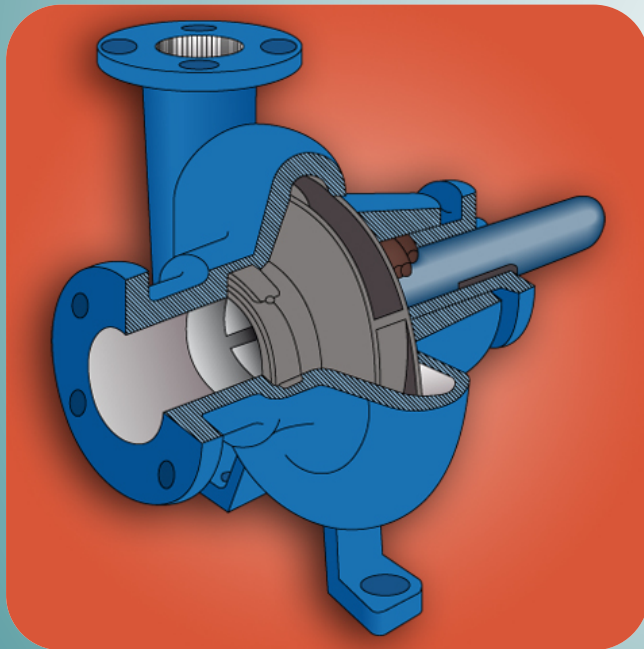


# Sistemas y Máquinas Fluido Mecánicas

## Bloque I. Tema 2.2.2. Bombas Centrífugas II



**Carlos J. Renedo**

**Inmaculada Fernández Diego**

**Juan Carcedo Haya**

**Félix Ortiz Fernández**

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## BLOQUE 1: Máquinas de Fluidos Incompresibles



Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución



## **1.1.- Introducción a las Máquinas Hidráulicas**

### **1.2.- Bombas Hidráulicas**

#### **1.1.1.- Generalidades de las Bombas Hidráulicas**

#### **1.2.2.- Bombas Centrífugas**

#### **1.2.3.- Bombas Volumétricas**

## **1.3.- Turbinas Hidráulicas**



- **Características**
- **Campos de Aplicación**
- **Partes**
- **Rodetes**
- **La Voluta**
- **Clasificación**
- **Ec. De Euler**
- **Curva Característica**
- **Cebado**
- **Instalación**
- **Acoplamiento**
- **Potencias, Rendimientos y Pérdidas**
- **Cavitación**
- **Golpe de Ariete**
- **Catálogos de Fabricantes**
- **Leyes de Semejanza**
- **Número Específico de Revoluciones**
- **Influencia del Número de Alabes**
- **Punto de Funcionamiento**
- **Selección de una Bomba**

**Cebado de una Bomba (I):**

Una bomba “no es capaz” de crear altura de aspiración con aire en su interior

1ª Ec. EULER  $H_{G.H.} = \frac{u_2 \cdot c_{2u} - u_1 \cdot c_{1u}}{g}$

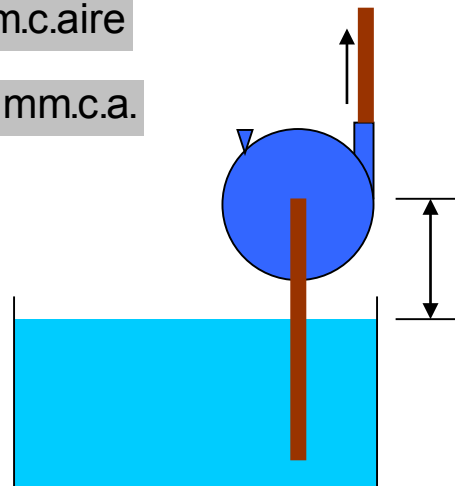
Independiente del fluido bombeado

Llena de aire, crea una altura en m.c.aire

$\rho_{\text{aire}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_{\text{agua}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$

1 m.c.a.  $\approx$  830 m.c.aire  
 1 m.c.aire  $\approx$  1,2 mm.c.a.

$H_{\text{geom}} = H_{\text{elev}} = H_{\text{imp}} + H_{\text{asp}}$   
 $H_{\text{util}} = H_{\text{man}} = H_{\text{elev}} + H_{L\text{-tub}}$   
 $H_{\text{Euler}} = H_{\text{total}} = H_{\text{man}} + H_{L\text{-intB}}$



Por cada m, la bomba debiera crear 830 m.c. para cebarse

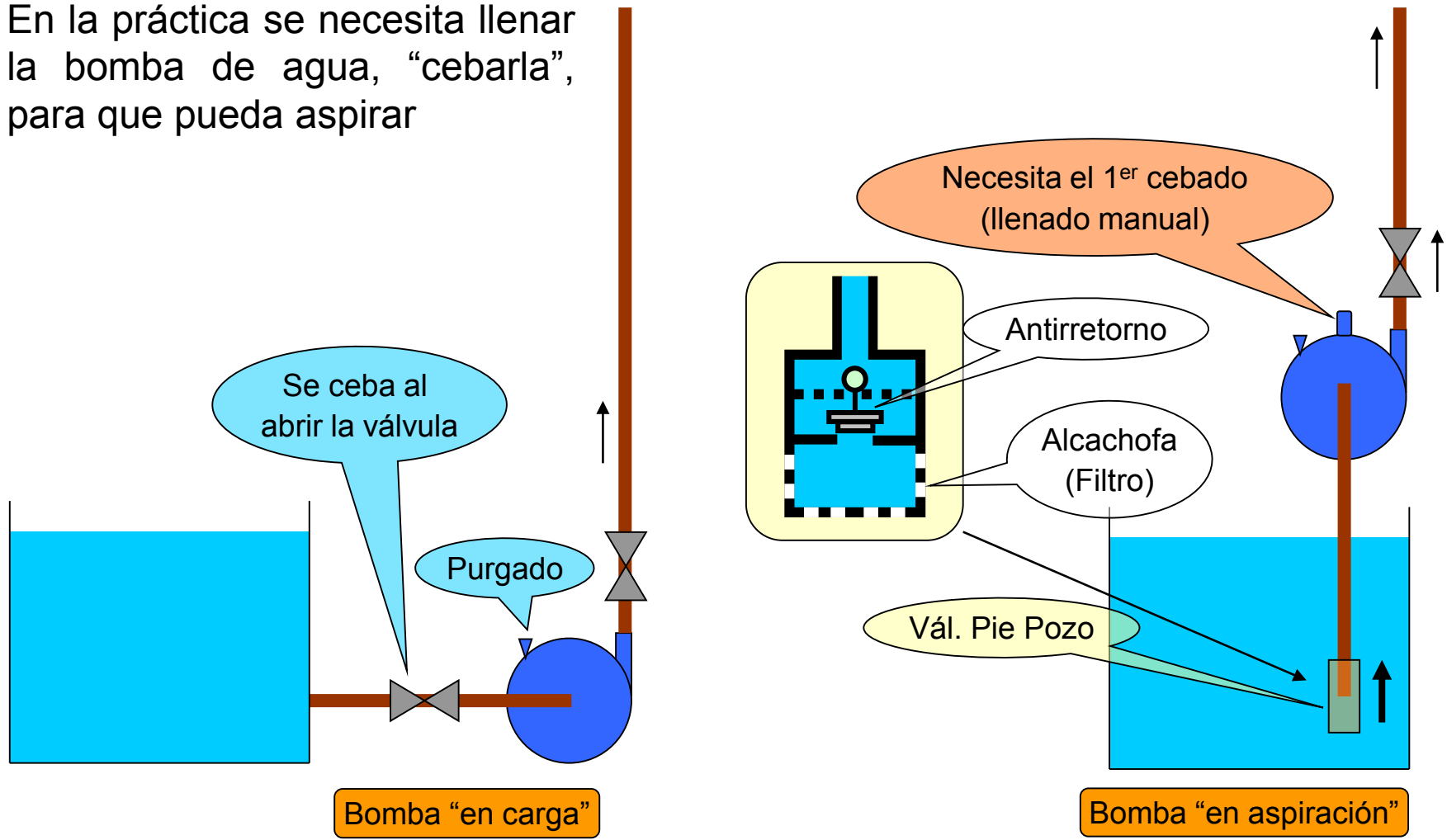
Una bomba que creara 100 m, sería capaz de cebarse 12 cm

Además limitado por la cavitación

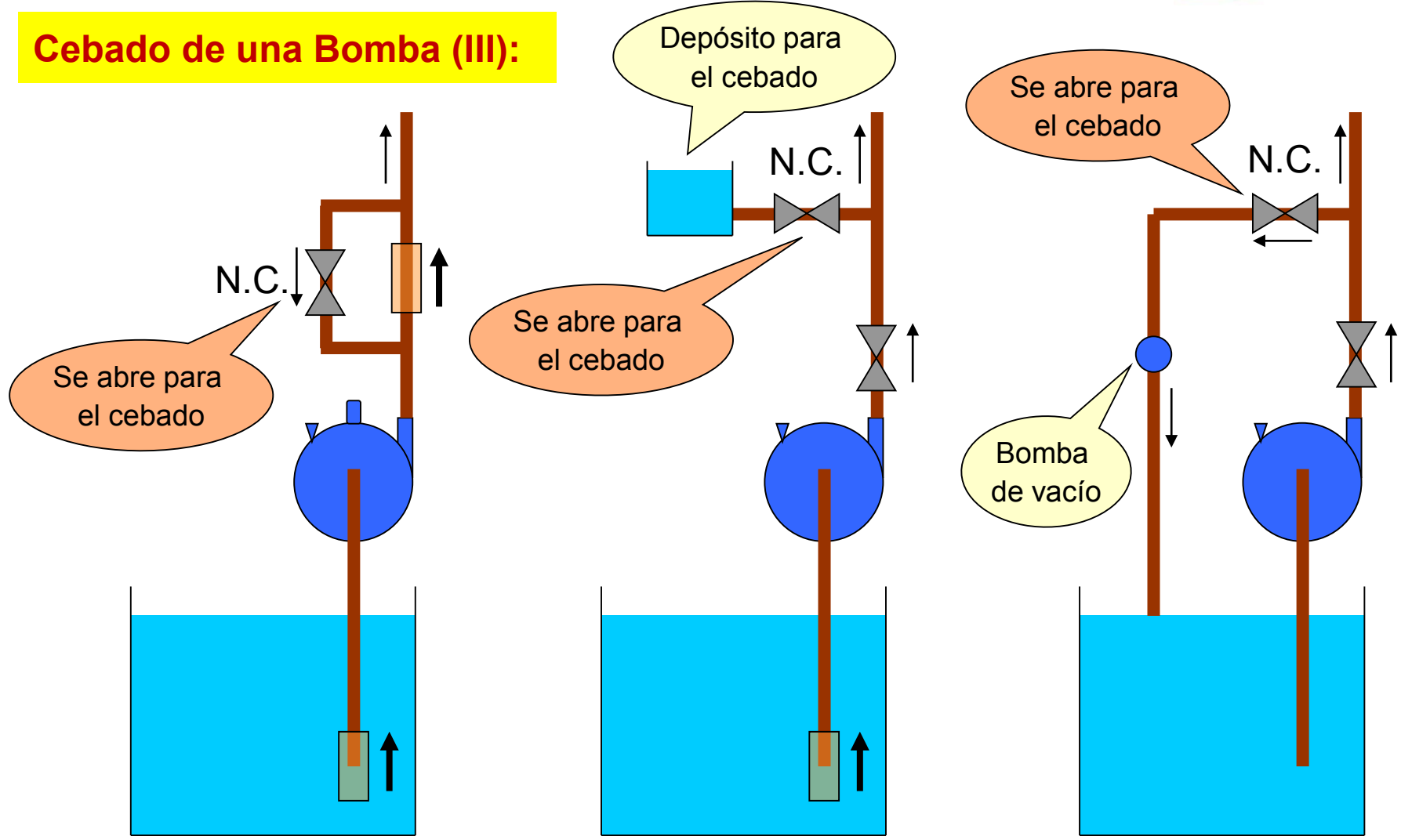
La  $P_{\text{atm}}$  es “la que hace ascender el agua”, por lo que el límite de aspiración de la bomba es:  $P_{\text{atm}} \approx 100.000 \text{ Pa} \approx 10 \text{ m.c.a.}$

**Cebado de una Bomba (II):**

En la práctica se necesita llenar la bomba de agua, “cebarla”, para que pueda aspirar



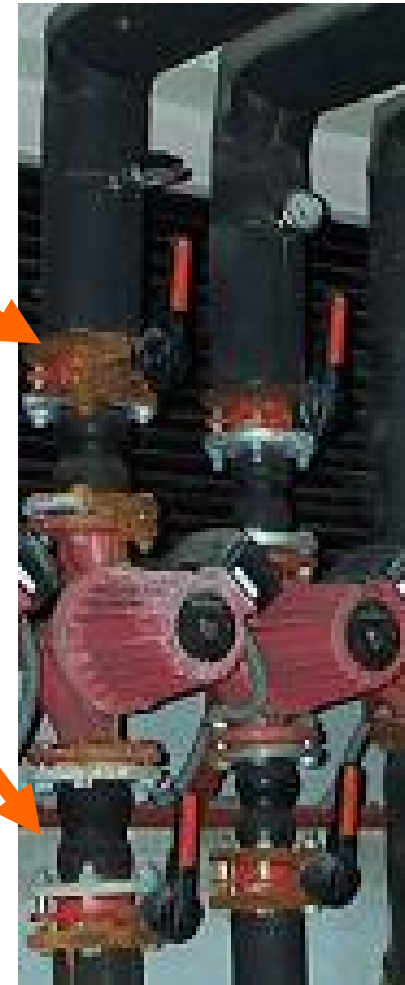
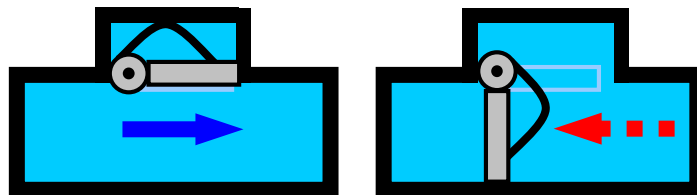
**Cebado de una Bomba (III):**



### Instalación de una Bomba (I):

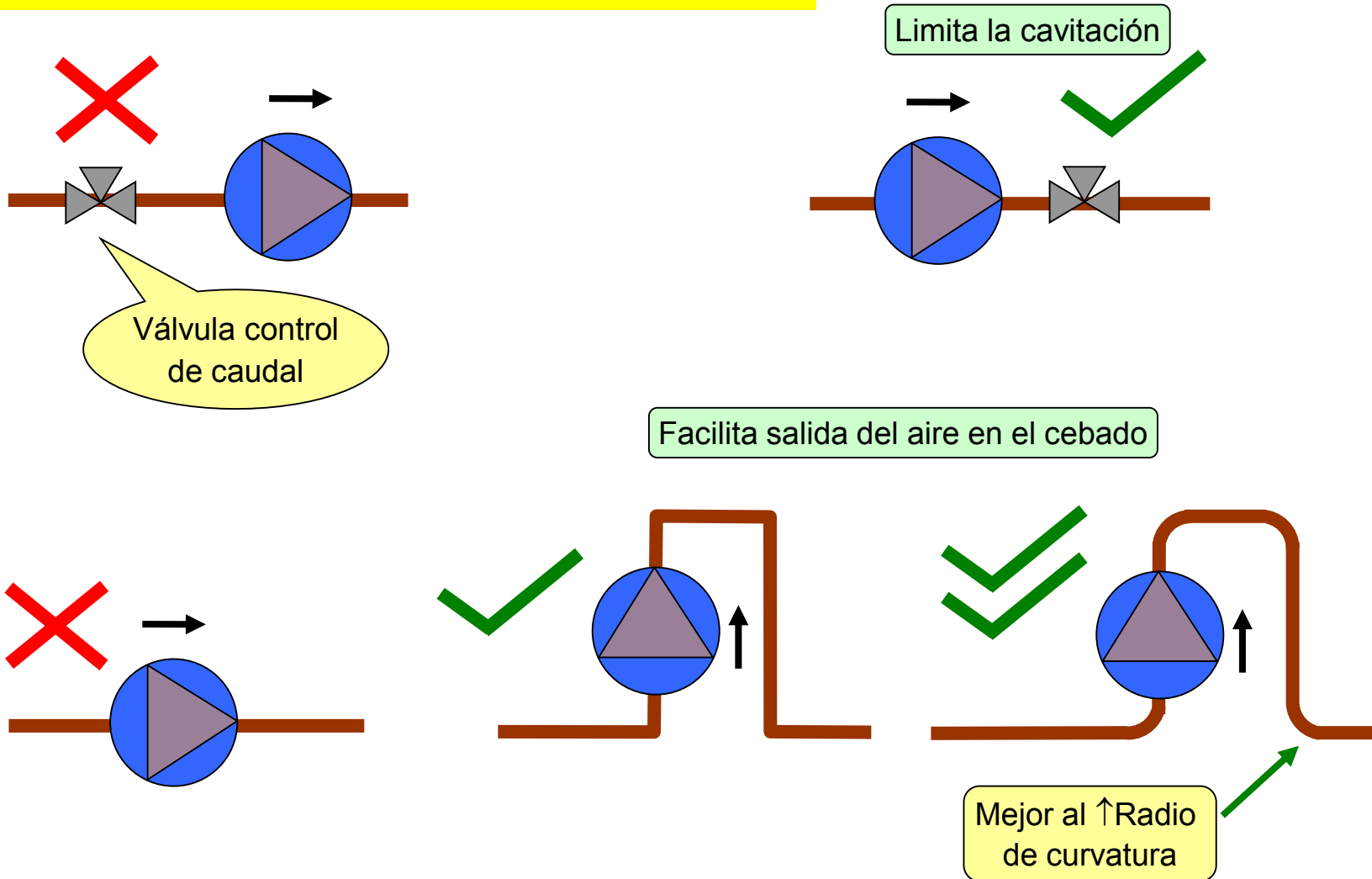
Se debe tener en cuenta:

- Lugar accesible y con espacio para mantenimiento
- Instalar válvulas de cierre antes y después (reparación)
- Fácil aspiración (limitar codos, válvulas, ...)
- Preveer el cebado
- Impulsión hacia arriba (facilitar la salida del aire)
- Mantener la alineación de las tuberías
- Si  $\varnothing_{\text{tubería}} \neq \varnothing_{\text{brida}}$  instalar conos difusores
- Colocar uniones flexibles para evitar transmisión de vibraciones
- Colocar elementos de medida (presión, T, caudal, ...)
- Considerar el llenado y vaciado de la red
- Instalar válvulas de retención

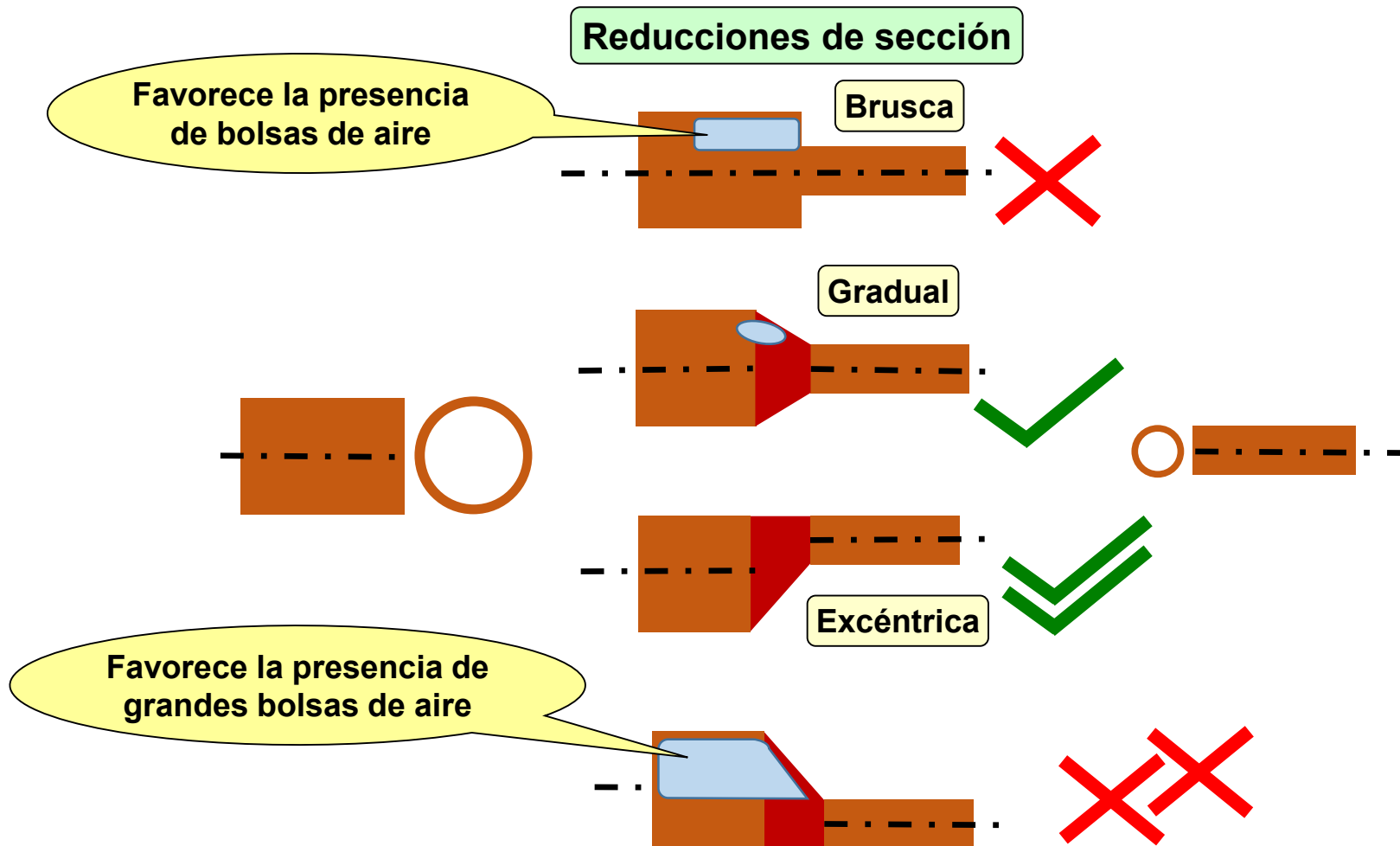




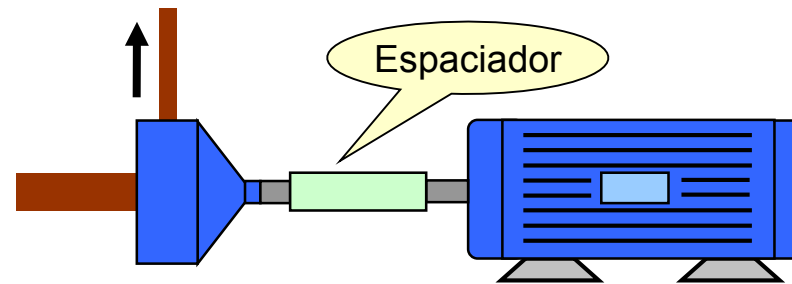
Instalación de una Bomba (II):



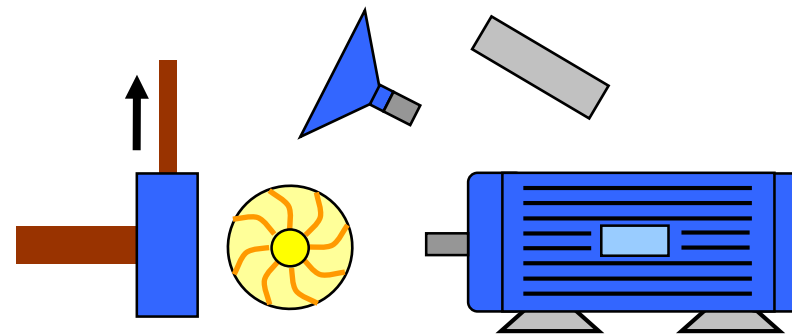
**Instalación de una Bomba (III):**



**Instalación de una Bomba (III):**

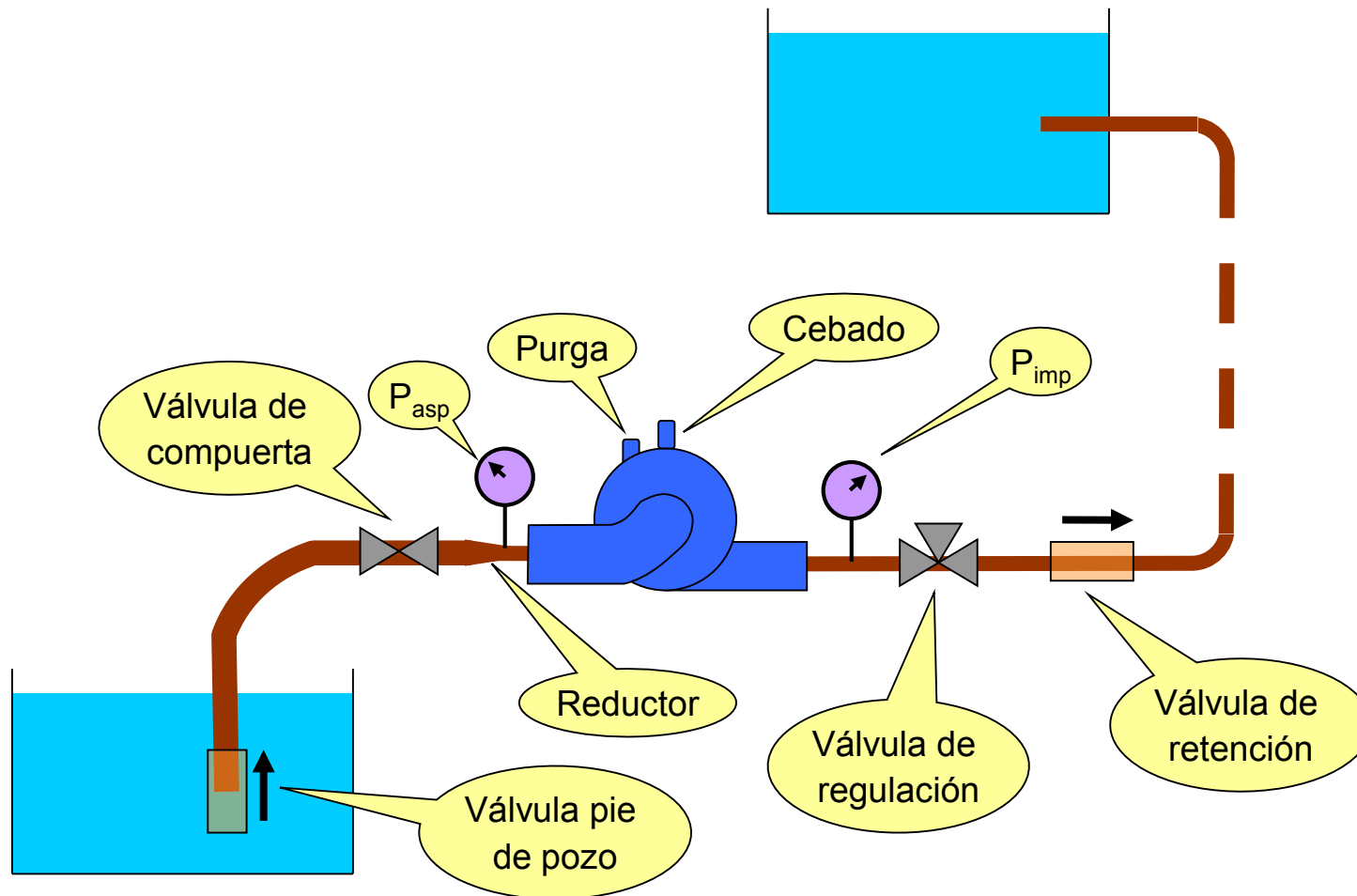


El espaciador permite desmontar la bomba sin soltar las tuberías ni mover el motor

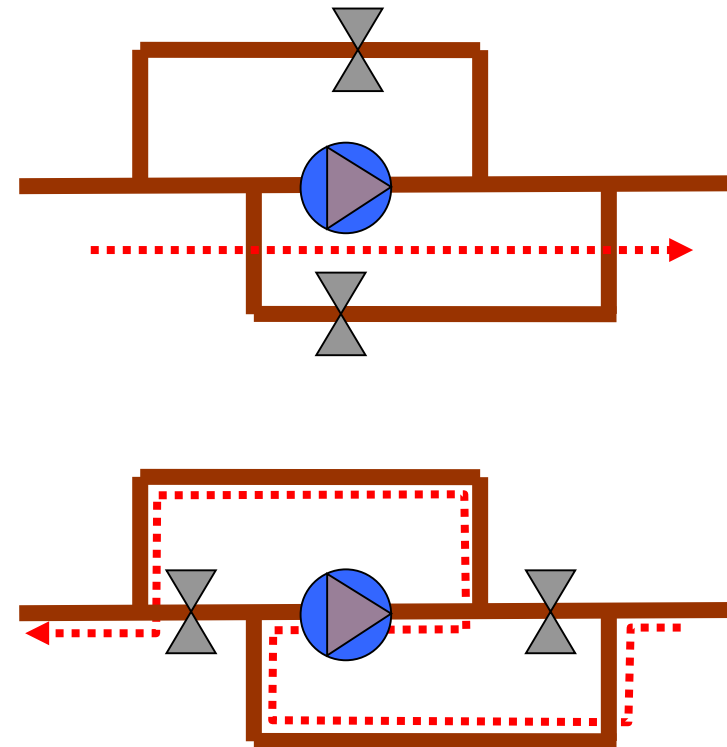
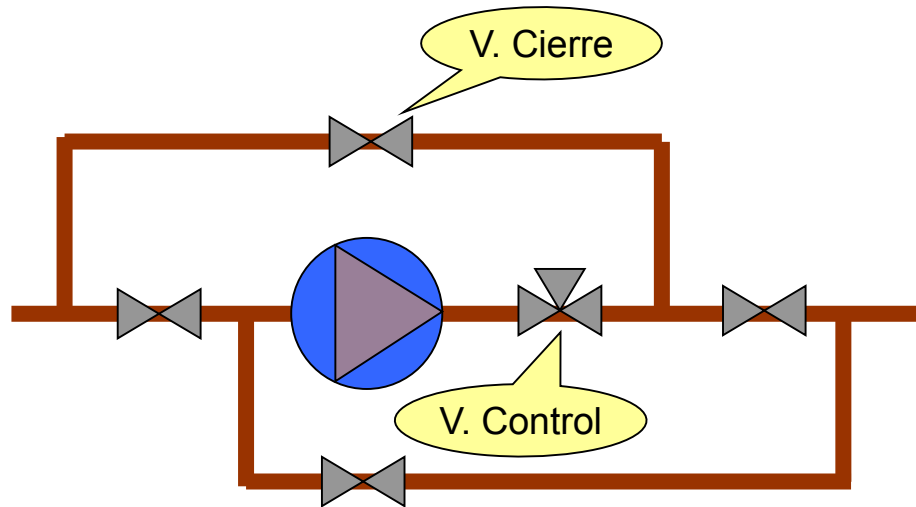


Cuidado con el correcto alineamiento

Instalación de una Bomba (III): Lineal

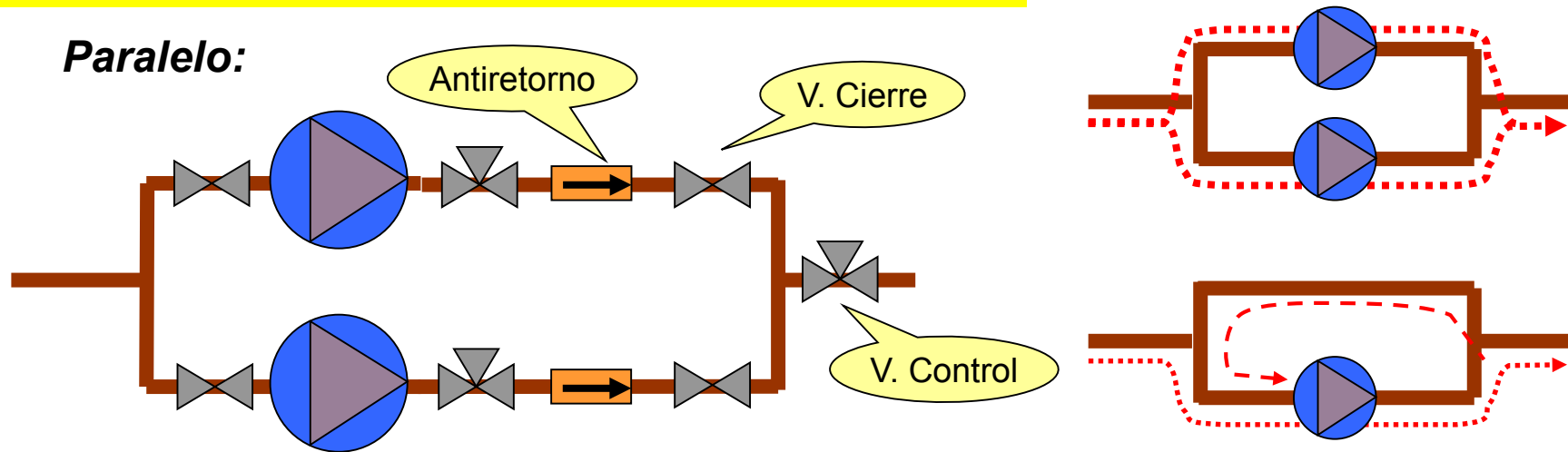


**Instalación de Bomba (V): Bidireccional**

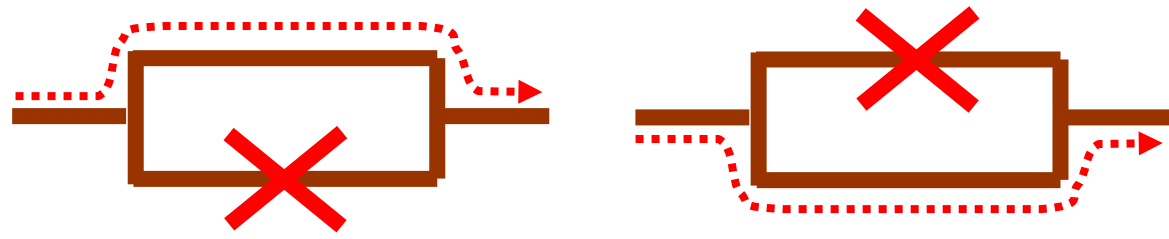


Instalación de Bombas (VI): Acoplamientos (I)

*Paralelo:*

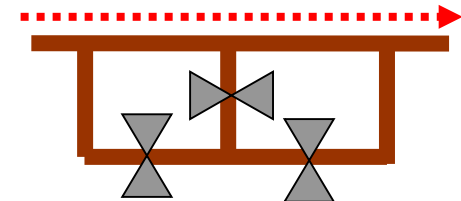
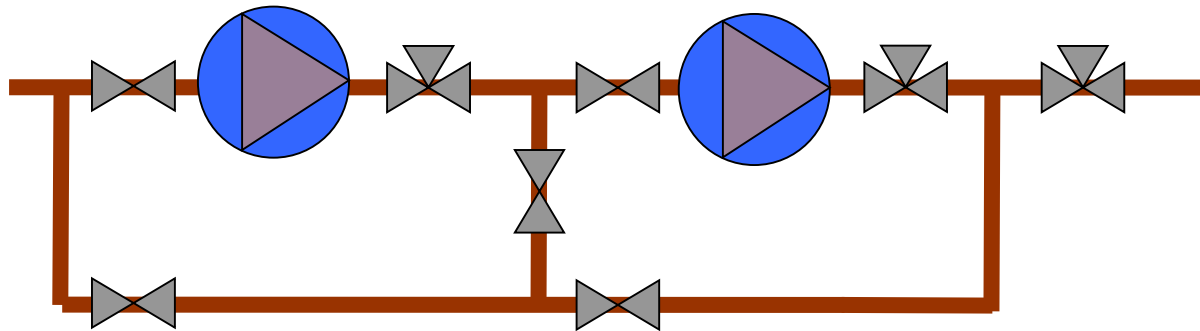


Las válvulas antiretorno evitan reflujos por paro de una bomba

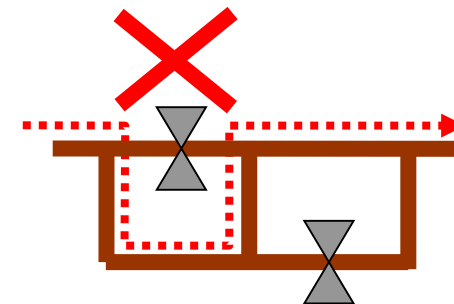
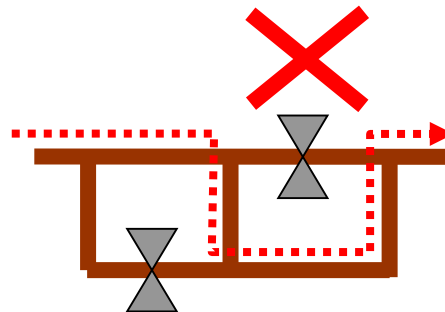


**Instalación de Bombas (VII): Acoplamiento (II)**

**Serie:**

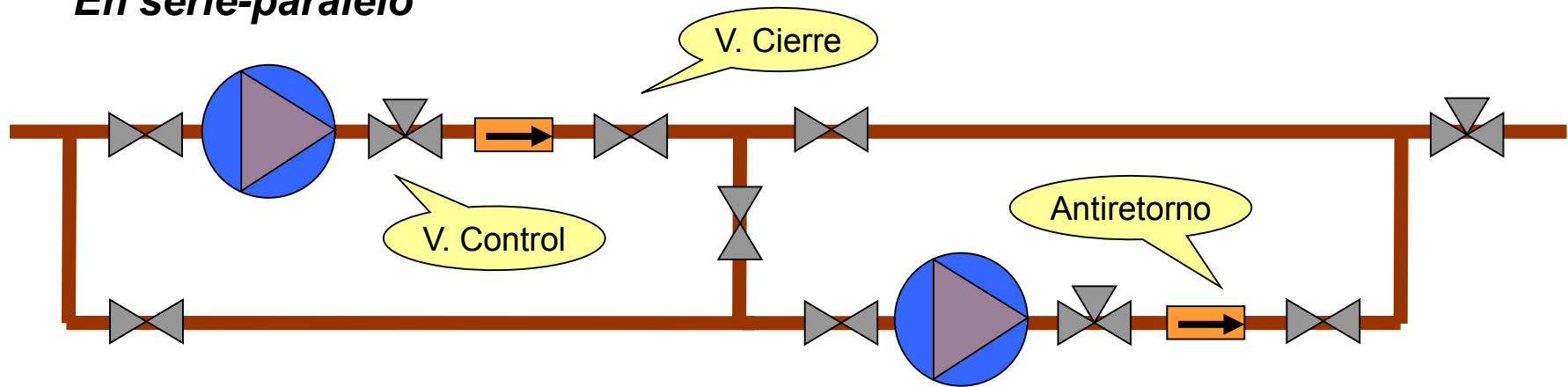


Se permite funcionar con sólo una bomba

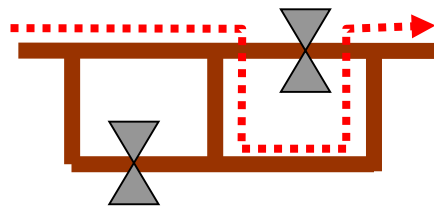


**Instalación de Bombas (VIII): Acoplamientos (III)**

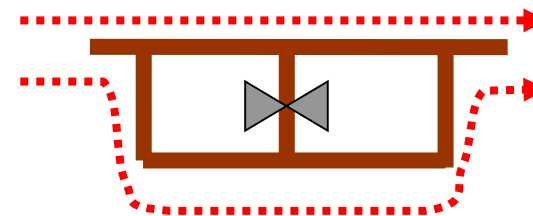
*En serie-paralelo*



Serie

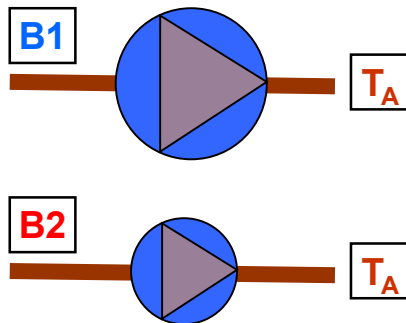


Paralelo



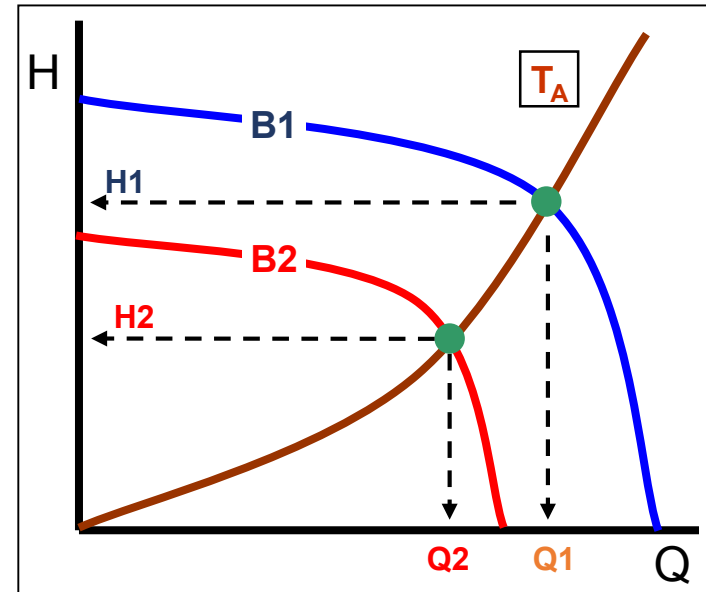
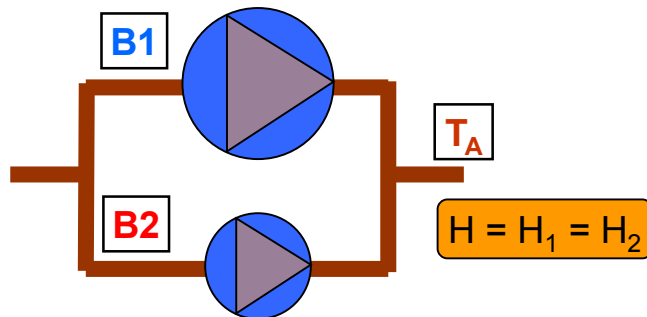


Acoplamiento de Bombas (I):



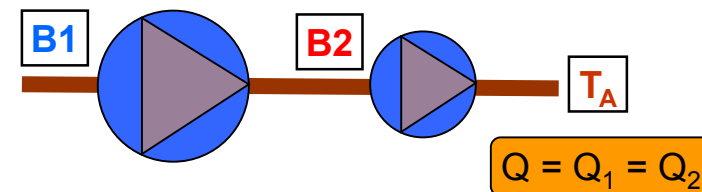
**Paralelo: “suma caudales”**

La presión suministrada por las dos bombas es la misma



**Serie: “suma alturas”**

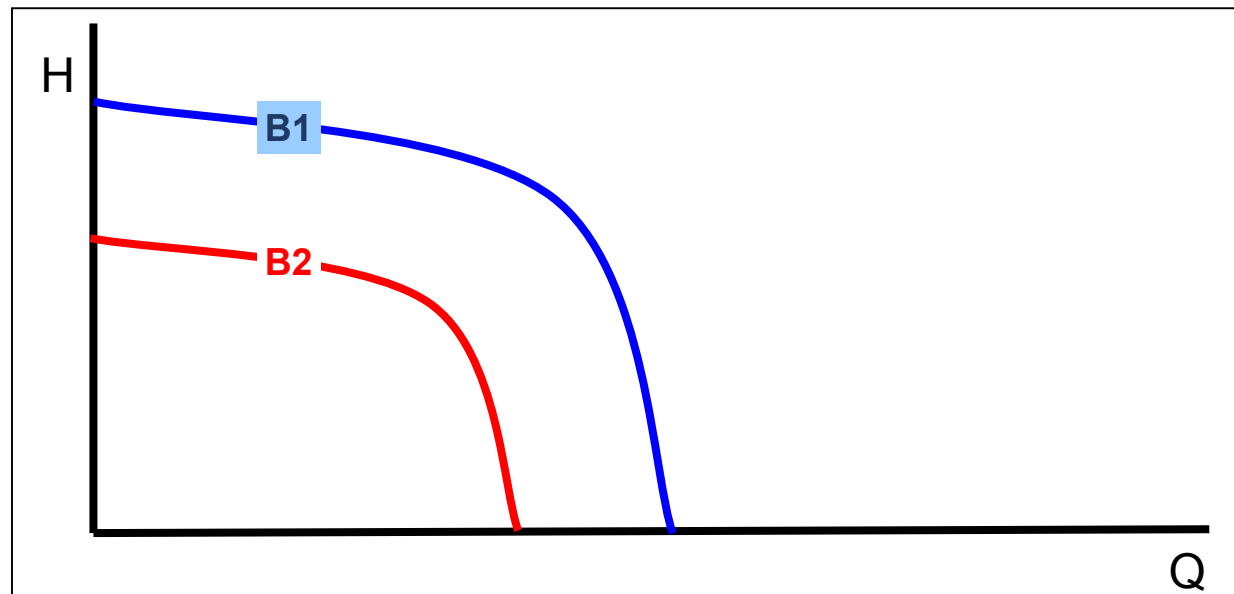
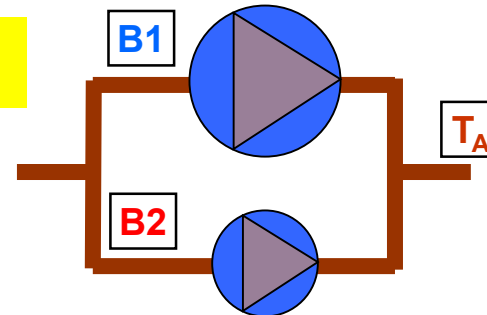
El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



**Acoplamiento de Bombas (II):**

**Paralelo: “suma caudales”**

La presión suministrada por las dos bombas es la misma

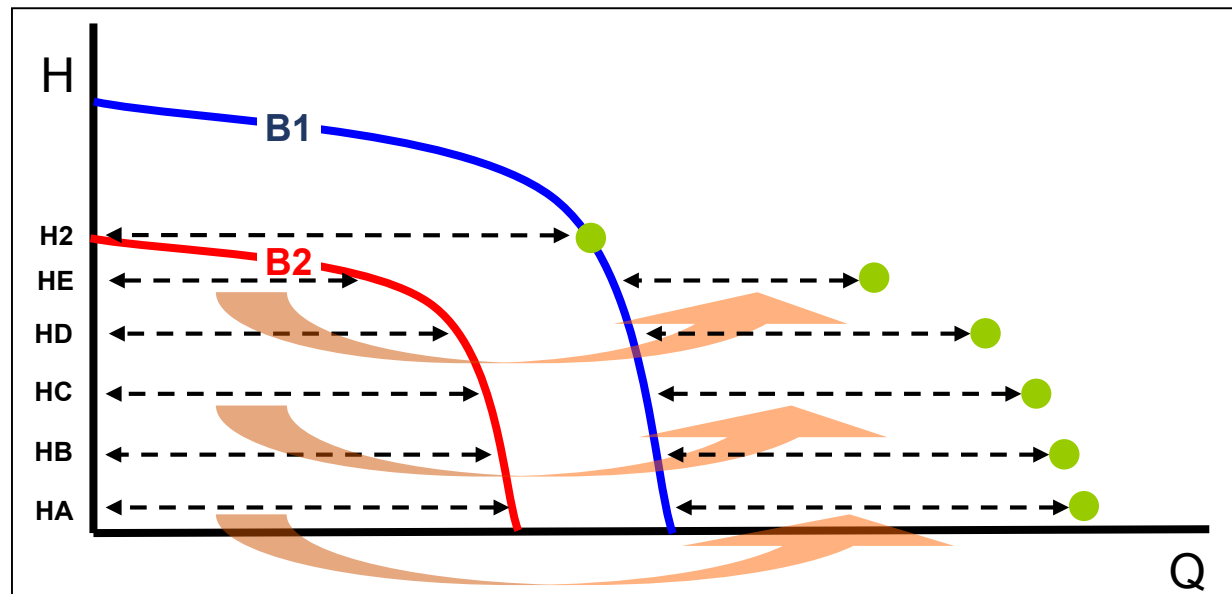
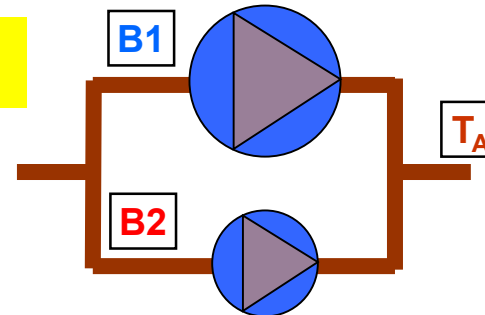


Para cada H se suman los Q

**Acoplamiento de Bombas (II):**

**Paralelo: “suma caudales”**

La presión suministrada por las dos bombas es la misma

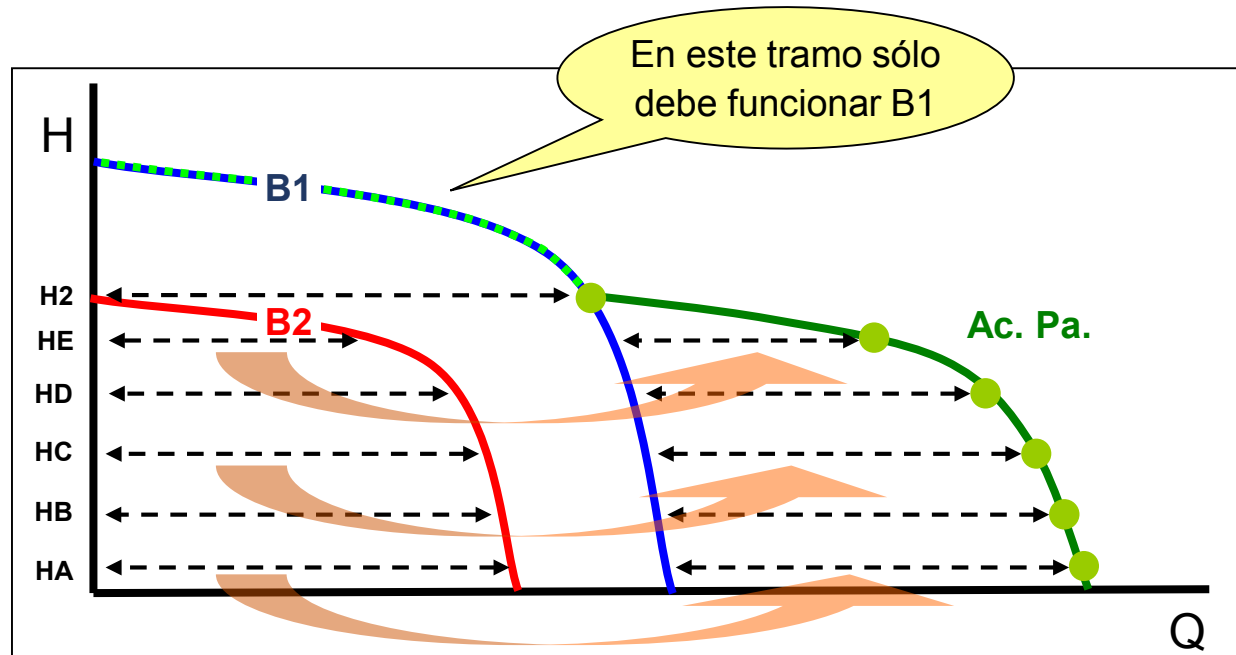
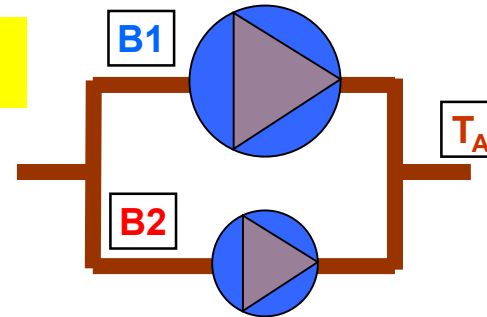


Para cada H se suman los Q

**Acoplamiento de Bombas (II):**

**Paralelo: “suma caudales”**

La presión suministrada por las dos bombas es la misma

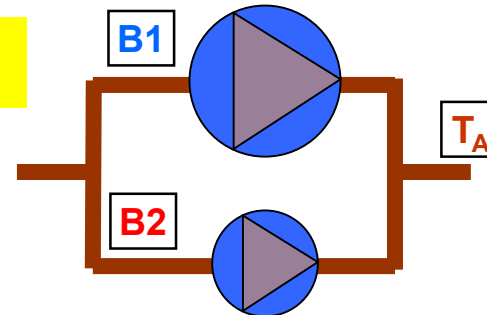


Para cada H se suman los Q

**Acoplamiento de Bombas (II):**

**Paralelo: “suma caudales”**

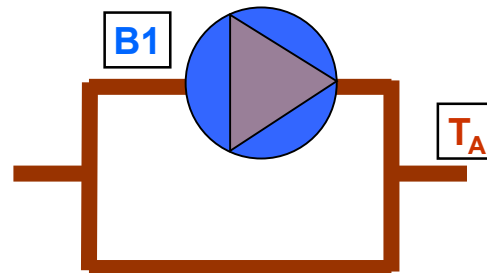
La presión suministrada por las dos bombas es la misma



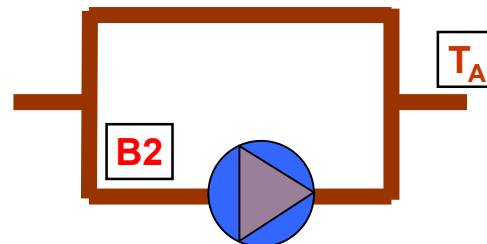
Q<sub>Ac.</sub>

$$Q_{Ac} < Q_1 + Q_2$$

El caudal resultante al enfrentar el acoplamiento a la misma tubería que cada una de las bombas individualmente, es menor que la suma de los caudales de las bombas individuales



Q<sub>1</sub>

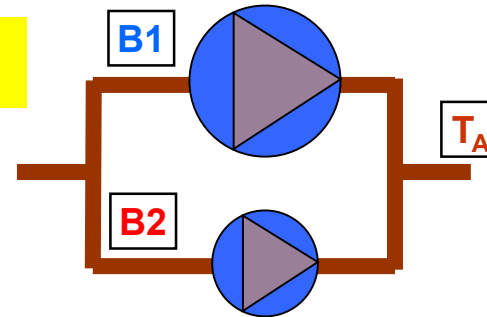


Q<sub>2</sub>

**Acoplamiento de Bombas (II):**

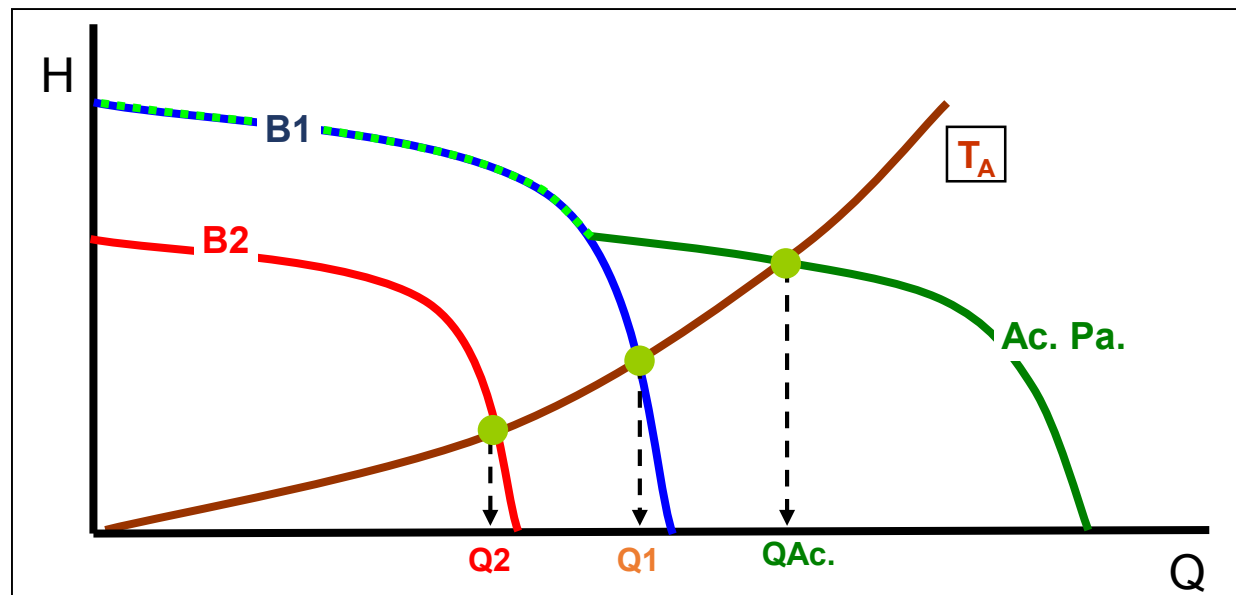
**Paralelo: “suma caudales”**

La presión suministrada por las dos bombas es la misma



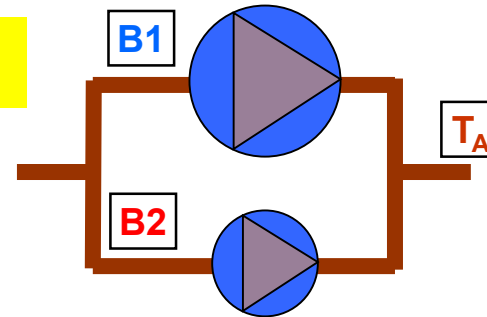
$$Q_{Ac} < Q_1 + Q_2$$

El caudal resultante al enfrentar el acoplamiento a la misma tubería que cada una de las bombas individualmente, es menor que la suma de los caudales de las bombas individuales



**Acoplamiento de Bombas (II):**

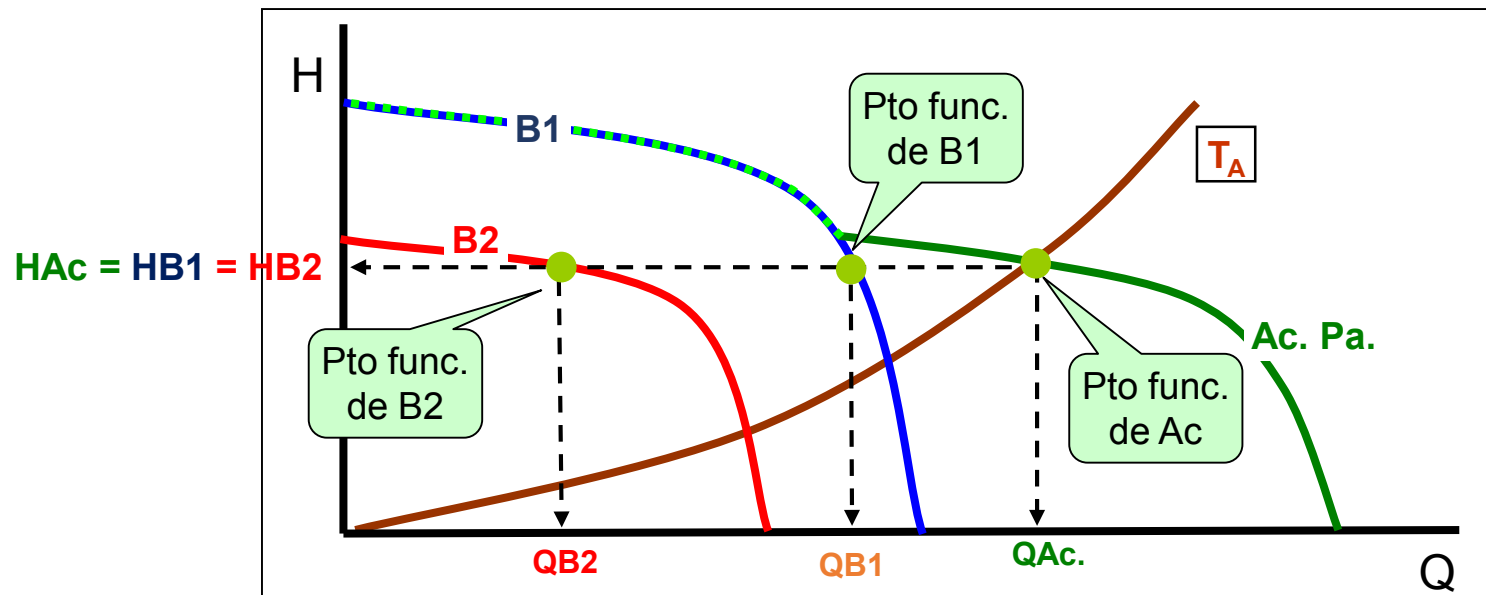
*Paralelo: "suma caudales"*



$Q_{Ac} < Q_1 + Q_2$

El caudal suministrado por cada bomba: Q<sub>B1</sub> y Q<sub>B2</sub>

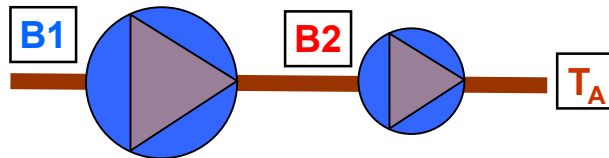
$Q_{Ac} = Q_{B1} + Q_{B2}$



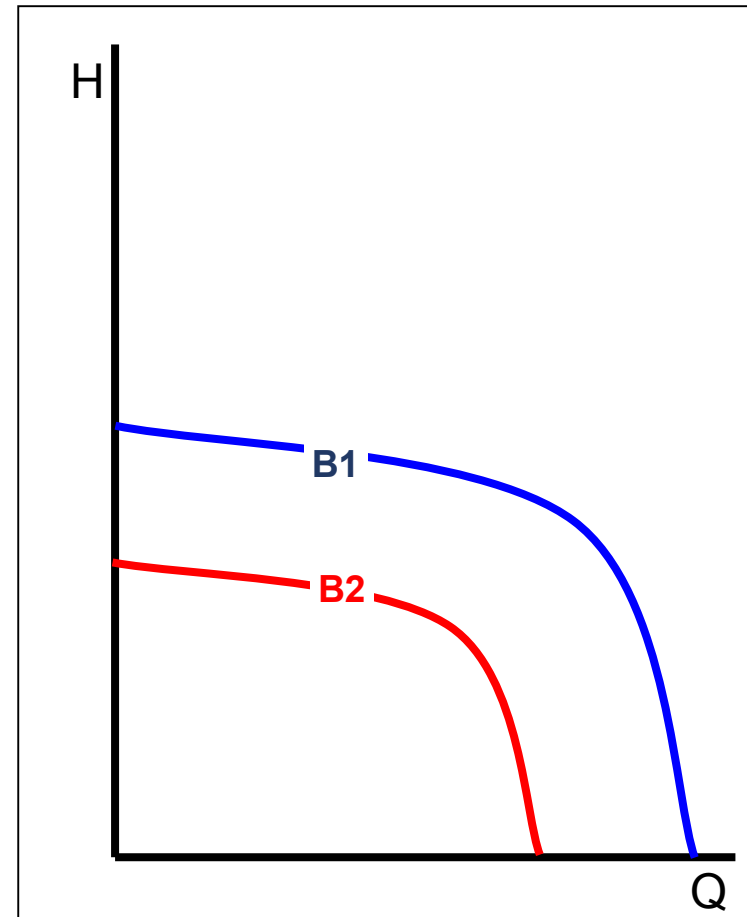
**Acoplamiento de Bombas (III):**

**Serie: “suma alturas”**

El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



Para cada Q se suman las H

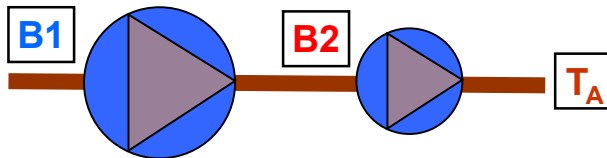




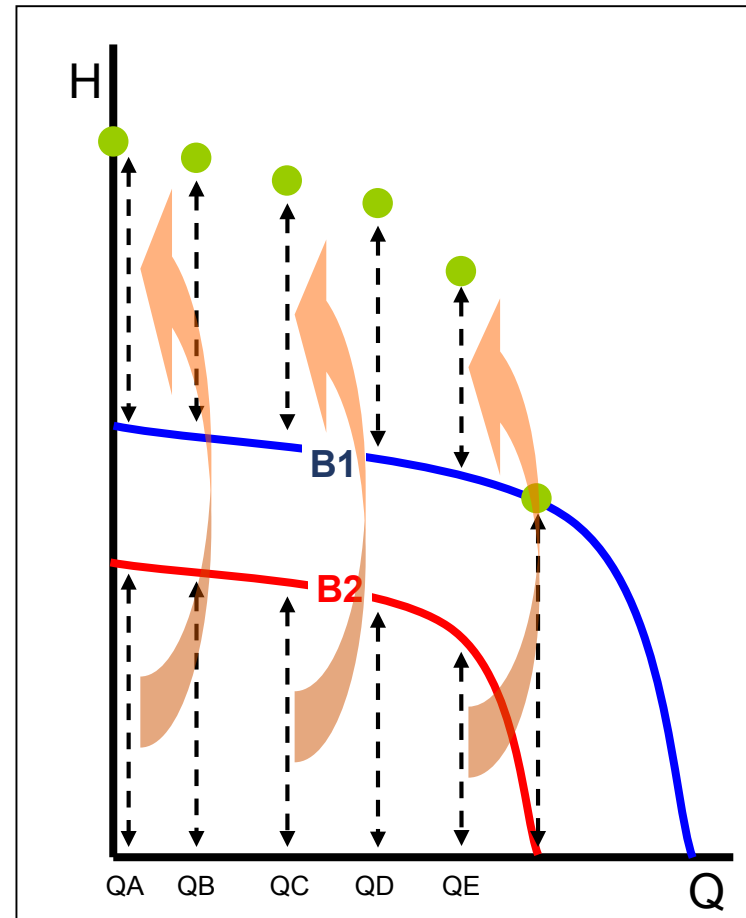
**Acoplamiento de Bombas (III):**

**Serie: “suma alturas”**

El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



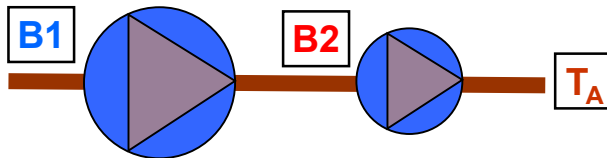
Para cada Q se suman las H



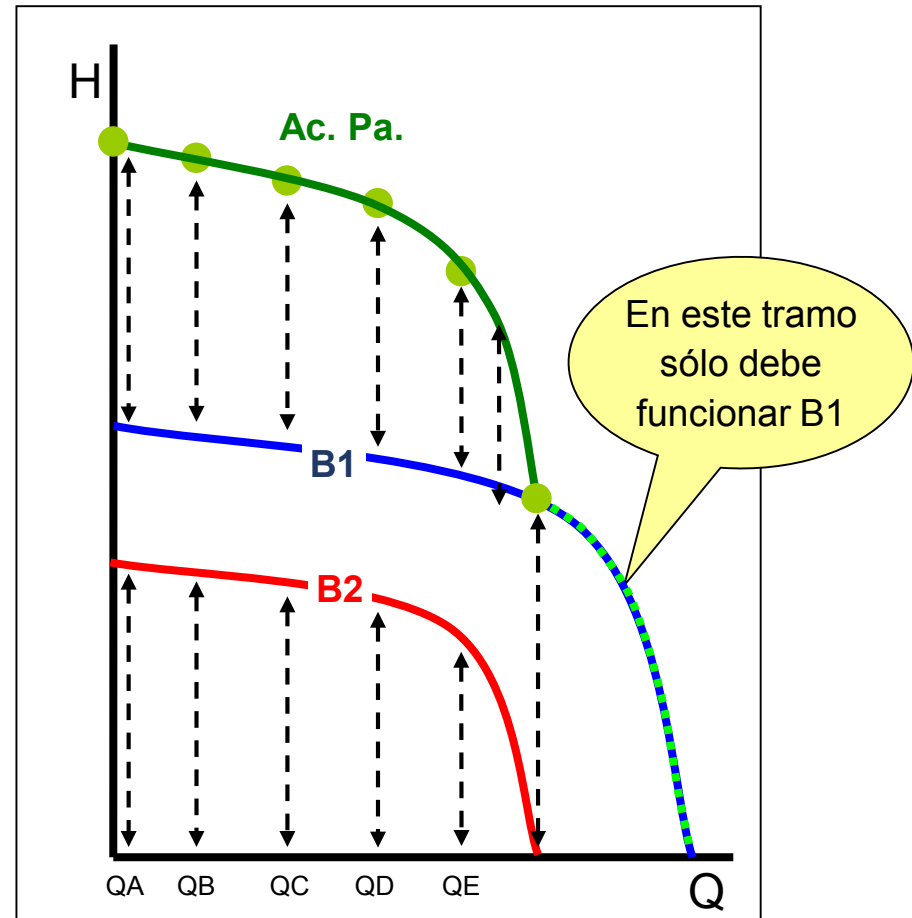
**Acoplamiento de Bombas (III):**

**Serie: "suma alturas"**

El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



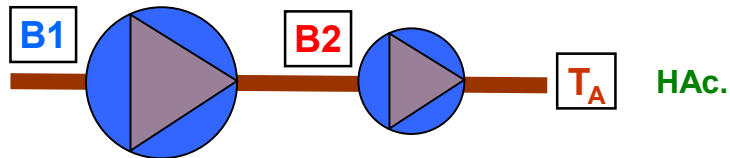
Para cada Q se suman las H



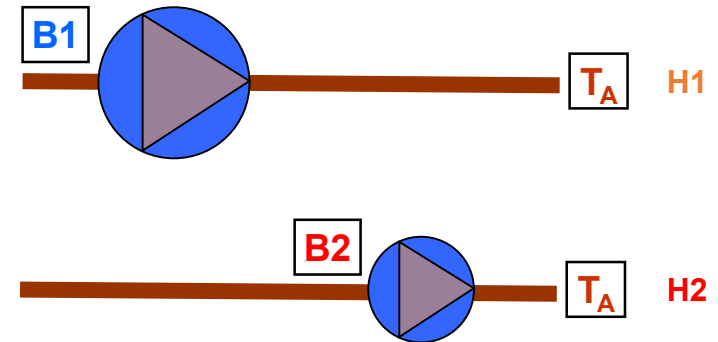
**Acoplamiento de Bombas (III):**

**Serie: “suma alturas”**

El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



$$H_{Ac} < H_1 + H_2$$

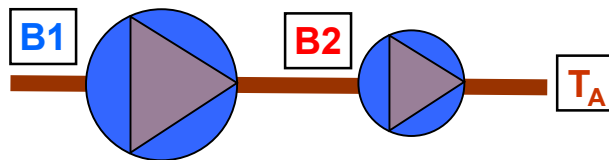


La altura resultante al enfrentar el acoplamiento a la misma tubería que cada una de las bombas, es menor que la suma de las alturas de las bombas individuales

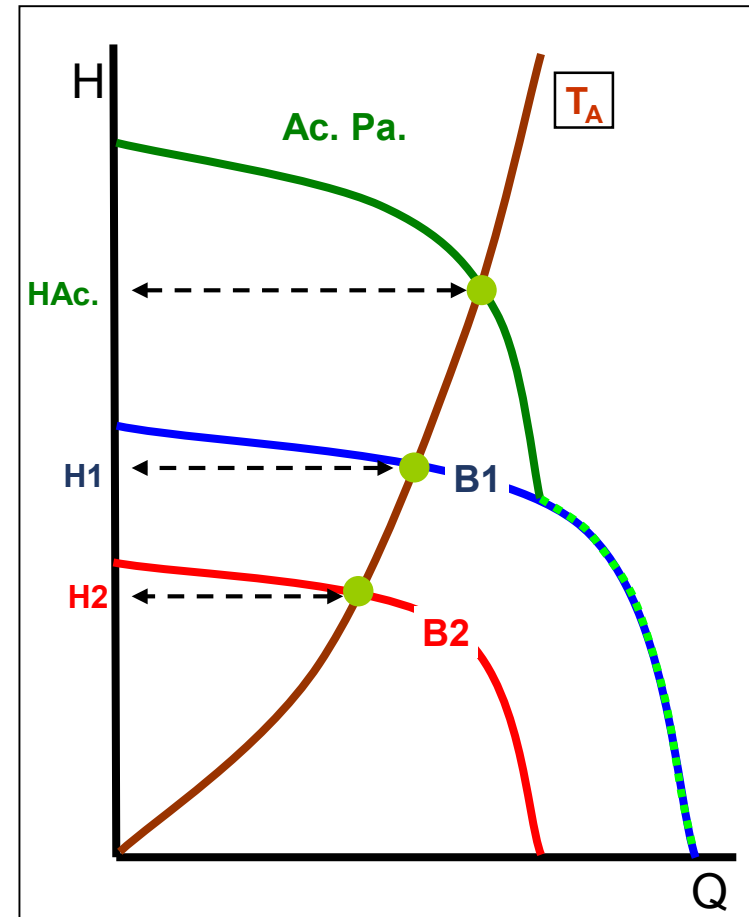
**Acoplamiento de Bombas (III):**

**Serie: "suma alturas"**

El caudal suministrado por las dos bombas es el mismo



$$H_{Ac} < H_1 + H_2$$

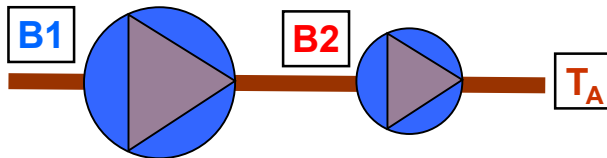


La altura resultante al enfrentar el acoplamiento a la misma tubería que cada una de las bombas, es menor que la suma de las alturas de las bombas individuales

**Acoplamiento de Bombas (III):**

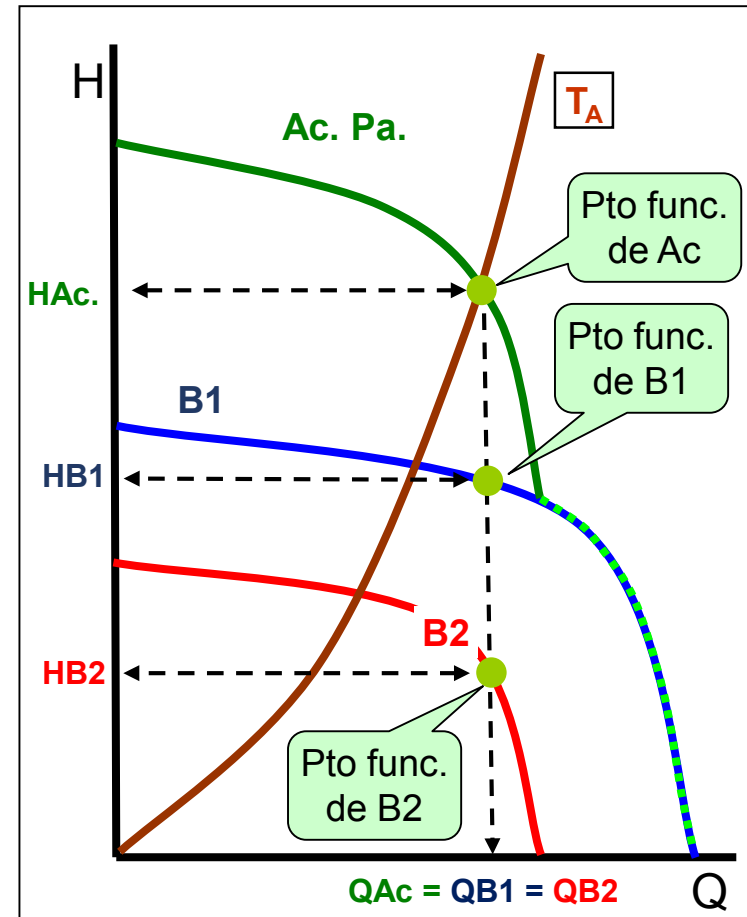
**Serie: "suma alturas"**

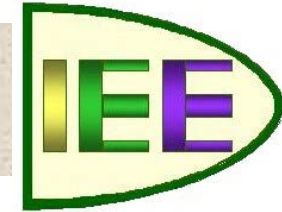
La presión suministrada por cada una de las dos bombas HB1 y HB2



$H_{Ac} < H_1 + H_2$

$H_{Ac} = H_{B1} + H_{B2}$





**Acoplamiento de Bombas (IV):**

**Paralelo: "suma caudales"**

{	si $H_{B1Max} = H_{B2Max}$	$\Rightarrow Q_{BP} = Q_{B1} + Q_{B2}$	$\Rightarrow H_{BP} = H_{B1} = H_{B2}$	Caso "Normal"
	si $H_{B1Max} > H_{B2Max}$	$\Rightarrow$ si $H_T < H_{B2Max} \Rightarrow Q_{BP} = Q_{B1} + Q_{B2}$	$\Rightarrow H_{BP} = H_{B1} = H_{B2}$	"Normal"
		$\Rightarrow$ si $H_T > H_{B2Max} \Rightarrow Q_{BP} = Q_{B1}$	$\Rightarrow H_{BP} = H_{B1}$	Sólo B1
si $H_{B2Max} > H_{B1Max}$	$\Rightarrow$ si $H_T < H_{B1Max} \Rightarrow Q_{BP} = Q_{B1} + Q_{B2}$	$\Rightarrow H_{BP} = H_{B1} = H_{B2}$	"Normal"	
	$\Rightarrow$ si $H_T > H_{B1Max} \Rightarrow Q_{BP} = Q_{B2}$	$\Rightarrow H_{BP} = H_{B2}$	Sólo B2	

**Serie: "suma alturas"**

si $Q_{B1Max} = Q_{B2Max}$	$\Rightarrow H_{BS} = H_{B1} + H_{B2}$	$\Rightarrow Q_{BS} = Q_{B1} = Q_{B2}$	"Normal"	
{	si $Q_{B1Max} > Q_{B2Max}$	$\Rightarrow$ si $Q_T < Q_{B2Max} \Rightarrow H_{BS} = H_{B1} + H_{B2}$	$\Rightarrow Q_{BS} = Q_{B1} = Q_{B2}$	"Normal"
		$\Rightarrow$ si $Q_T > Q_{B2Max} \Rightarrow H_{BS} = H_{B1}$	$\Rightarrow Q_{BS} = Q_{B1}$	Sólo B1
{	si $Q_{B2Max} > Q_{B1Max}$	$\Rightarrow$ si $Q_T < Q_{B1Max} \Rightarrow H_{BS} = H_{B1} + H_{B2}$	$\Rightarrow Q_{BS} = Q_{B1} = Q_{B2}$	"Normal"
		$\Rightarrow$ si $Q_T > Q_{B1Max} \Rightarrow H_{BS} = H_{B2}$	$\Rightarrow Q_{BS} = Q_{B2}$	Sólo B2