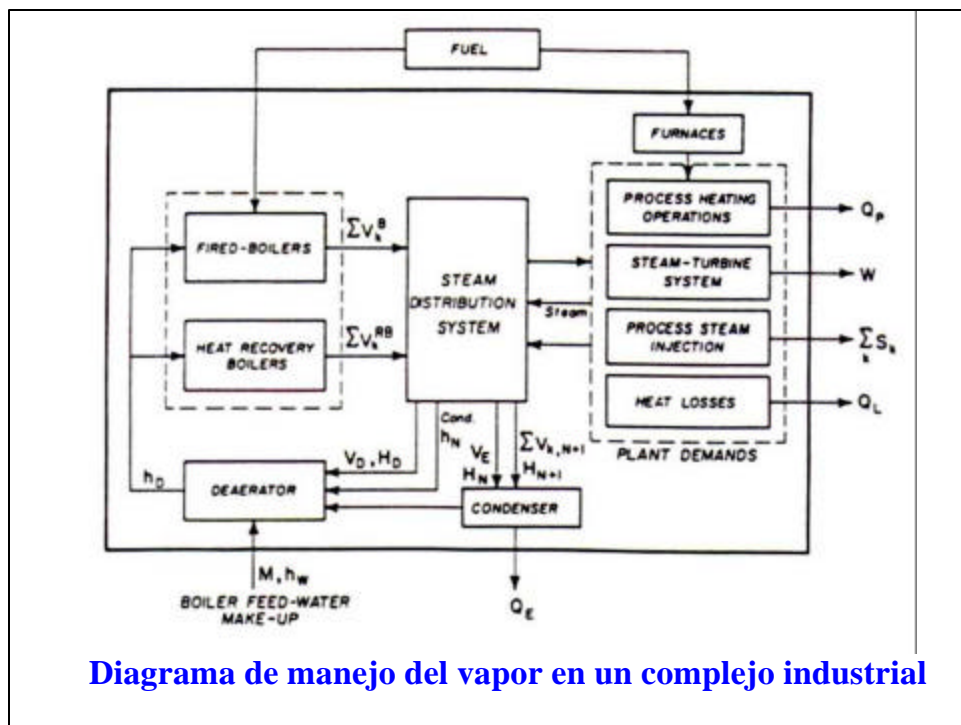
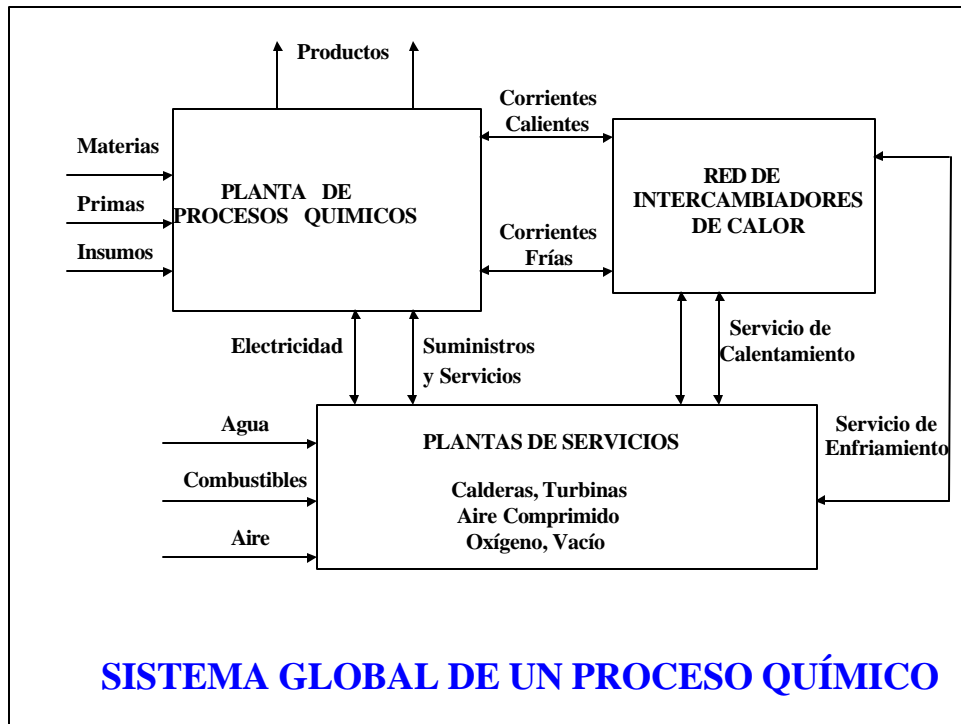


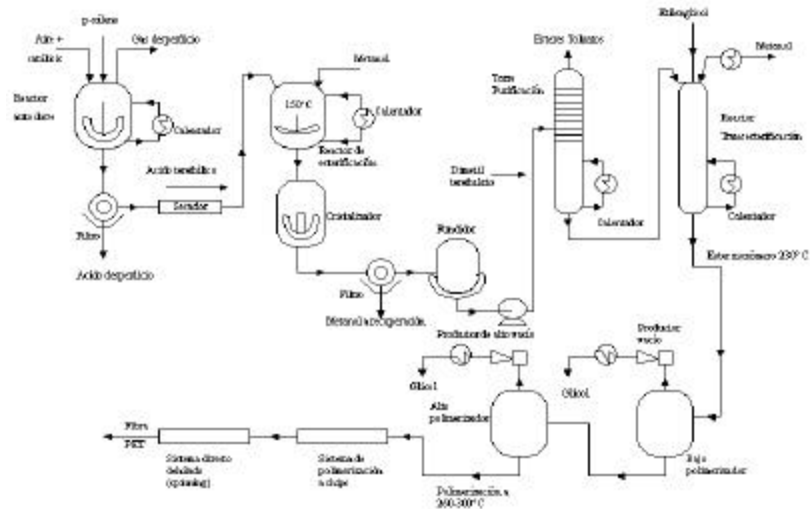
INTEGRACION ENERGETICA

DISEÑO DE REDES DE INTERCAMBIADORES DE CALOR



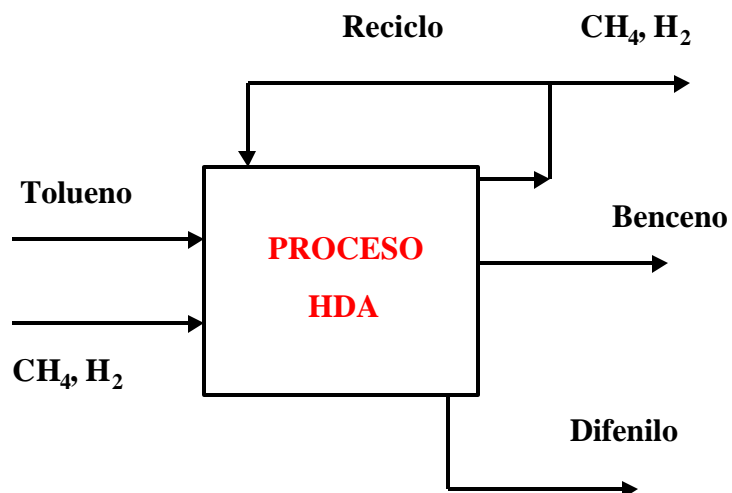
DISEÑO DE PROCESOS BASADO EN FLUJOS DE MATERIAL

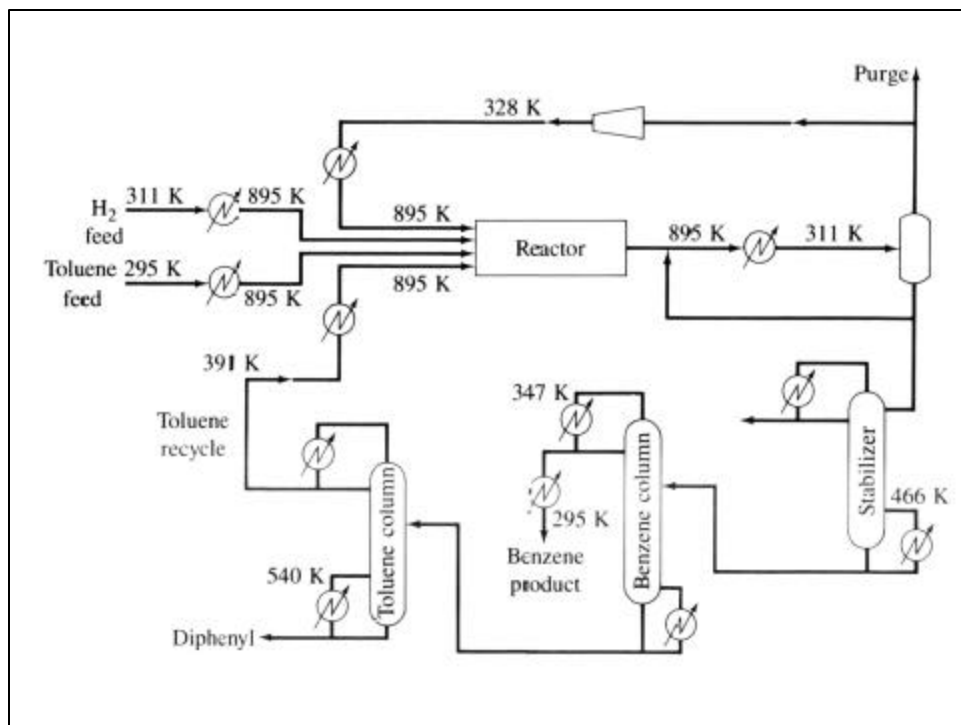
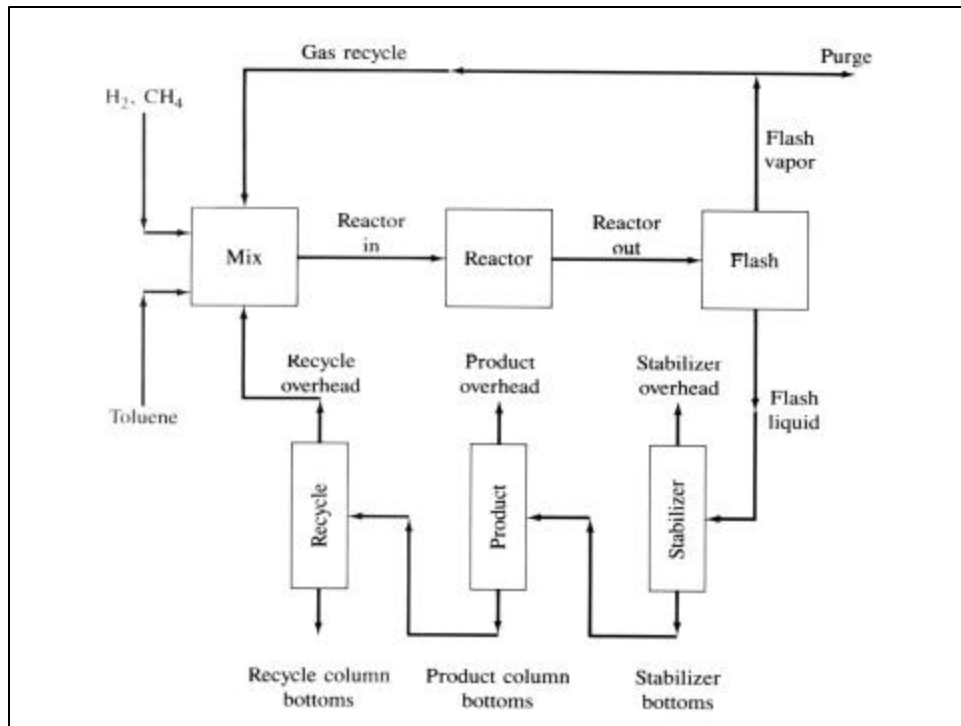


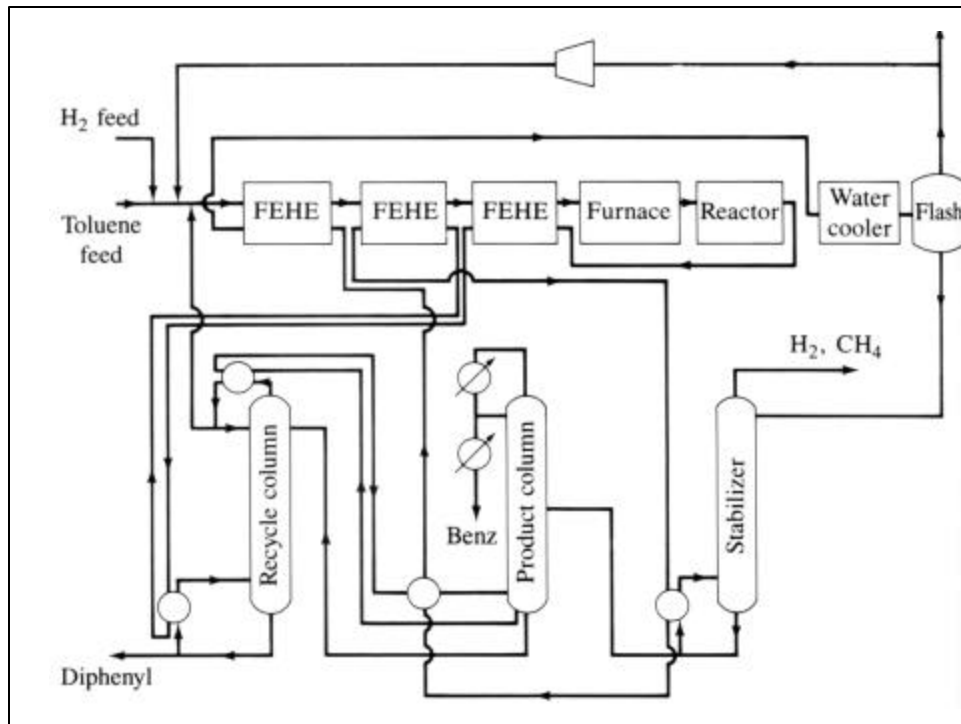


PROCESO DE PRODUCCION DE PET

PROCESO HDA: HIDRODESALQUILACION DE TOLUENO PARA PRODUCIR BENCENO







INTRODUCCIÓN

CRISIS ENERGETICA \Rightarrow OPTIMIZACION DEL USO DE LA ENERGIA

Aprovechamiento del Calor disponible y/o requerido por las Corrientes de proceso.

Pinch Technology.

Sistemas de Integración Energética.

Redes de Intercambio de Calor.

Integración de Calor y Potencia.

Requerimientos Mínimos de Calentamiento y Enfriamiento

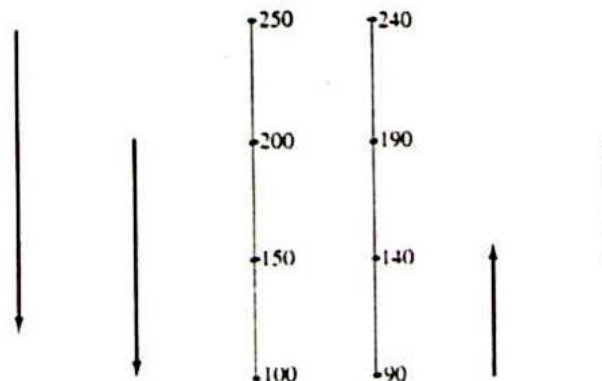
Análisis Según la Primera ley de la Termodinámica

Corriente, N°	Condición	< FCp > (btu/h/°F)	T _{in} (°F)	T _{ou} (°F)	Calor Disponible Q = <FCp> ΔT (kBtu/h)
1	caliente	1000	250	120	130
2	caliente	4000	200	100	400
3	fría	3000	90	150	-180
4	fría	6000	130	190	-360
TOTAL					-10

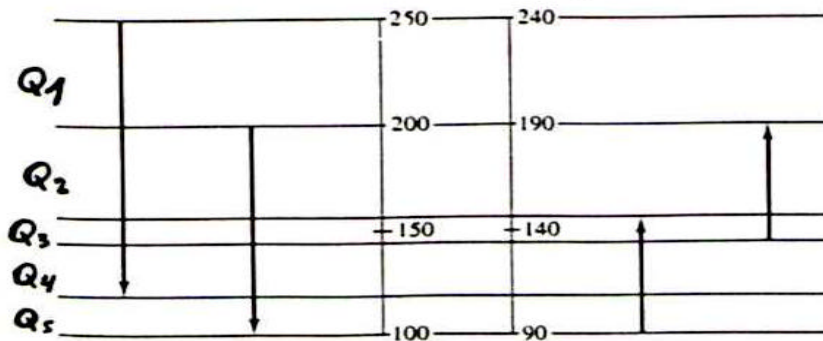
**Energía térmica a suministrar = 10 000 (Btu/h)
desde una fuente de calentamiento**

Intervalos de Temperatura

$\Delta T_{\min} = 10^{\circ}\text{F}$, T^a mínima de aproximación (fuerza motriz mínima) de entre las corrientes calientes y frías



Escalas de Temperatura



Intervalos de Temperatura

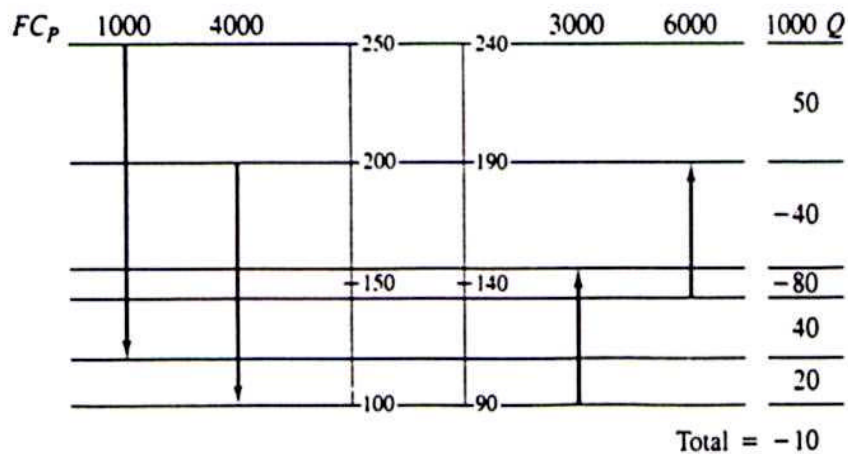
$$Q_i = \left[\sum_{j=1}^{N_h} (FC_p)_{hot,j} - \sum_{k=1}^{N_c} (FC_p)_{cold,k} \right] \Delta T_i$$

$$Q_1 = 1000 \cdot (250 - 200) = 50 \times 10^3 \text{ (Btu/hr)}$$

$$Q_2 = (1000 + 4000 - 6000) \cdot (200 - 160) = -40 \times 10^3 \text{ (Btu/hr)}$$

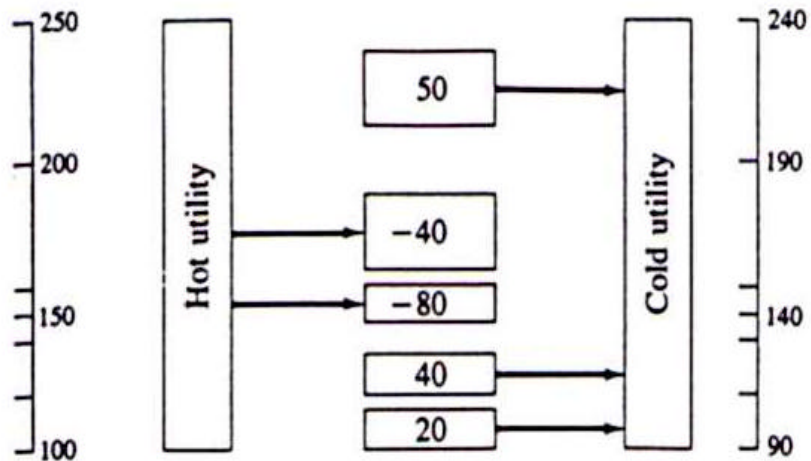
$$Q_3 = (1000 + 4000 - 3000 - 6000) \cdot (160 - 140) = -80 \times 10^3 \text{ (Btu/hr)}$$

....

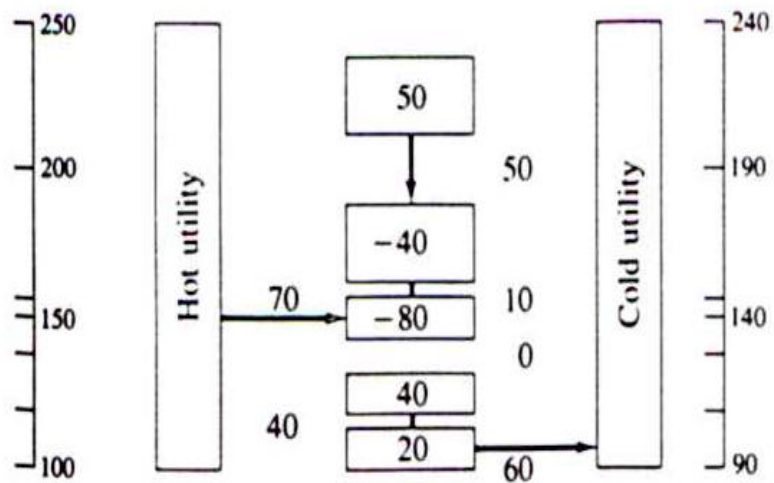


Energía neta requerida en cada intervalo de T^a

Diagramas Cascada



Calor transferido desde y hacia los servicios en cada intervalo de T^a



Cascadas de calor a través de los intervalos de T^a

Demandas Mínimas de Servicios (1ª y 2ª Ley)

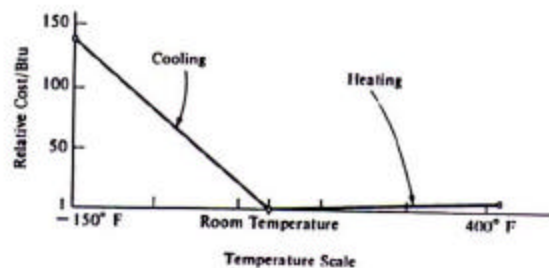
- Carga mínima de calentamiento: 70 000 (Btu/hr)
- Carga mínima de enfriamiento: 60 000 (Btu/hr)

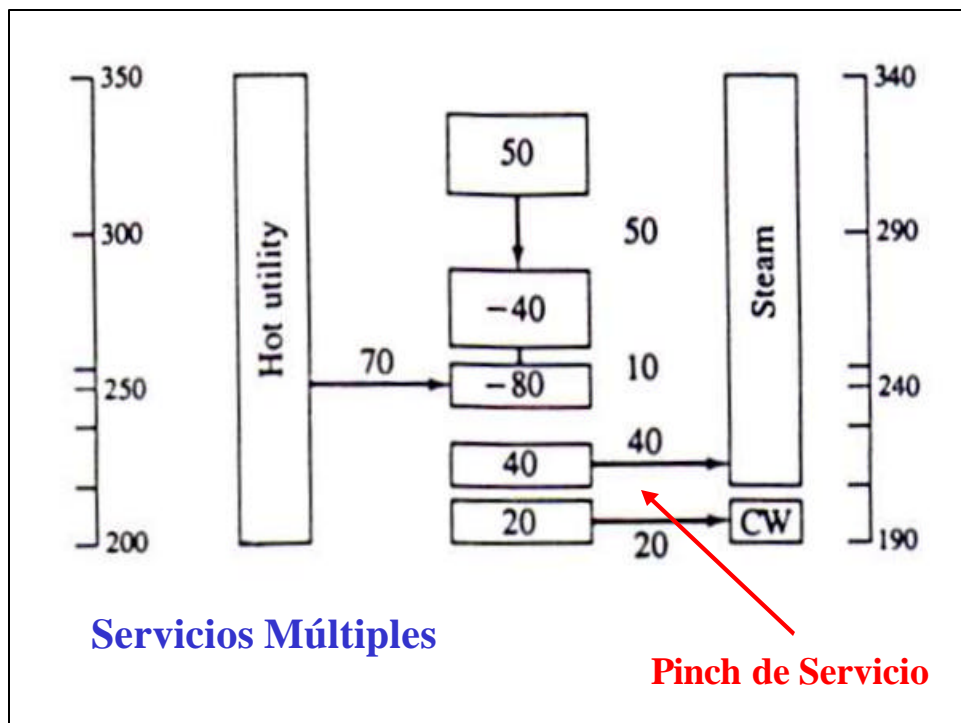
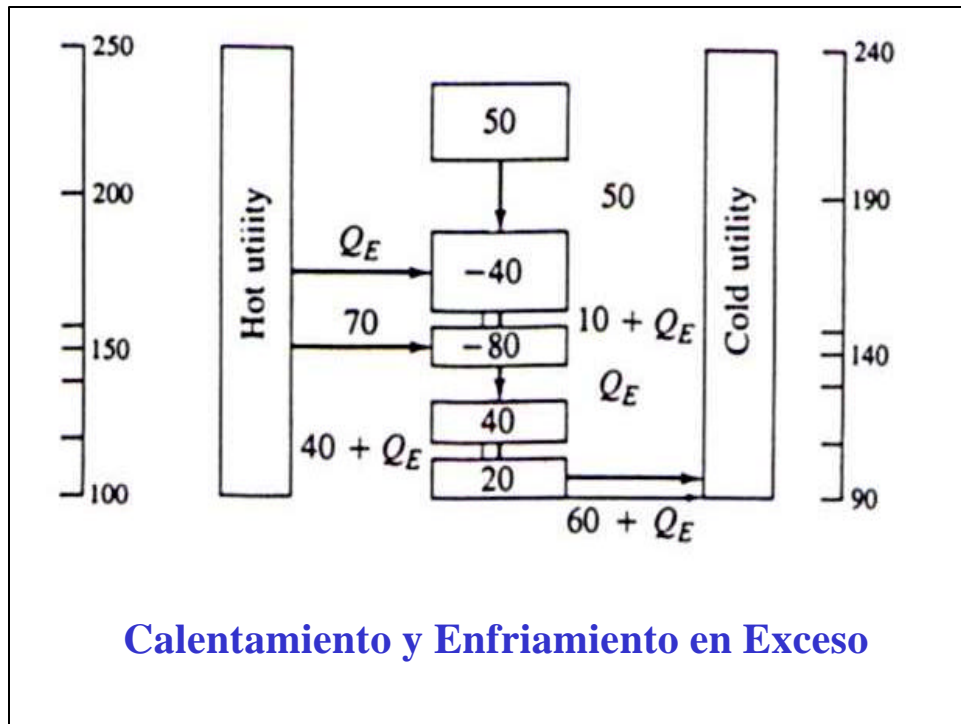
Temperatura Pich

Al usar todo el calor disponible en la corrientes, se termina la transferencia entre intervalos de T^a y aparece el PINCH, $T_{\text{pinch}} = 135^{\circ}\text{C}$, (140°F corriente caliente y 130°F corriente fría).

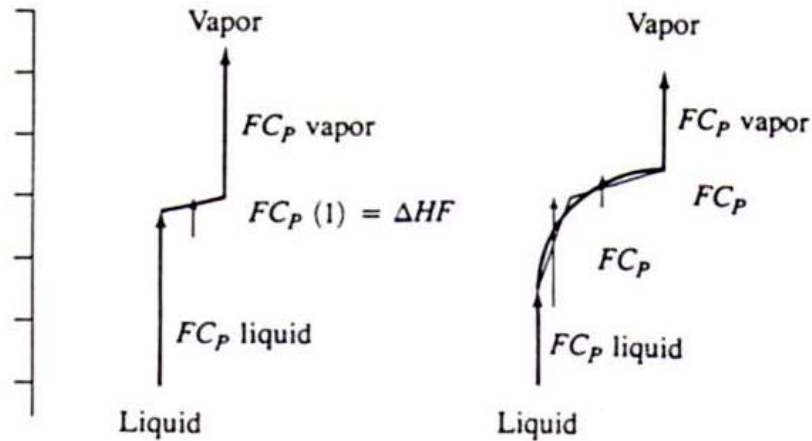
Reglas Heurísticas:

- No se transfiere calor a través del Pinch.
- Sólo se agrega calor (calienta) sobre el Pinch.
- Sólo se rechaza calor (enfía) bajo el Pinch.
- Siempre se agrega calor al menor nivel posible de temperatura relativo al Pinch del proceso.
- Siempre se remueve calor al mayor nivel posible de temperatura relativo al Pinch.



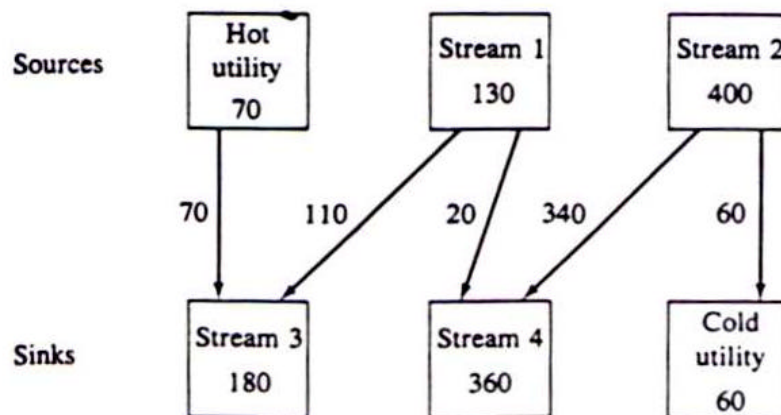


Cambios de Fase



$FC_{p_f}(1) = F \Delta H_{tr}$, donde FC_{p_f} es un valor ficticio

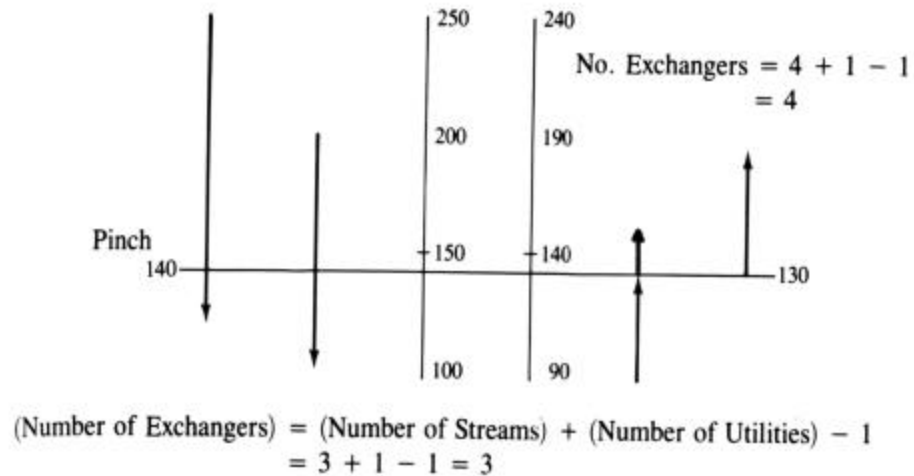
Nº Mínimo de Intercambiadores de Calor



Según la 1ª Ley:

$$N_{\text{intercambiadores}} = N_{\text{corrientes}} + N_{\text{servicios}} - 1 = 4 + 2 - 1 = 5$$

Efecto del Pinch, Segunda Ley



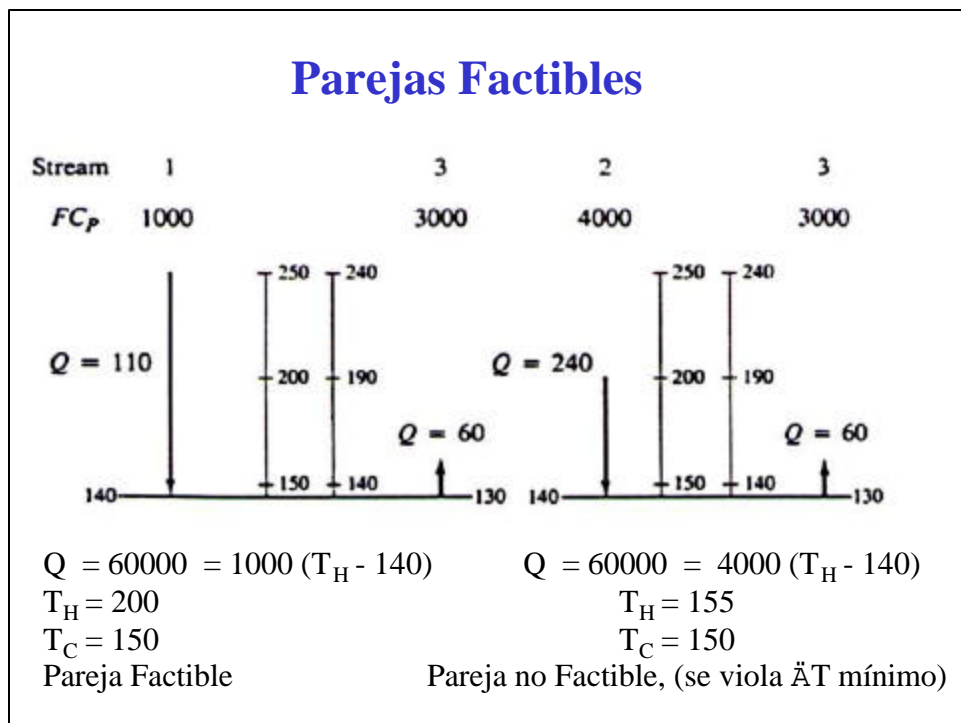
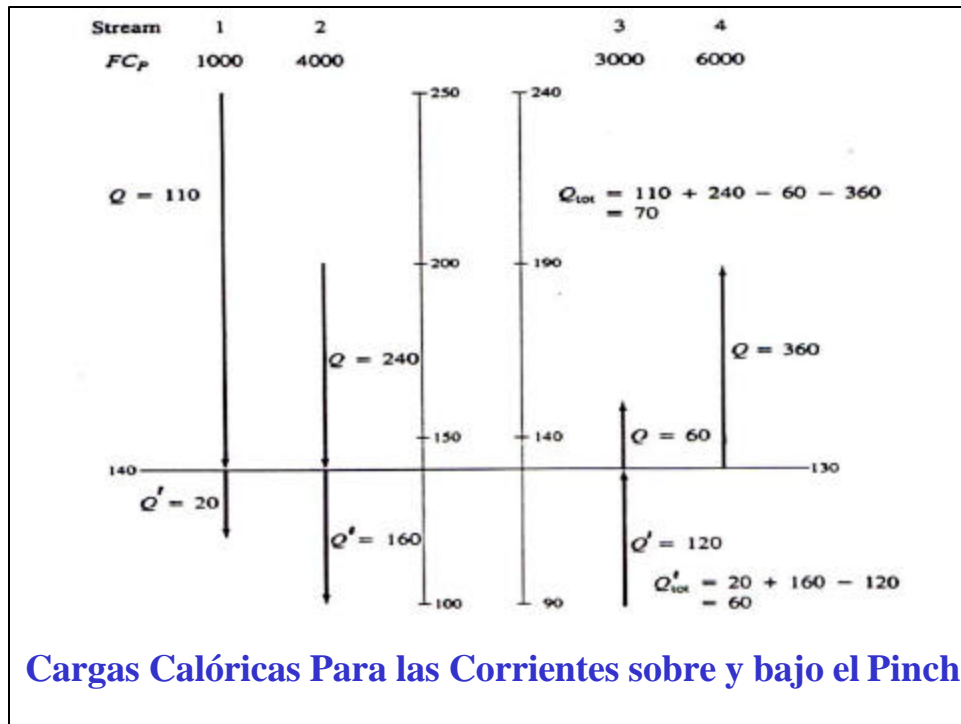
Estimación del Área de los Intercambiadores de Calor

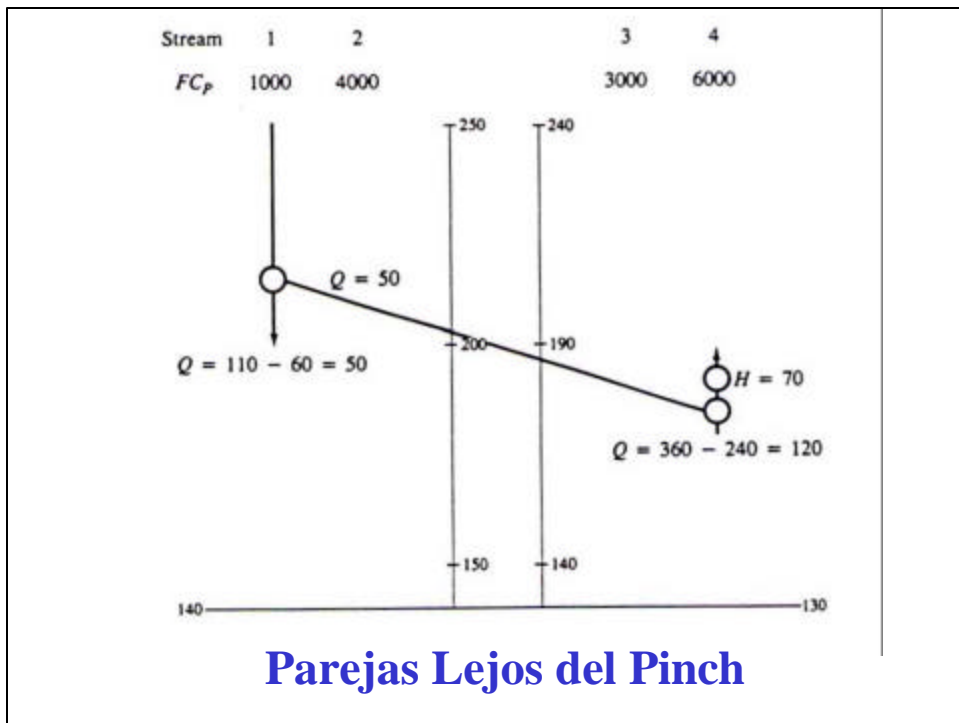
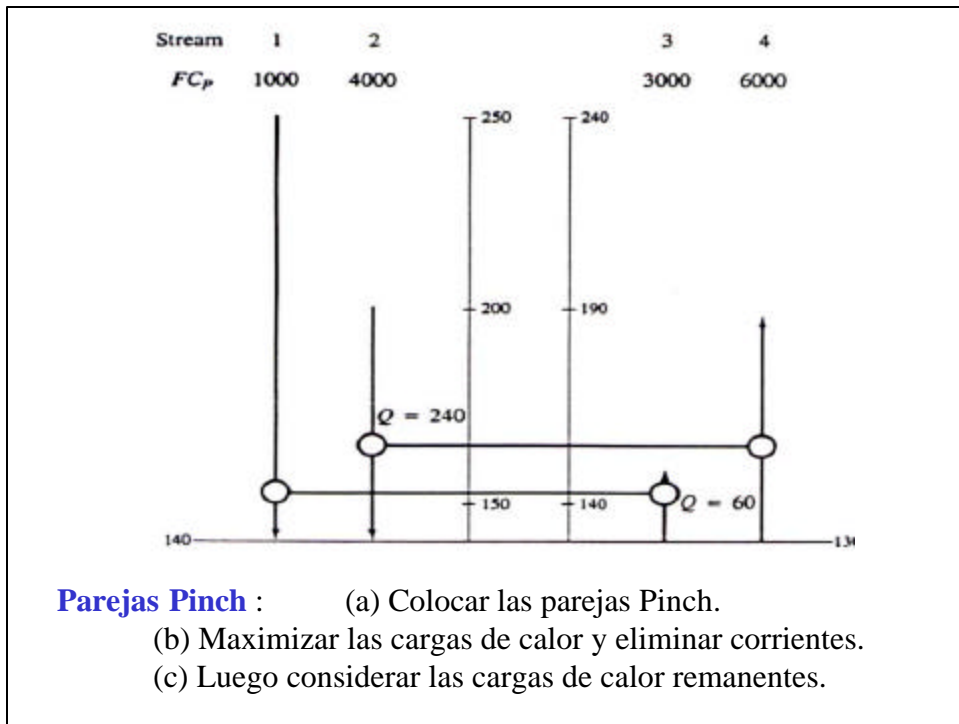
$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{ml}} \quad \frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}$$

Diseño de Redes de Intercambiadores de Mínima Energía

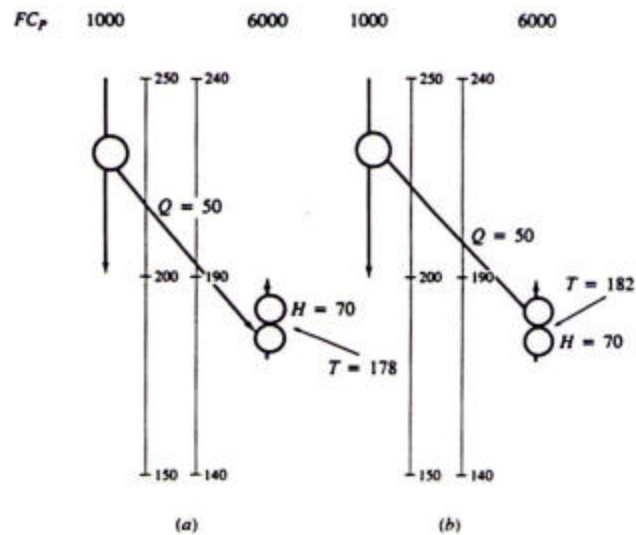
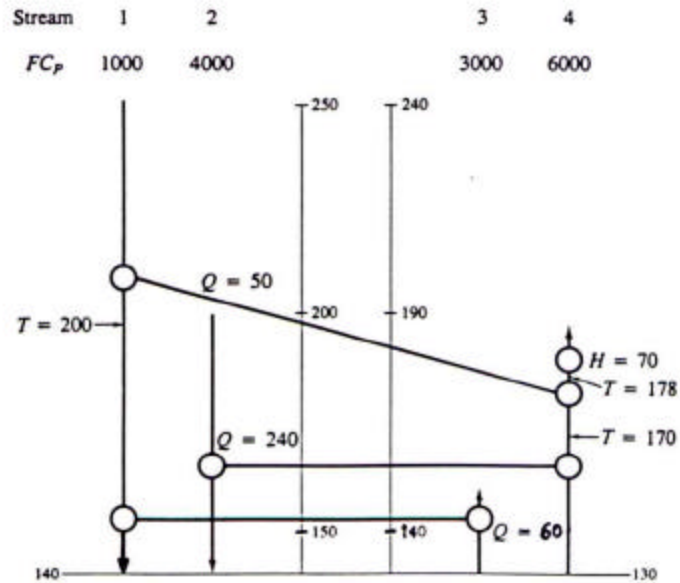
Sobre el Pinch: $Q_1 = FC_p \Delta T = 1000 * (250 - 140) = 110000 \text{ (Btu/h)}$

Bajo el Pinch: $Q_1' = 1000 * (140 - 120) = 20000 \text{ (Btu/h)}$



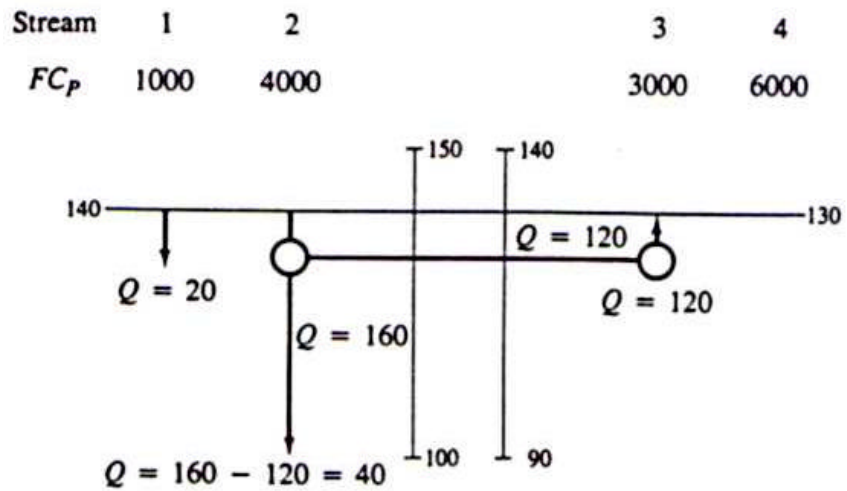
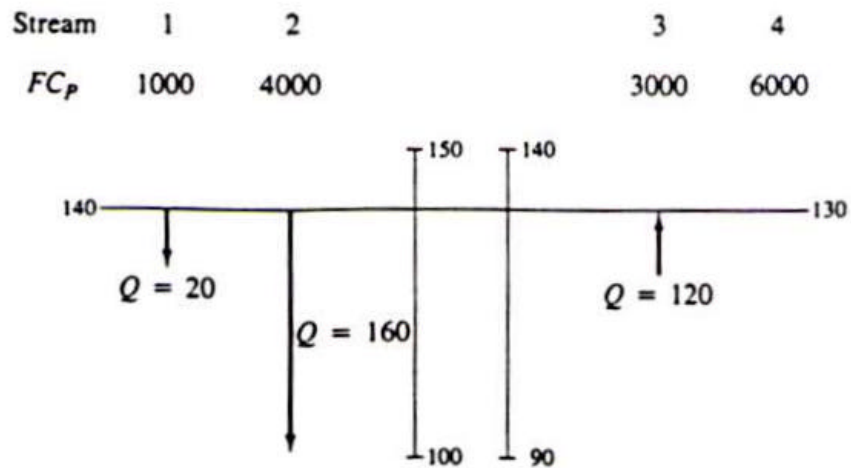


Red de Mínima Energía sobre el Pinch

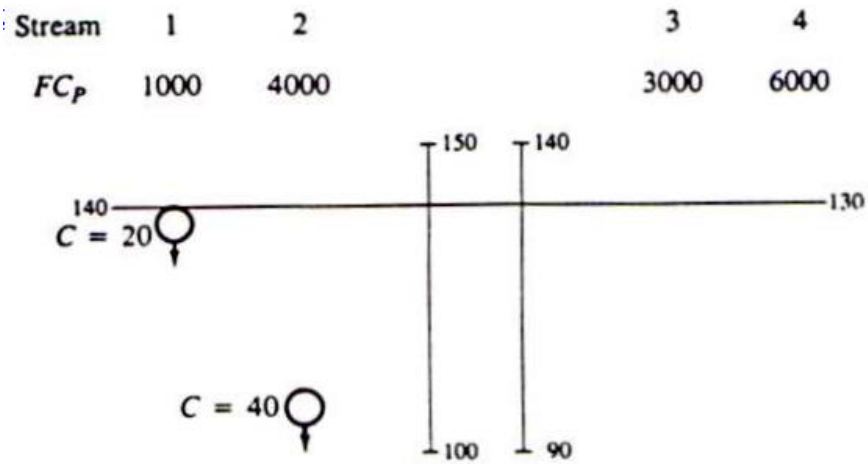


Alternativas de Diseño

Diseño Bajo el Pinch

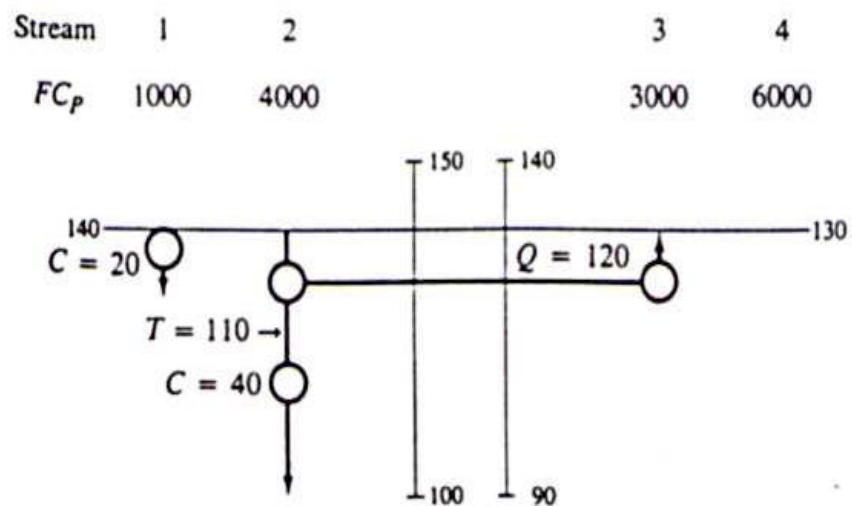


Parejas Pinch

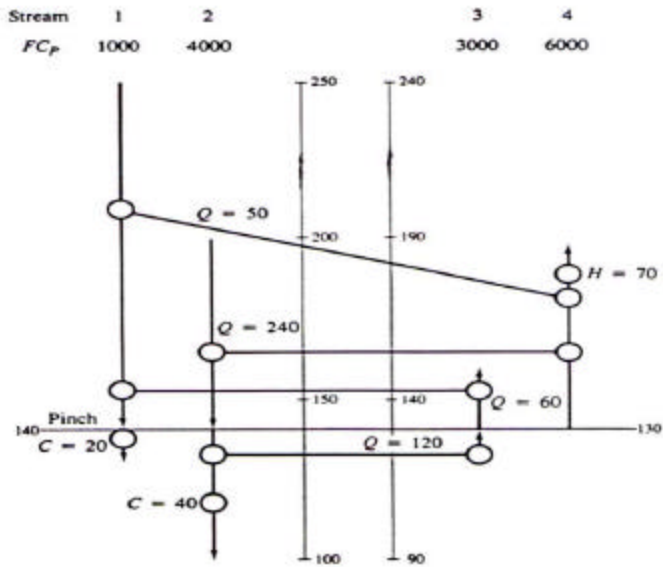


Adición de Servicios de Enfriamiento

Red de Mínima Energía bajo el Pinch

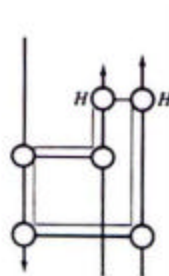
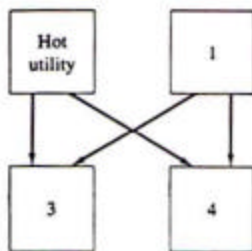
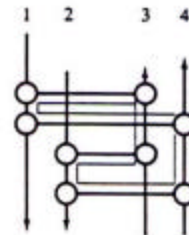
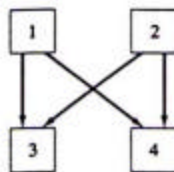


Red de Mínima Energía: Máximo N° de IC



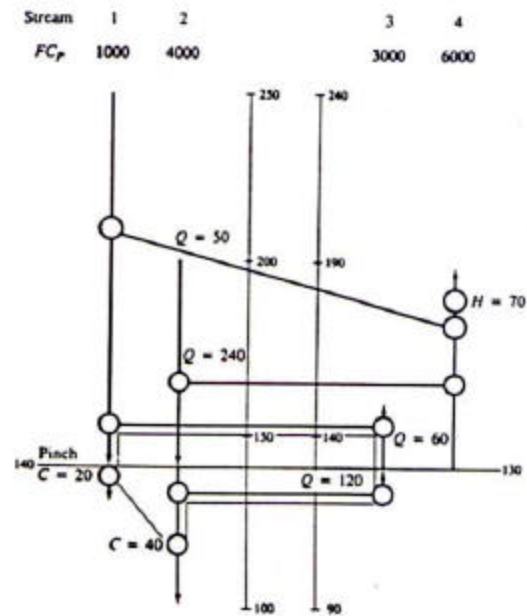
Reducción del N° de Intercambiadores

Ciclos

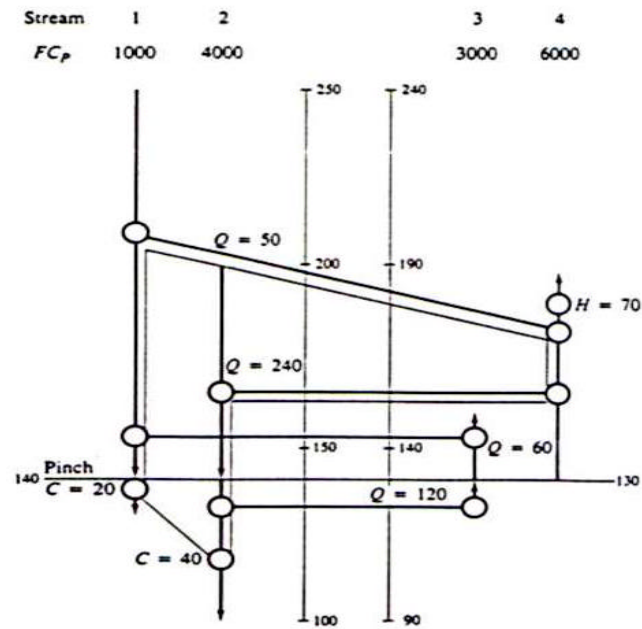


Ciclos a través de un Servicio

Ciclos

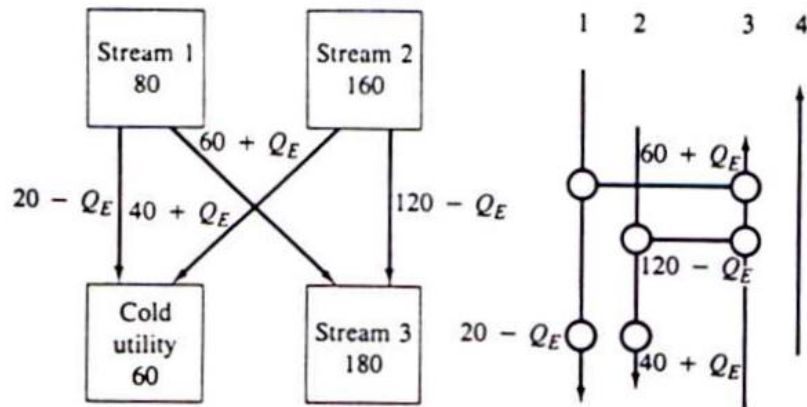


Ciclos



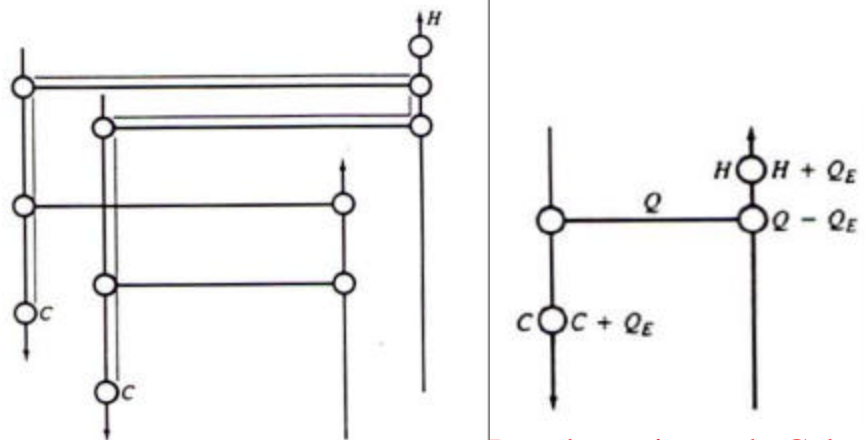
Reglas Heurísticas:

- 20



Rompimiento de Ciclos

Camino: Conexión entre 2 IC



Desplazamiento de Calor a través de un Camino

Reglas Generales para Reducir el Número de Intercambiadores en la Red

- a)- El N° de intercambiadores requeridos por el proceso global es siempre **1** que el requerido para la red de mínima energía.
- b)- Si se utiliza el procedimiento de diseño para la red de mínima energía, normalmente habrá ciclos a través del Pinch.
- c)- Se pueden romper estos ciclos transfiriendo calor a través del Pinch, pero no se cumple el ΔT_{\min} especificado.
- d)- Se puede restablecer el ΔT_{\min} moviendo calor a través de un camino aumentando el consumo de energía del proceso.

Diseño Final de Máxima Energía, Mínimo N° de IC

