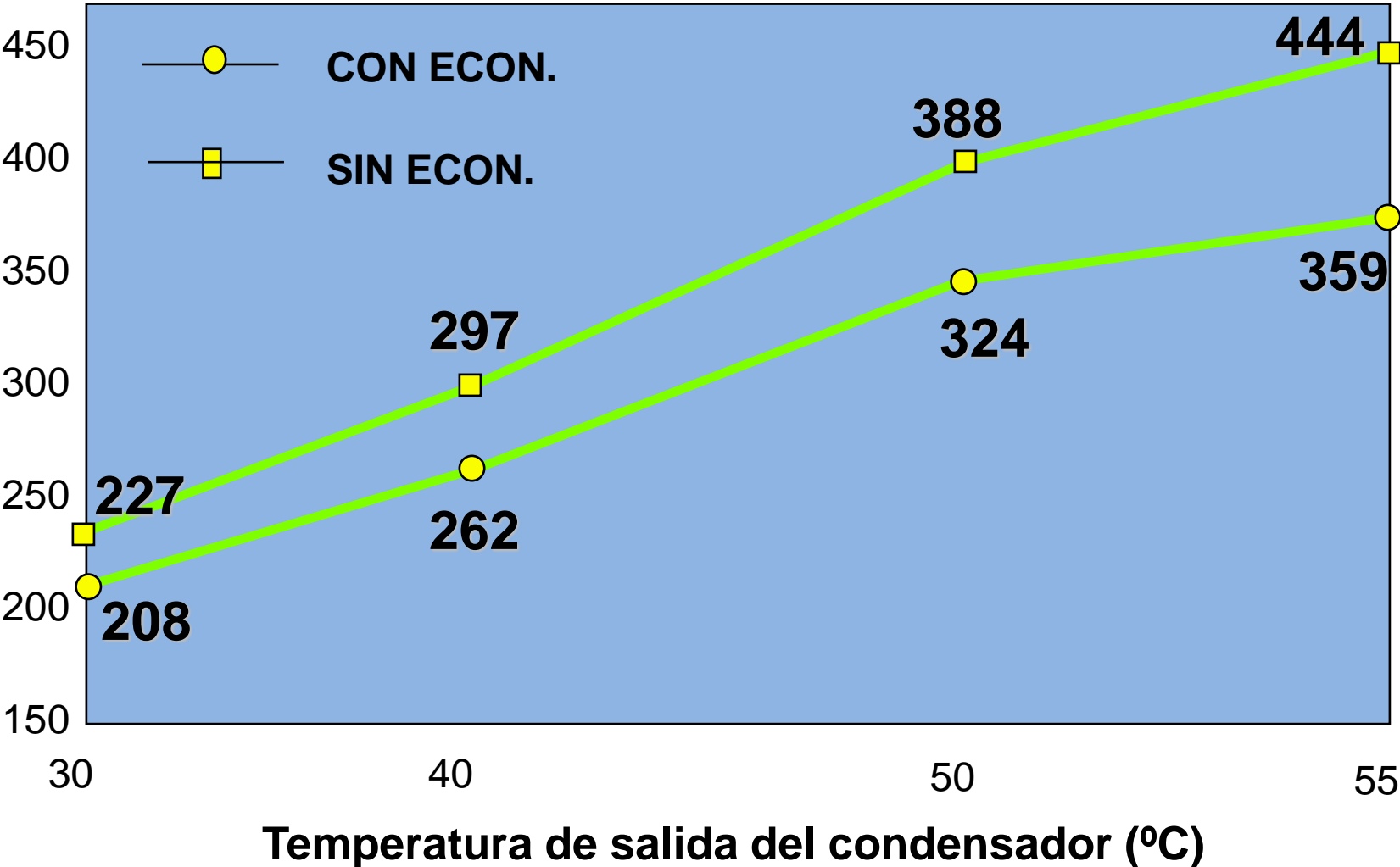
$$BE: |QE-2| + |QK-1| = |QE-5|$$

$$1 \text{ TR} = 3024 \text{ kcal/h} = 12000 \text{ BTU/h}$$

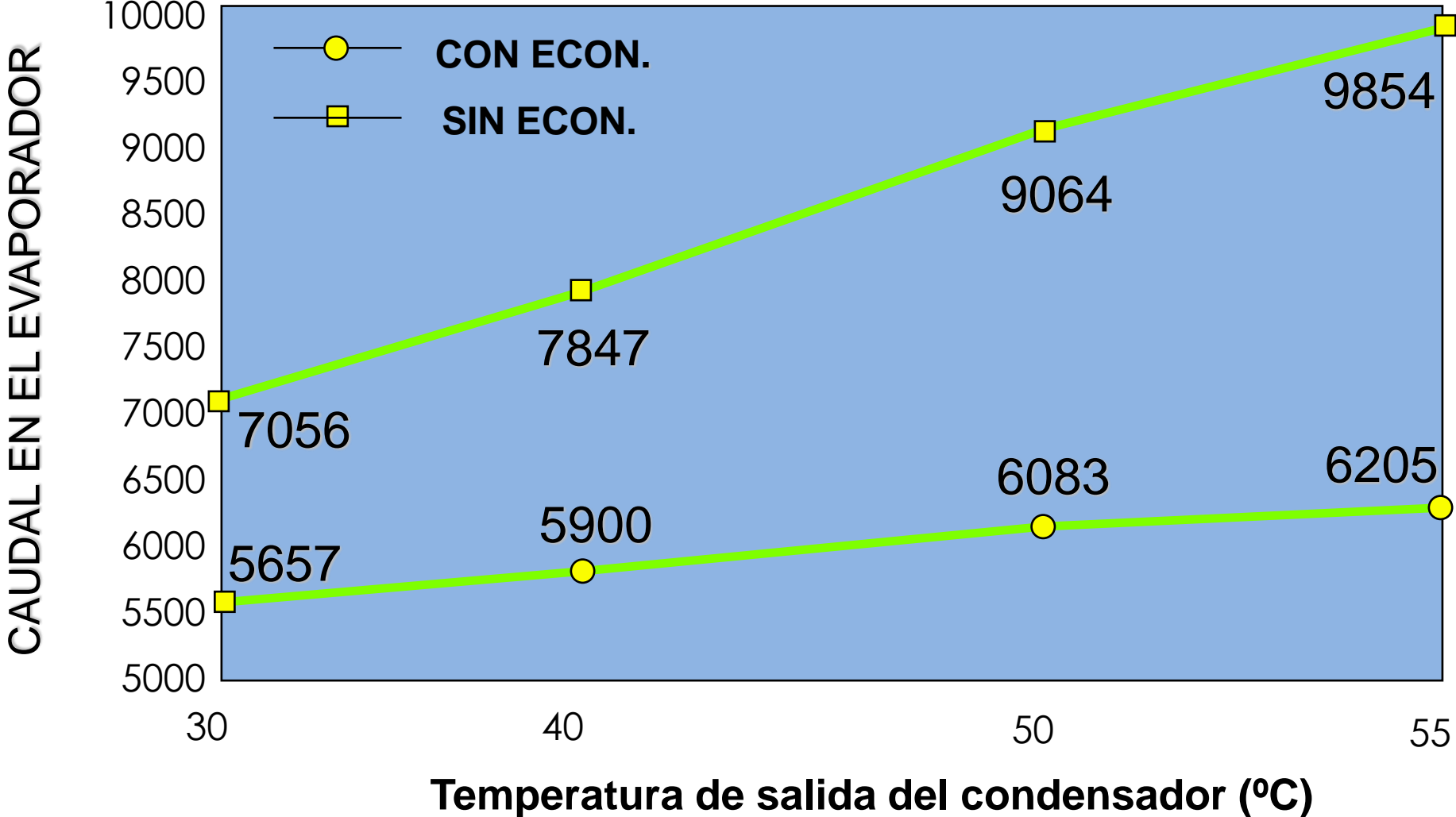


Circuito de Refrigeración: Potencia de Compresión

POTENCIA DE COMPRESION (HP)



Circuito de Refrigeración: Caudal en el Chiller (kg/h)



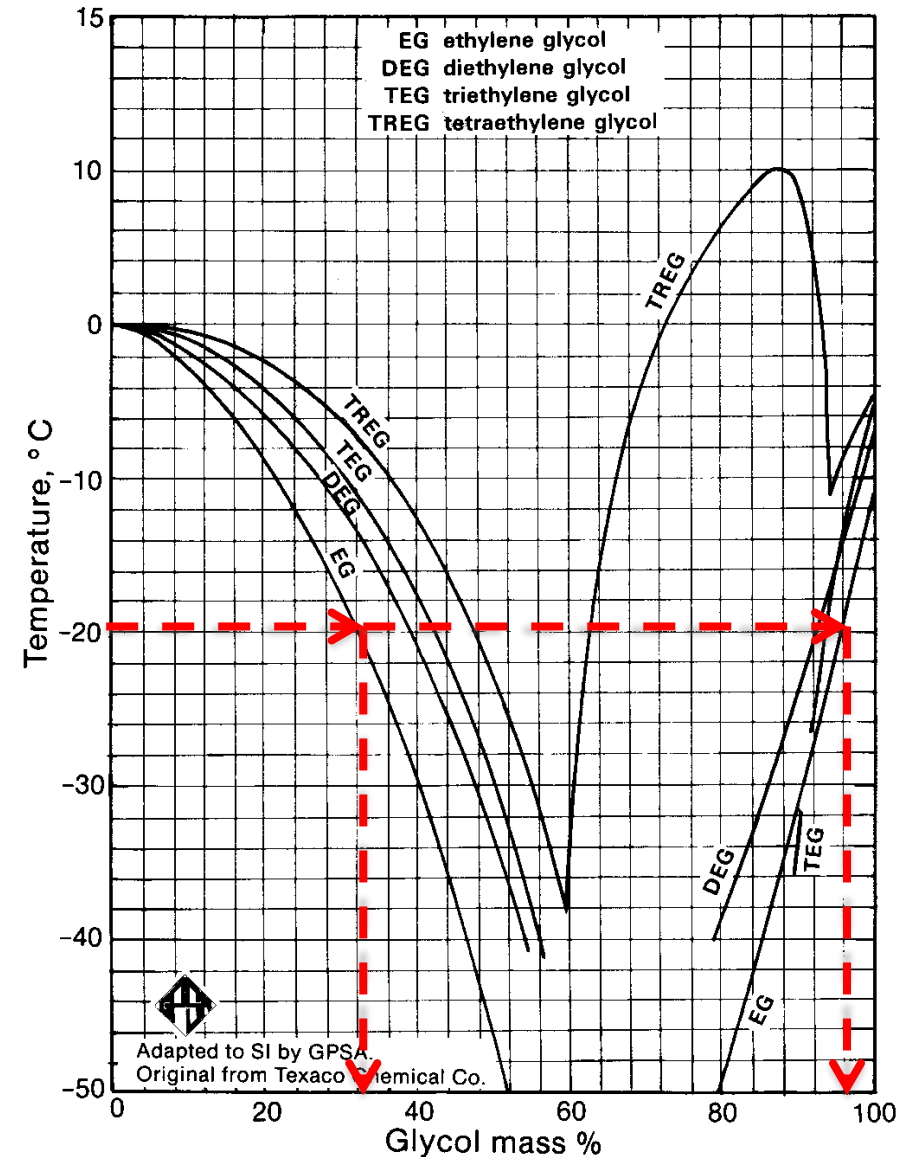
ANEXO

- Sistema de Refrigeración (Economizador):
 - **Concentración y caudal de inyección de MEG**
 - Diseño y Control de la Torre Estabilizadora
 - Estrategias de Optimización
-

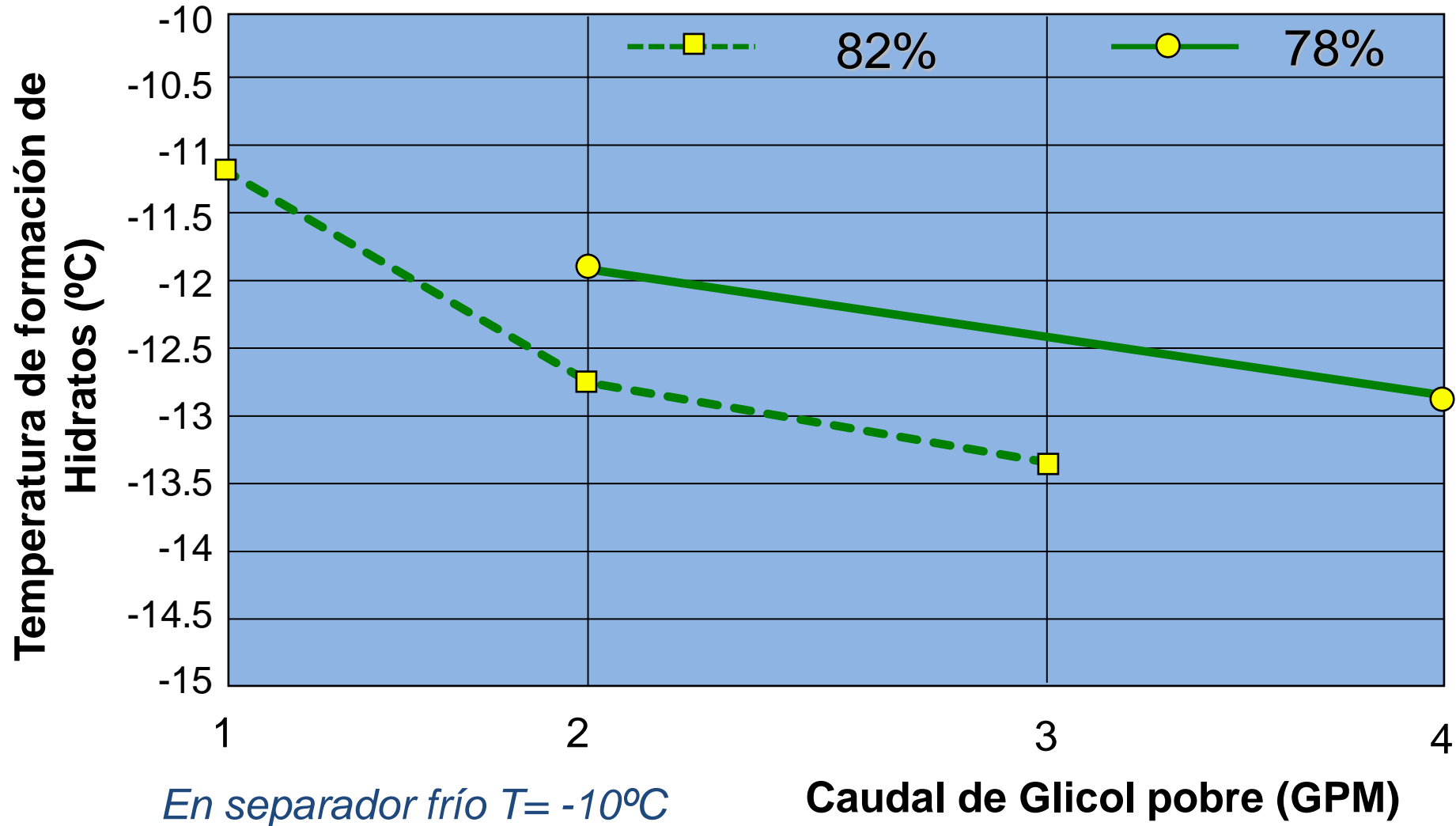
Sistema de MEG: Límites en la concentración de MEG

Freezing points de soluciones acuosas de glicoles

La concentración de MEG debe elegirse de tal manera que cumpla su función de inhibidor, pero que esté dentro de la ventana de concentraciones en las que la solución no congela, a la temperatura mínima del proceso (separador frío). Las curvas de MEG (EG para la figura) da, por ejemplo para una temperatura de -20°C , un rango entre 32 w% y 96 w%. Generalmente se usa un rango entre el 60% y el 84%.



Sistema de MEG: Caudal de Inyección vs. Concentración y Temp.



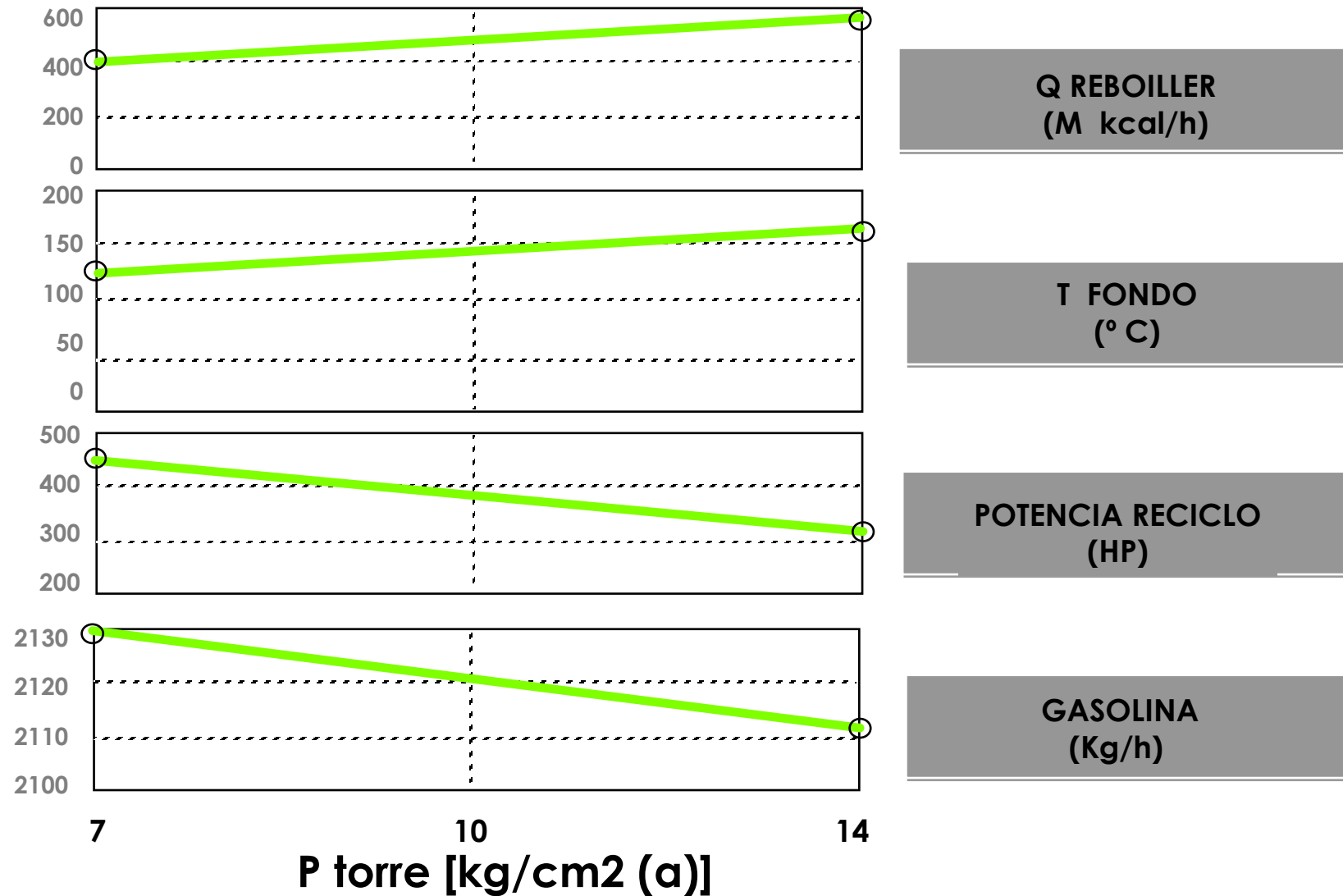
ANEXO

- Sistema de Refrigeración (Economizador):
 - Concentración y caudal de inyección de MEG
 - **Diseño y Control de la Torre Estabilizadora**
 - Estrategias de Optimización
-

Torre Estabilizadora: CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- **Datos para el Diseño:**
 - Alimentación (caudal, composición, P, T)
 - RVP especificada para la gasolina
 - Temperatura de medio calefaccionante
- **Variables de Diseño:**
 - Presión de la torre
 - Tipo de internos
 - Platos
 - Relleno Desordenado
 - Relleno Ordenado
 - Cantidad de Etapas Teóricas

Torre Estabilizadora: Selección de presión



Torre Estabilizadora: CONSIDERACIONES DE CONTROL

Variables principales a Controlar

- Presión en Columna Estabilizadora
- Temperatura de Fondo
- Nivel de Fondo
- Control de Caudal del Aceite Térmico
- Control de Temperatura de Aceite Térmico

Variables a supervisar

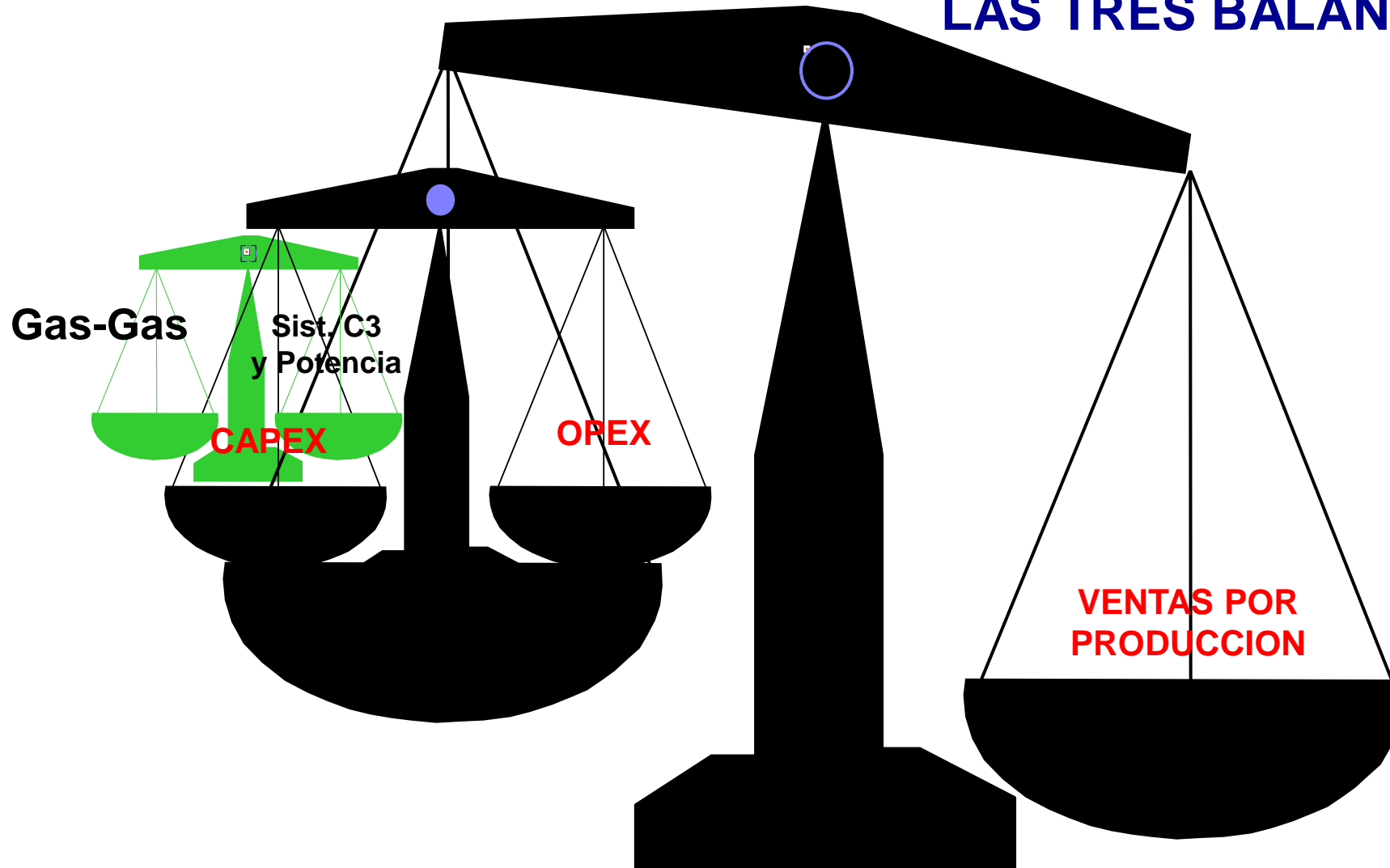
- Caída de Presión en la Columna
- Perfil de Temperatura en la Columna
- Temperatura de la Alimentación
- RVP de la gasolina y/o condensado estabilizado

ANEXO

- Sistema de Refrigeración (Economizador):
 - Concentración y caudal de inyección de MEG
 - Diseño y Control de la Torre Estabilizadora
 - **Estrategias de Optimización**
-

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Estrategias de Optimización

LAS TRES BALANZAS



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Estrategias de Optimización

Reducción de la Carga Térmica de Refrigeración

- *Aumento de Recuperación Energética*
- *Minimización de Inyección de Solución de MEG*
- *Pre-Enfriamiento con Fluido de Mayor Nivel Térmico*
- *Emplear Efecto Joule Thomson*
- *Disminución del Caudal de Reciclo*
- *Separación de los Líquidos conforme condensan*

Reducción de la Potencia de Compresor de Refrigerante

- *Disminuir Temperatura de Condensación del Refrigerante*
- *Aumentar Temperatura de Evaporación del Refrigerante*
- *Subenfriamiento del Refrigerante*
- *Incremento del Número de Etapas del Compresor*
- *Emplear otro Refrigerante*

Reducción de la Potencia de Compresor de Reciclo

- *Disminución del Caudal de Reciclo*
- *Aumento de la Presión Operativa de la Columna Estabilizadora*
- *Reducción de la Carga Térmica de Estabilización*
- *Disminución de la Presión Operativa de Columna Estabilizadora*
- *Aumento del Número de Platos de Columna Estabilizadora*

Optimización Sistema de Aceite Térmico

- *Disminución del Caudal de Aceite Térmico*
- *Empleo un Aceite Térmico de Mayor Eficiencia*

OTROS PROCESOS

ADSORCION



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Adsorción

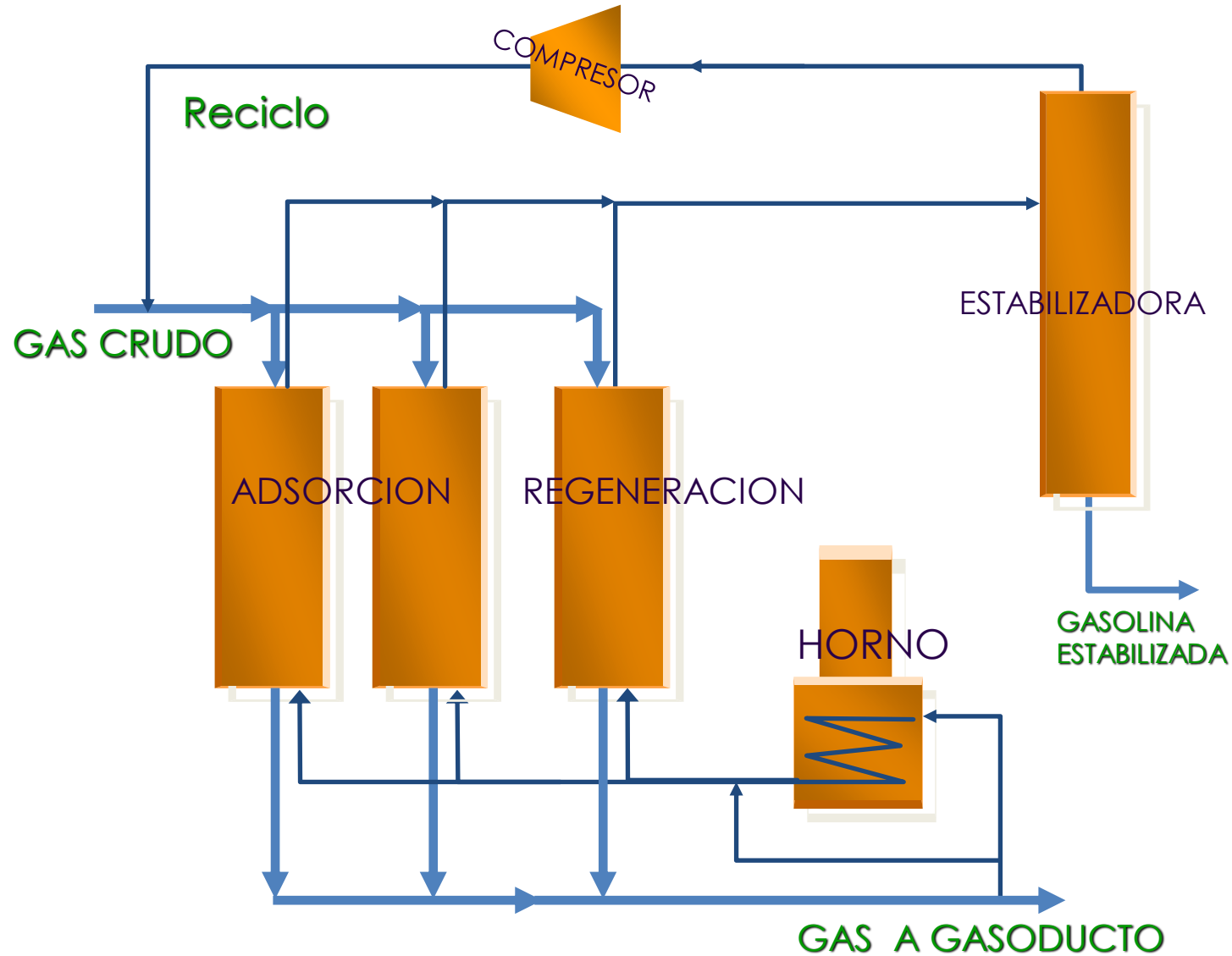
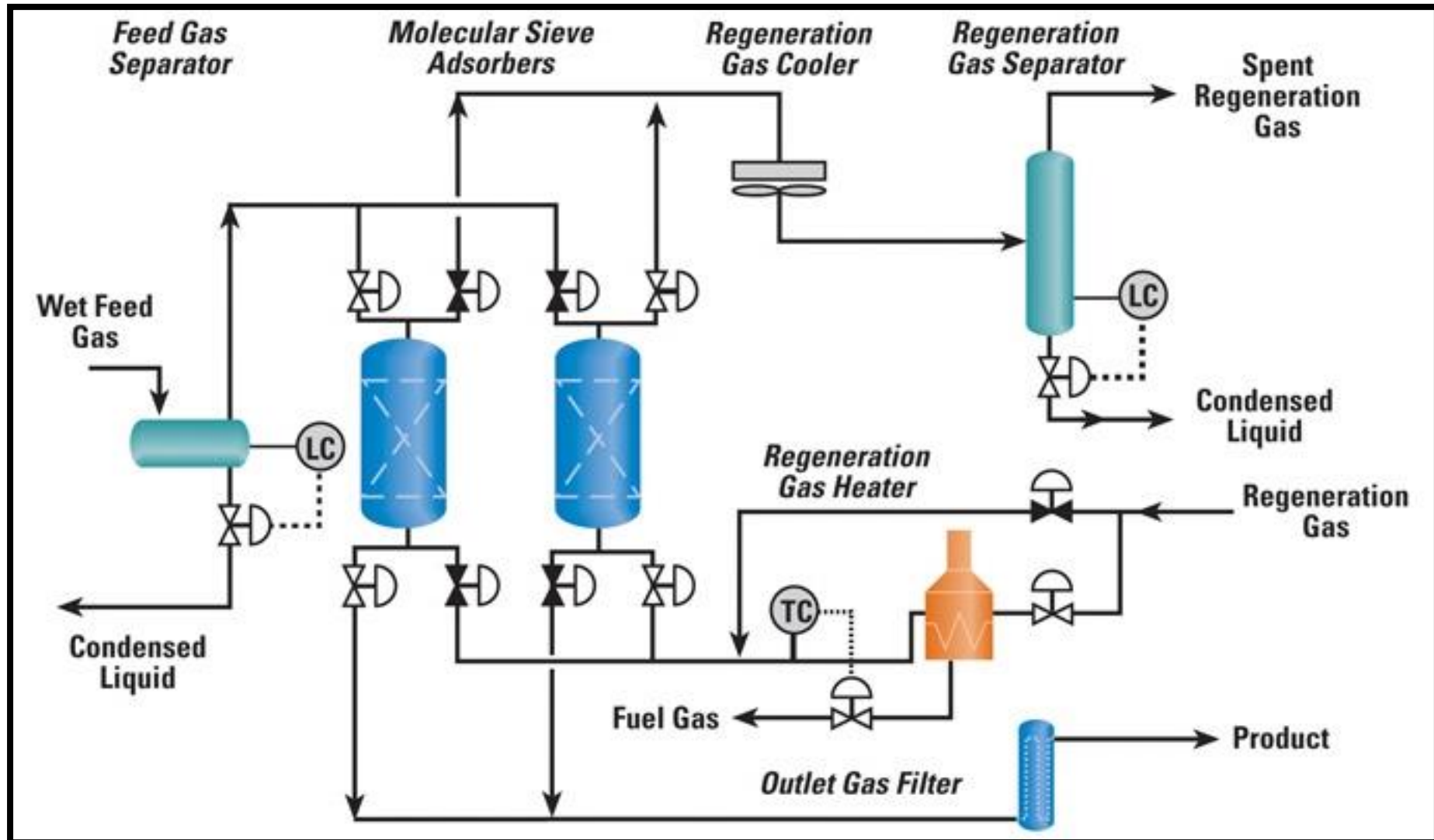
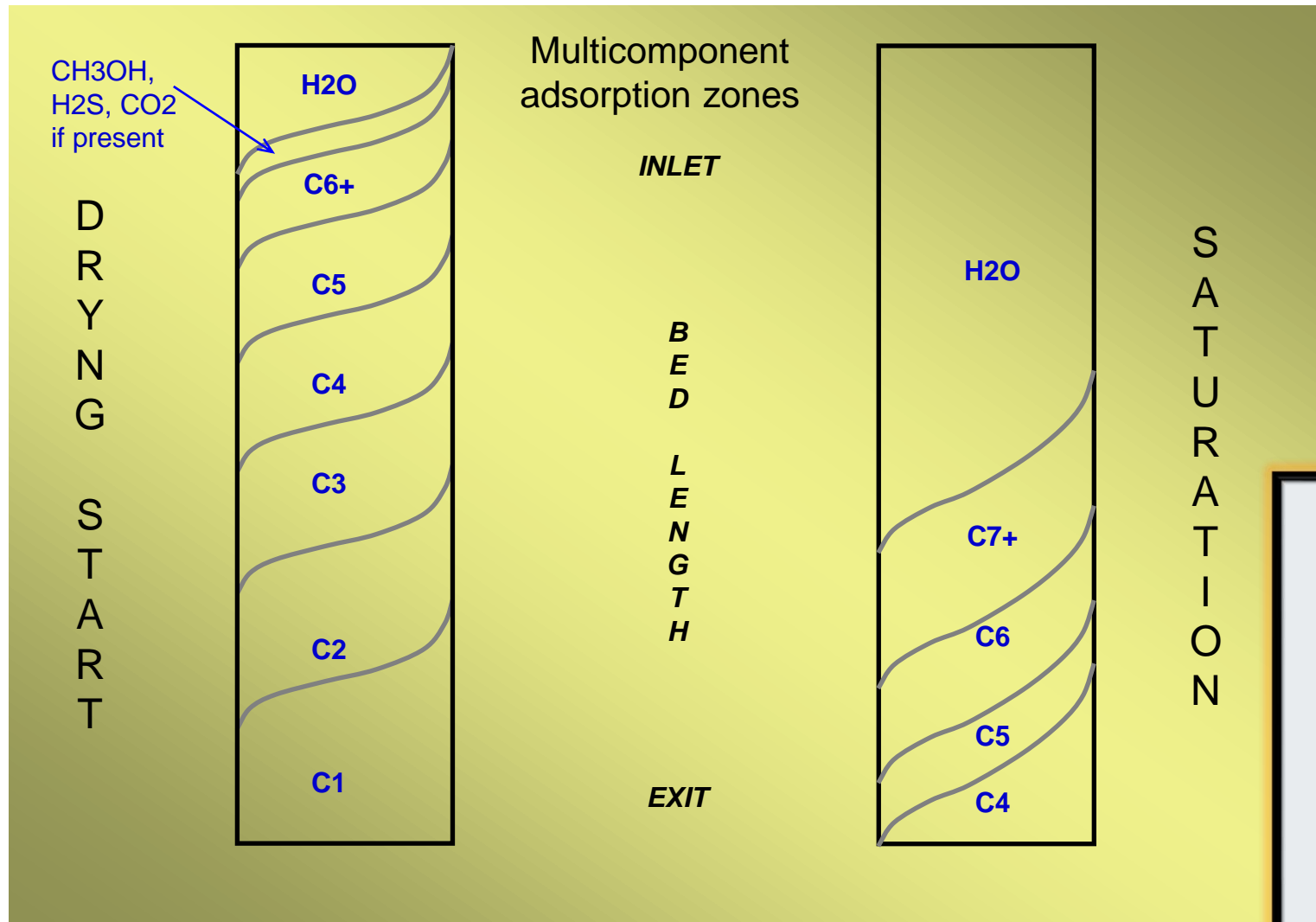


Diagrama de bloques

Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Adsorción



Planta de Ajuste de Punto de Rocío – Adsorción



Transferencia de masa

