

USP - Escola de Engenharia de Lorena

OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

TROCADORES DE CALOR

Prof. Antonio Carlos da Silva

1

TROCADORES DE CALOR

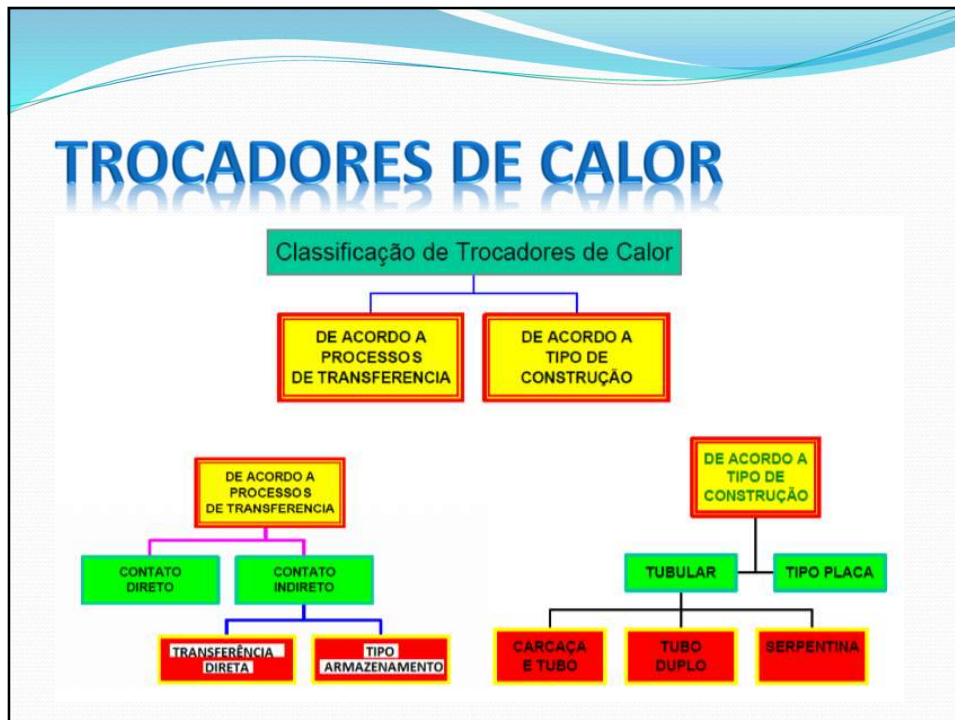
Definição:
Trocadores de calor são equipamentos empregados para implementar a troca de calor entre dois fluidos ou mais sujeitos a diferentes temperaturas.

Classificação de trocadores de calor:
Pode-se classificar os trocadores de diversas maneiras:

- I. Quanto ao modo de troca de calor;
- II. Quanto ao número de fluidos;
- III. Tipo de construção.

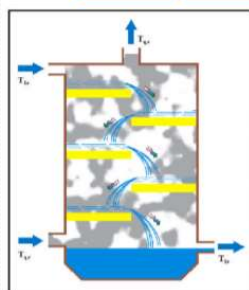
2

TROCADORES DE CALOR



3

TROCADORES DE CALOR



Trocador de calor de contato direto

Trocadores de calor de contato direto

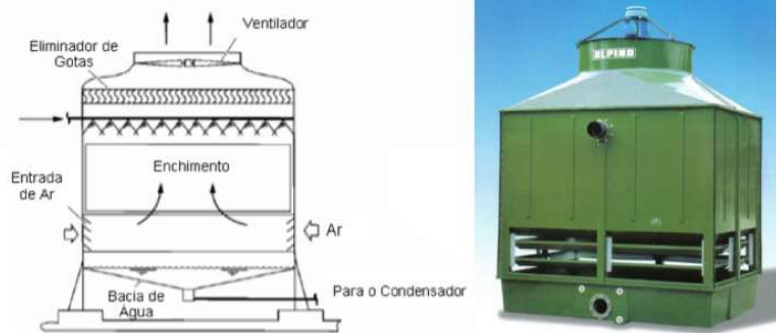
- Neste trocador, os dois fluidos se misturam.
- Aplicações comuns de um trocador de contato direto envolvem transferência de massa além de transferência de calor
- Comparado a recuperadores de contato indireto e regeneradores, são alcançadas taxas de transferência de calor muito altas
- Sua construção é relativamente barata.

4

TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor de contato direto

Torres de resfriamento

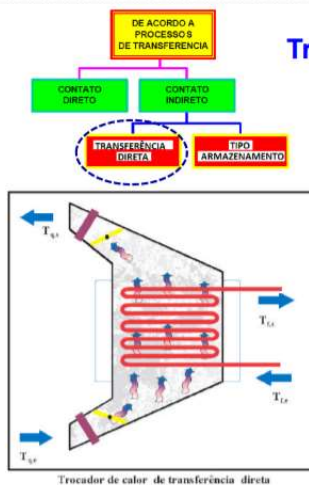


5

TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor de contato indireto

Tipo de trocadores de transferência direta



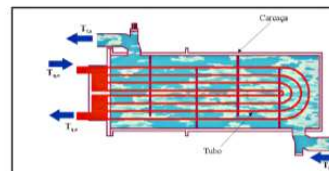
- Neste tipo, há um fluxo contínuo de calor do fluido quente ao frio através de uma parede que os separa.
- Não há mistura entre eles, pois cada corrente permanece em passagens separados.
- Este trocador é designado como um trocador de calor de recuperação, ou simplesmente como um **Recuperador**.

6

TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor de contato indireto

Tipo de trocadores de transferência direta



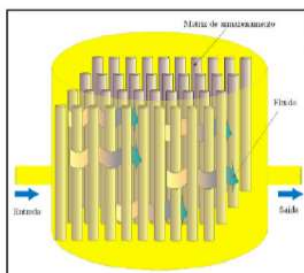
Trocador de calor - carcaça e tubos

7

TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor de contato indireto

Trocadores de armazenamento



- Em um trocador de armazenamento, os **ambos fluidos** percorrem **alternativamente as mesmas passagens de troca de calor**.
- A superfície de transferência de calor geralmente é de uma estrutura chamada **matriz**.
- Para aquecimento, o **fluido quente** atravessa a superfície de transferência de calor e a **energia térmica é armazenada na matriz**. Posteriormente, quando o **fluido frio passa pelas mesmas passagens**, a **matriz "libera" a energia térmica** (em refrigeração o caso é inverso).
- Este trocador também é chamado **regenerador**.
- Podem ser **dinâmicos** ou **estáticos**.
- Os **estáticos** não possuem partes móveis e consistem em uma matriz através da qual passa alternadamente os fluidos

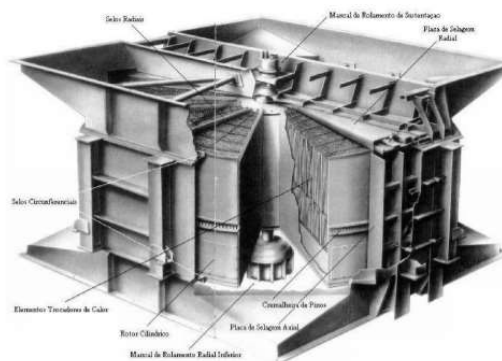
8

TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor de contato indireto

Trocadores de armazenamento

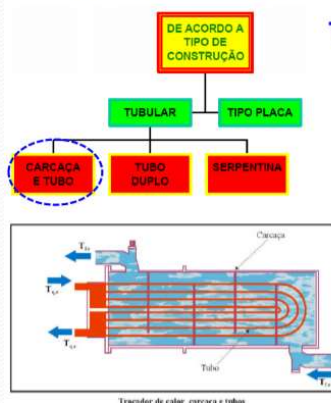
Trocador de calor regenerativo dinâmico



9

TROCADORES DE CALOR

Classificação de trocadores de calor:



Trocadores tubulares

Trocadores de carcaça e tubo

- Este trocador é construído com **tubos e uma carcaça**.
- Um dos fluidos passa por **dentro dos tubos**, e o outro pelo **espaço entre a carcaça e os tubos**.
- São os **mais usados para quaisquer capacidades e condições operacionais**, tais como pressões e temperaturas altas, atmosferas altamente corrosivas, fluidos muito viscosos, etc.

10

TROCADORES DE CALOR

DE ACORDO A TIPO DE CONSTRUÇÃO

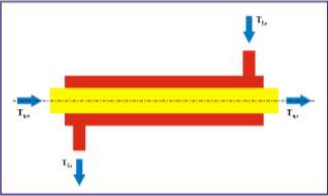
TUBULAR TIPO PLACA

CARCAÇA E TUBO TUBO DUPLO SERPENTINA

Trocadores tubulares

Trocador tubo duplo

- O trocador de tubo duplo consiste de **dois tubos concêntricos**.
- Um dos fluidos escoam pelo **tubo interno** e o outro pela **parte anular entre tubos**, em uma direção de contra fluxo.
- Este é talvez o **mais simples** de todos os tipos de trocador de calor pela **fácil manutenção envolvida**. É geralmente usado em aplicações de **pequenas capacidades**.



Trocador de calor tubo duplo

11

TROCADORES DE CALOR

DE ACORDO A TIPO DE CONSTRUÇÃO

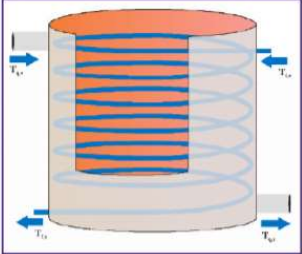
TUBULAR TIPO PLACA

CARCAÇA E TUBO TUBO DUPLO SERPENTINA

Trocadores tubulares

Trocador de calor em serpentina

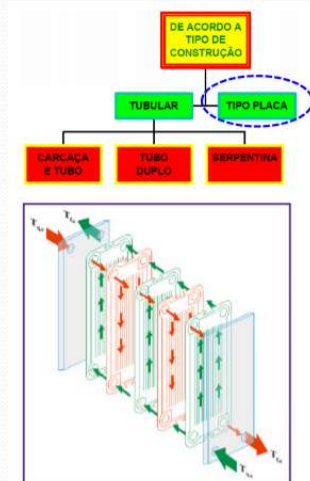
- Este tipo de trocador consiste em **uma ou mais serpentinas (de tubos circulares)** ordenadas em uma carcaça.
- Uma grande superfície pode ser acomodada em um determinado espaço utilizando as serpentinas.
- As **expansões térmicas** não são nenhum problema, mas a **limpeza é muito problemática**.



Trocador de calor de serpentina

12

TROCADORES DE CALOR



Trocadores de calor tipo placa

- Este tipo de trocador normalmente é construído com **placas planas lisas** ou com alguma **forma de ondulações**.
- Geralmente, este trocador **não pode suportar pressões muito altas**, comparado ao trocador tubular equivalente.
- São trocadores de calor **tipo compactos**.
 - A razão entre a área de superfície de transferência de calor e o volume do trocador é maior que $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
 - Exemplo: radiadores de automóveis ($A_s/V=1100 \text{ m}^2/\text{m}^3$).

13

TROCADORES DE CALOR

Particularidades:

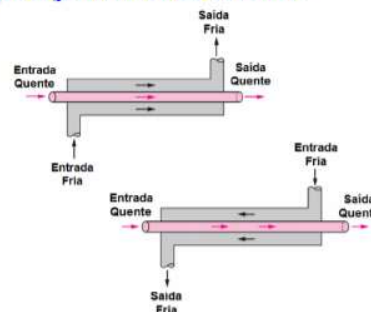
Trocadores de calor de acordo com a disposição do escoamento

Trocadores de calor de correntes paralelas

- Os fluidos quente e frio entram na mesma extremidade do trocador de calor, fluem na mesma direção e deixam juntos a outra extremidade.

Trocadores de calor em contracorrente

- Os fluidos quente e frio entram em extremidades opostas do trocador de calor e fluem em direções opostas



14

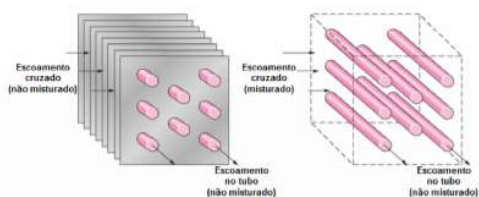
TROCADORES DE CALOR

Particularidades:

Trocadores de calor de acordo com a disposição do escoamento

Trocadores de calor de correntes cruzadas

- Os fluidos, em geral, fluem perpendicularmente um ao outro.
- Na disposição em correntes cruzadas, o escoamento pode ser misturado ou não misturado.



15

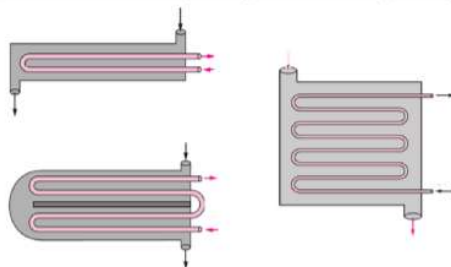
TROCADORES DE CALOR

Particularidades:

Trocadores de calor de acordo com a disposição do escoamento

Trocadores de calor de escoamento em multipasse

- A configuração em passes múltiplos é frequentemente empregada em trocadores de calor por intensificar a troca térmica.
- É possível uma grande variedade de configurações.



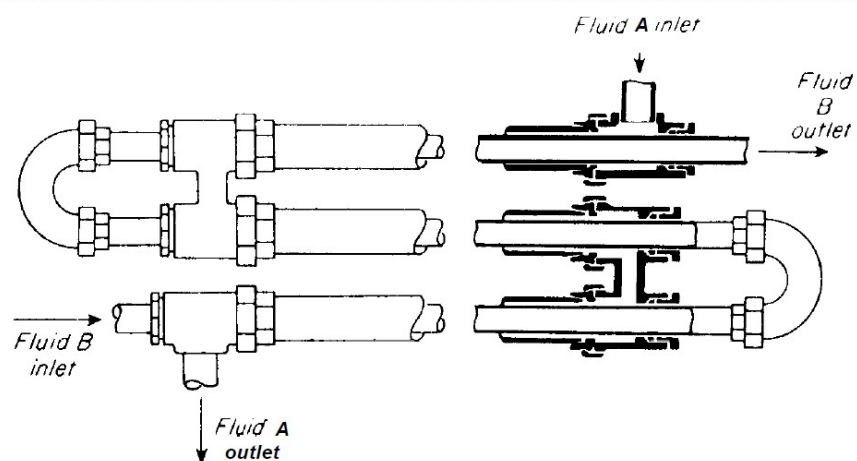
16

PRINCIPAIS TROCADORES DE CALOR

- Trocador Tubular
- Trocador Aletado
- Radiador
- Torre de resfriamento
- Trocador de placas
- Trocador espiral
- Trocador de Casco e Tubos
- Evaporadores
- Serpentinhas e Camisas

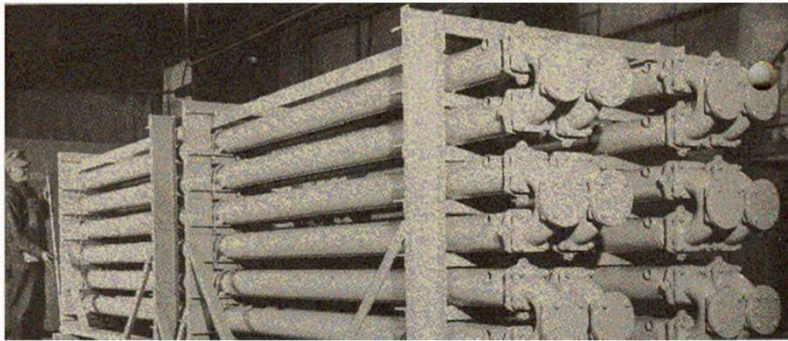
17

TROCADOR DE CALOR TUBULAR



18

TROCADOR DE CALOR TUBULAR



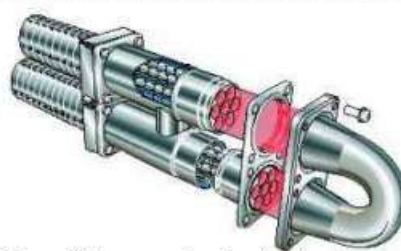
19

TROCADOR DE CALOR TUBULAR



20

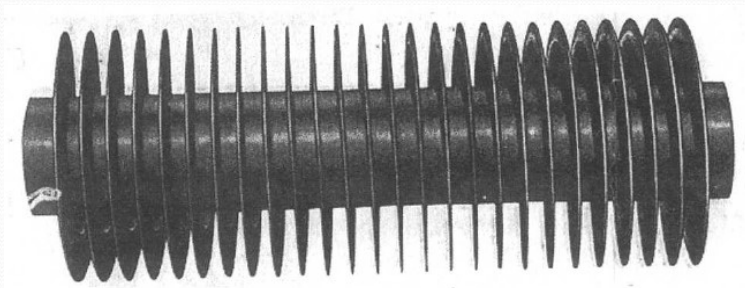
TROCADOR DE CALOR TUBULAR



Tubos múltiplos em um trocador de calor
(fonte: Tetra Pak)

21

TROCADOR DE CALOR ALETADO



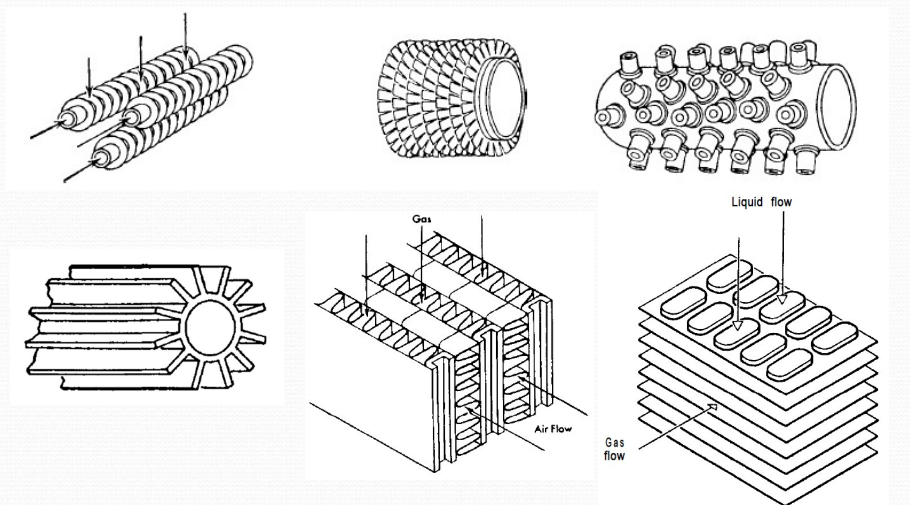
22

TROCADOR DE CALOR ALETADO



23

TROCADOR DE CALOR ALETADO



24

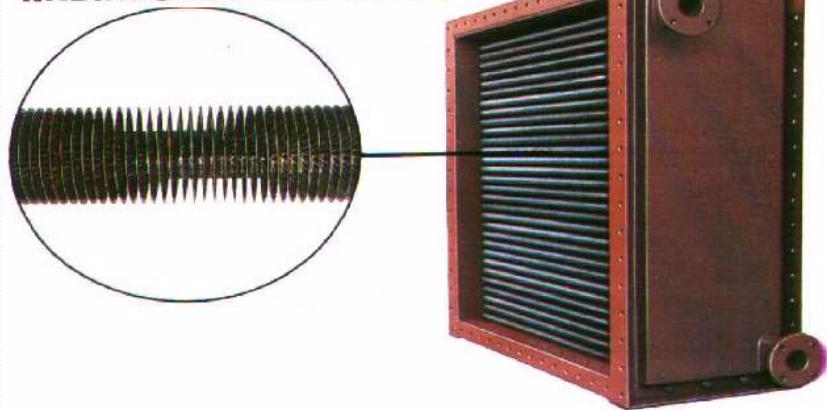
RADIADORES



25

RADIADORES

RADIADORES ALETADOS



26

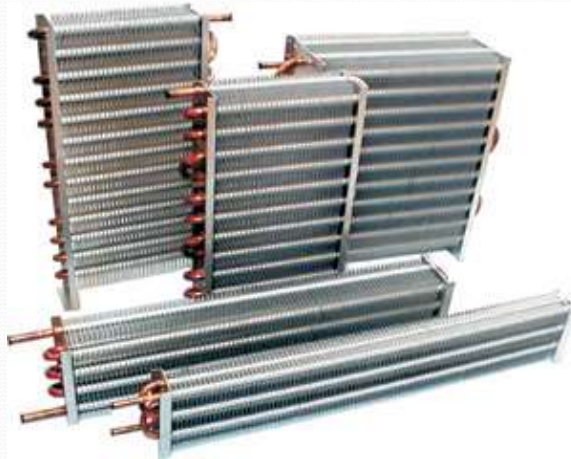


27



28

CONDENSADORES



29

TORRE DE RESFRIAMENTO



30

TORRE DE RESFRIAMENTO



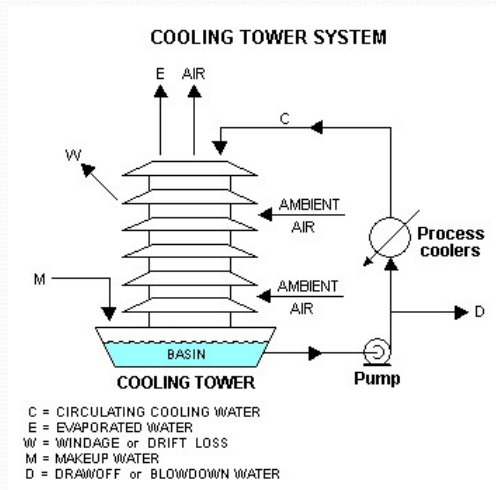
31

TORRE DE RESFRIAMENTO



32

TORRE DE RESFRIAMENTO



33

TORRE DE RESFRIAMENTO



34

TORRE DE RESFRIAMIENTO



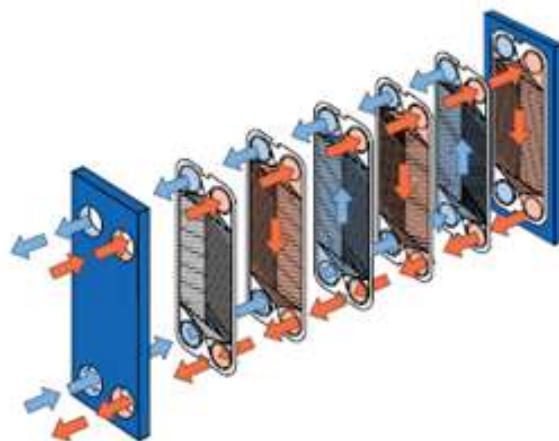
35

TORRE DE RESFRIAMIENTO

TORRE DE ENFRIAMIENTO
PRESENTACION DE EQUIPO

36

TROCADOR DE PLACAS



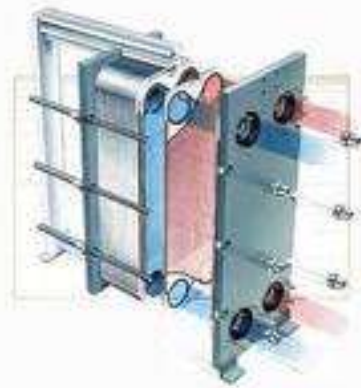
37

TROCADOR DE PLACAS



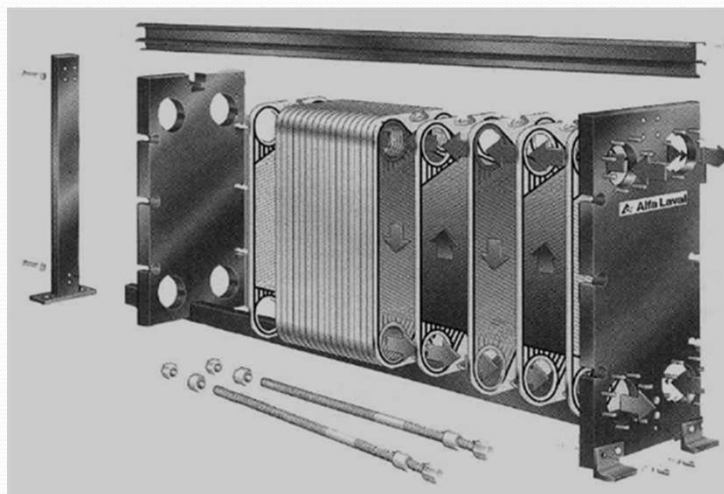
38

TROCADOR DE PLACAS



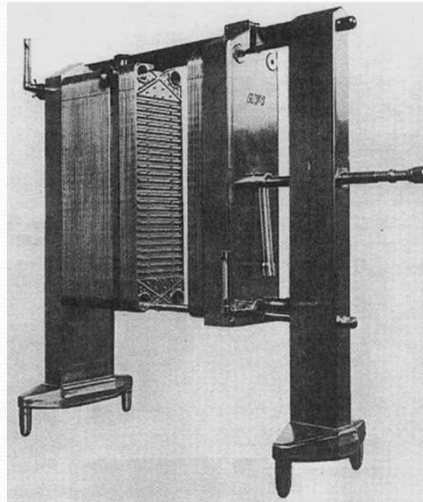
39

TROCADOR DE PLACAS



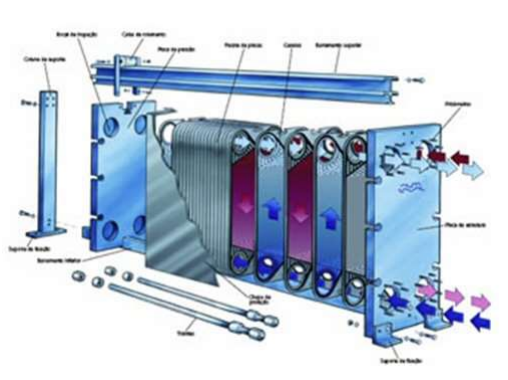
40

TROCADOR DE PLACAS



41

TROCADOR DE PLACAS



42

TROCADOR DE PLACAS



43

TROCADOR DE PLACAS



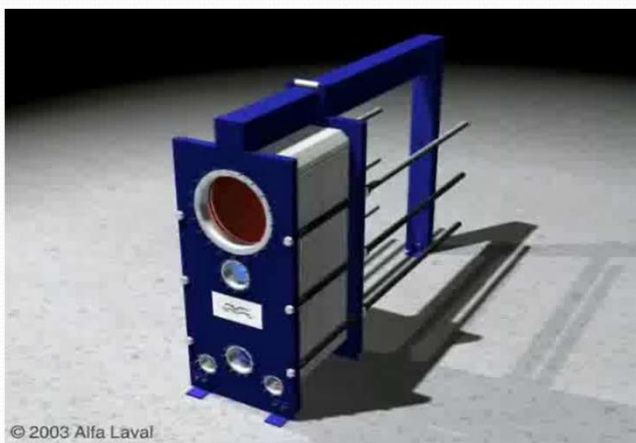
44

TROCADOR DE PLACAS



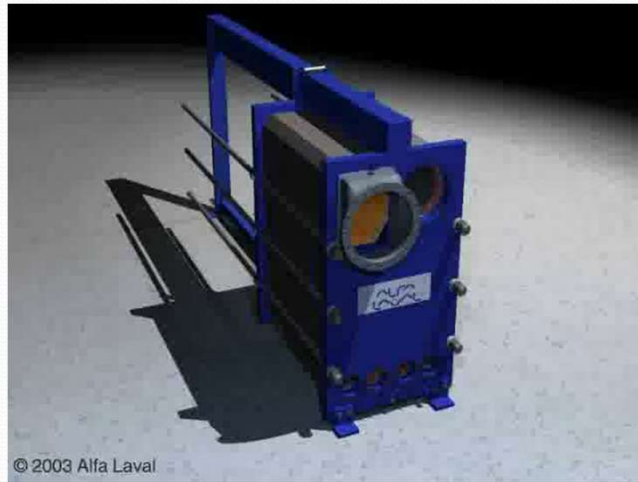
45

TROCADOR DE PLACAS



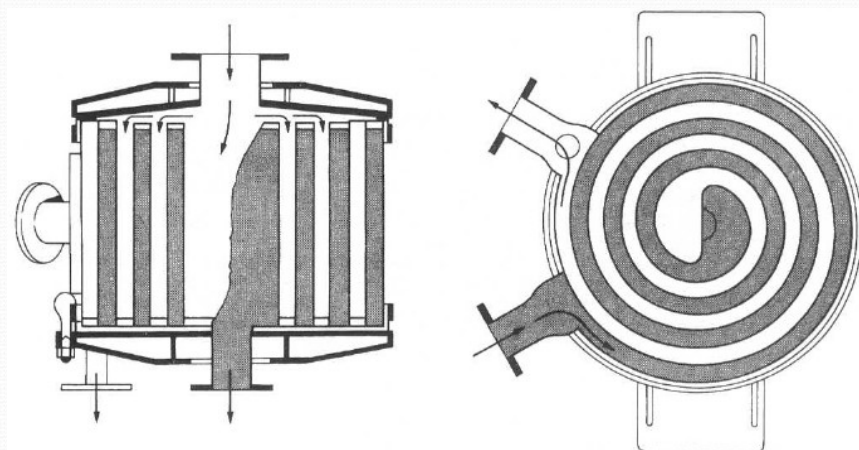
46

TROCADOR DE PLACAS



47

TROCADOR ESPIRAL



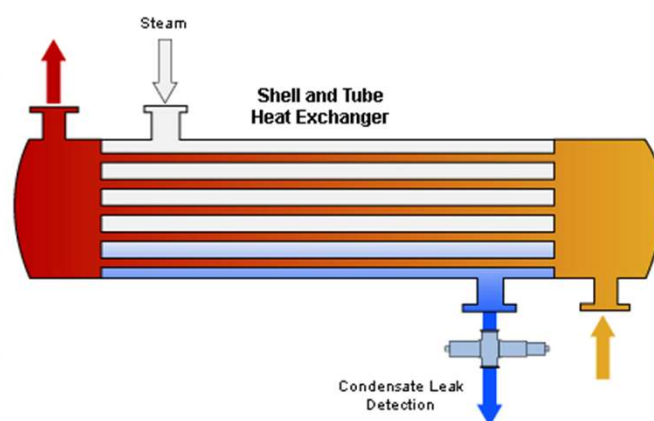
48

TROCADOR ESPIRAL

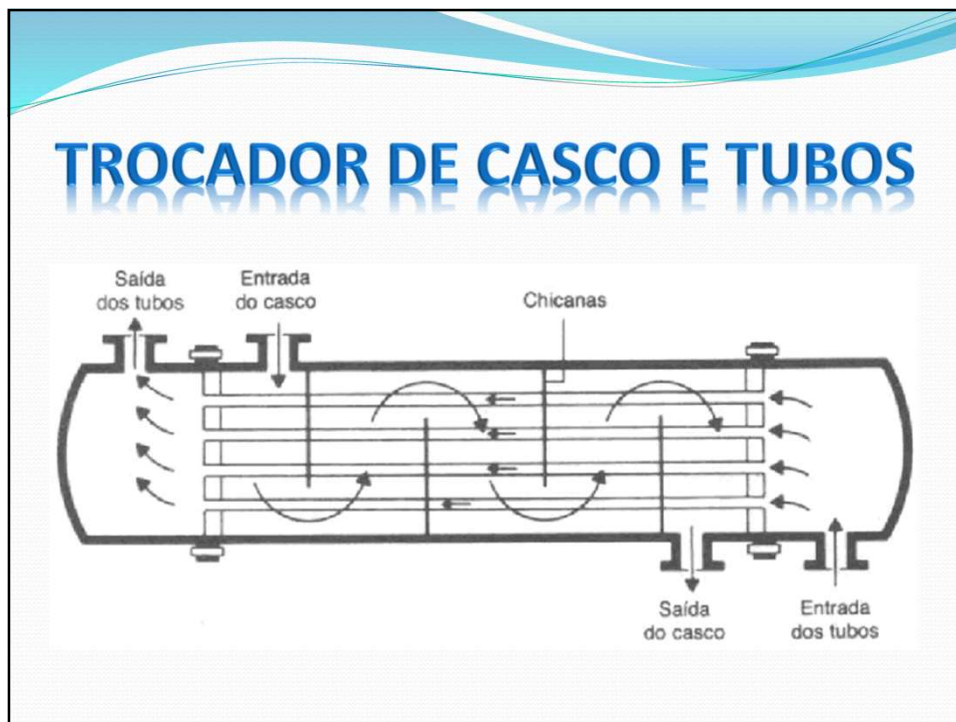


49

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



50

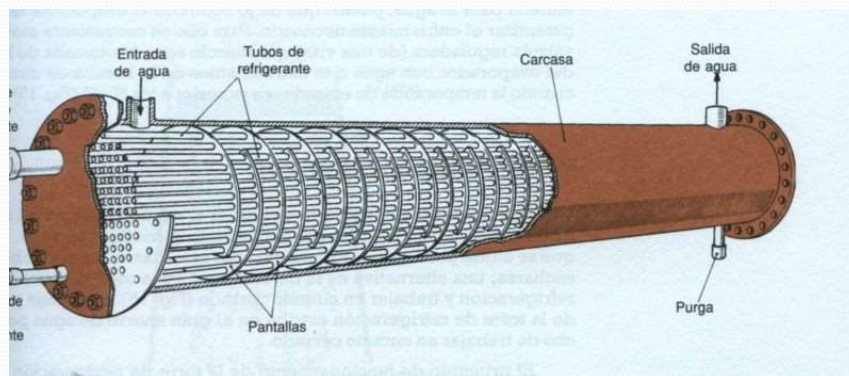


51



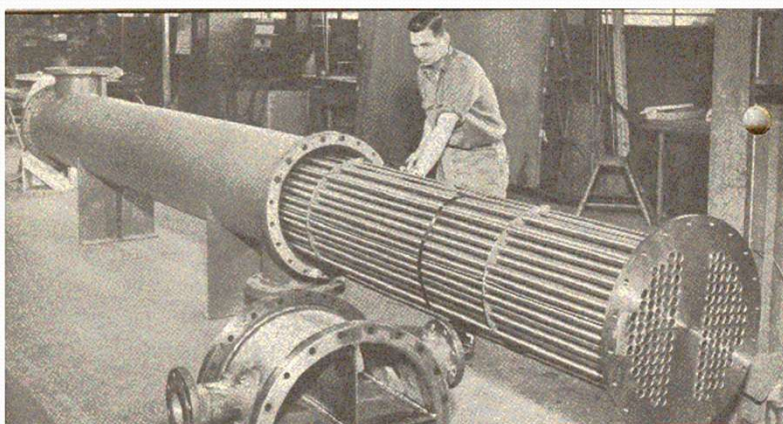
52

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



53

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



54



55



56

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



57

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



58

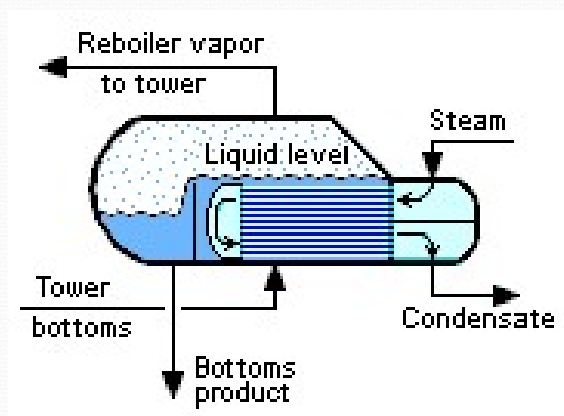
TROCADOR DE CASCO E TUBOS



Limpeza - incrustações

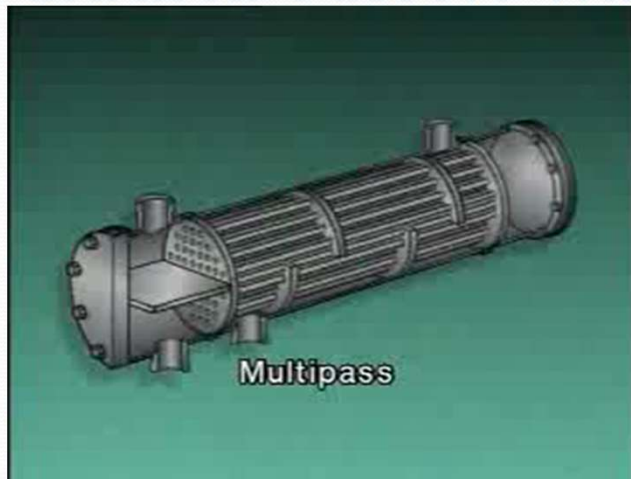
59

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



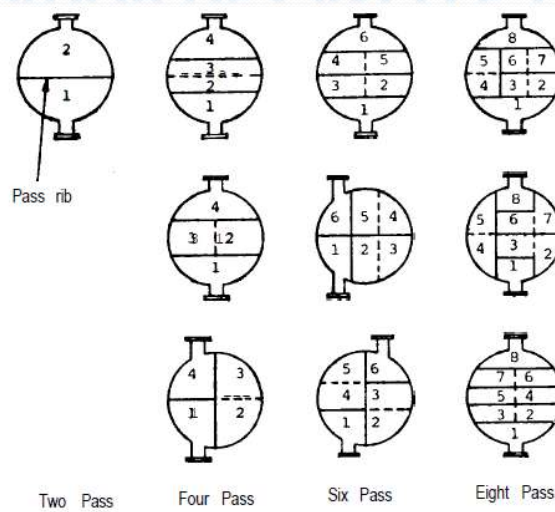
60

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



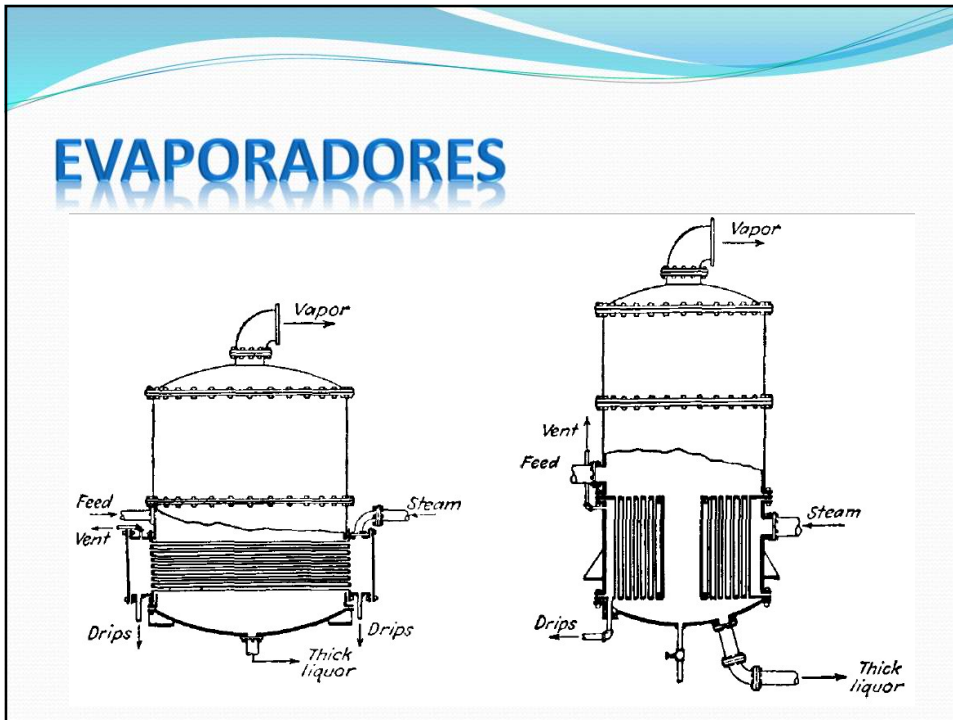
61

TROCADOR DE CASCO E TUBOS



62

EVAPORADORES



63

CAMISAS E SERPENTINAS



64

CAMISAS E SERPENTINAS



65