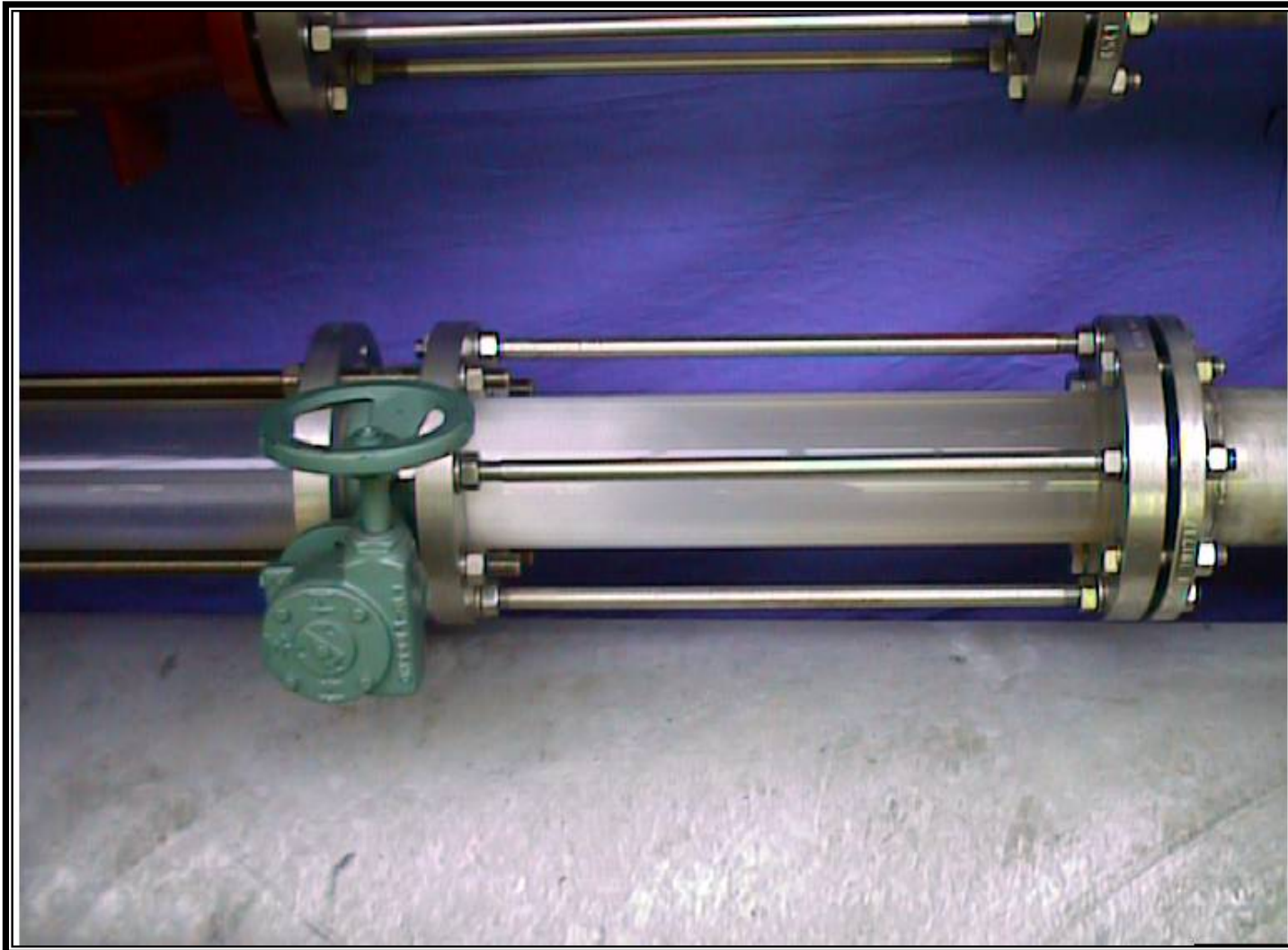


La cavitación en sistemas de tuberías



¿Que es la cavitación ?

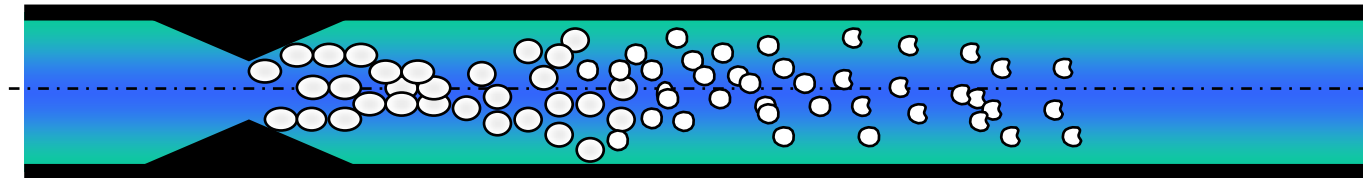
La cavitación es un fenómeno físico, mediante el cual un líquido, en determinadas condiciones, pasa a estado gaseoso y unos instantes después pasa nuevamente a estado líquido.

Este fenomeno tiene dos fases:

Fase 1.- Cambio de **estado líquido** a **estado gaseoso**.

Fase 2.- Cambio de **estado gaseoso** a **estado líquido**.

liquido \Rightarrow vapor \Rightarrow liquido



¿Cuándo puede haber cavitación ?

La cavitación es un fenómeno muy frecuente en sistemas hidráulicos donde se dan cambios bruscos de la velocidad del líquido.

Ejemplos:

En partes móviles:

- **Álabes de turbinas**
- **Rodetes de bombas**
- **Hélices de barcos**

En partes no móviles:

- **Estrangulamientos bruscos**
- **Regulación mediante orificios**
- **En válvulas reguladoras**

Las siguientes diapositivas describen el fenómeno en la regulación con válvulas. Las explicaciones son aplicables a los otros ejemplos.

¿Cuales son los efectos de la cavitación ?

Efectos:

- **Ruidos y golpeteos.**
- **Vibraciones.**
- **Erosiones del material (daños debidos a la cavitacion).**

Cavitación en una válvula de mariposa.

Condiciones de funcionamiento:

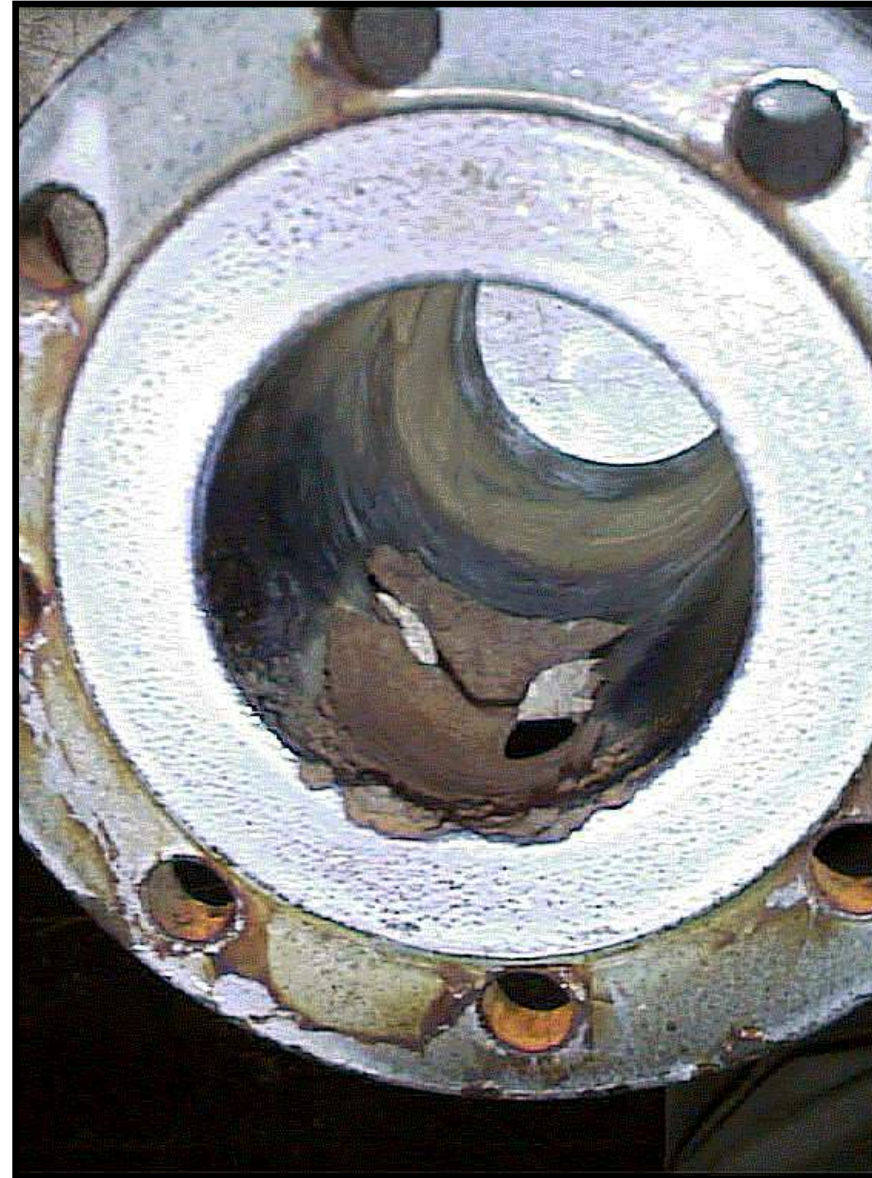
- Presión aguas arriba:
1.2 ÷ 1.4 bares
- Presión aguas abajo:
0.1 bares
- Velocidad del fluido:
2.2 m/seg
(referida al diámetro
nominal)
- Tiempo en funcionamiento:
2 años
- Grado de apertura del disco:
aproximadamente.- 30°



Daños típicos de la cavitación

Cavitación en una válvula de compuerta.

La válvula de compuerta no ha estado completamente cerrada y en la sección de paso la velocidad ha sido muy alta. Después de tres meses de funcionamiento el cuerpo de la válvula muestra los daños de la fotografía.











Daños típicos de la cavitación

Cavitación en el pistón de una válvula de paso anular.

Pueden aparecer daños por cavitación debido a un mal dimensionado de una válvula reguladora, tal como puede verse en la fotografía adjunta.



¿Cómo aparece la cavitación?

Un líquido se evapora cuando la energía no es suficiente para mantener las moléculas unidas, entonces estas se separan unas de otras y aparecen burbujas de vapor.

En las siguientes diapositivas se muestra como ocurre esto para el caso mas comun,

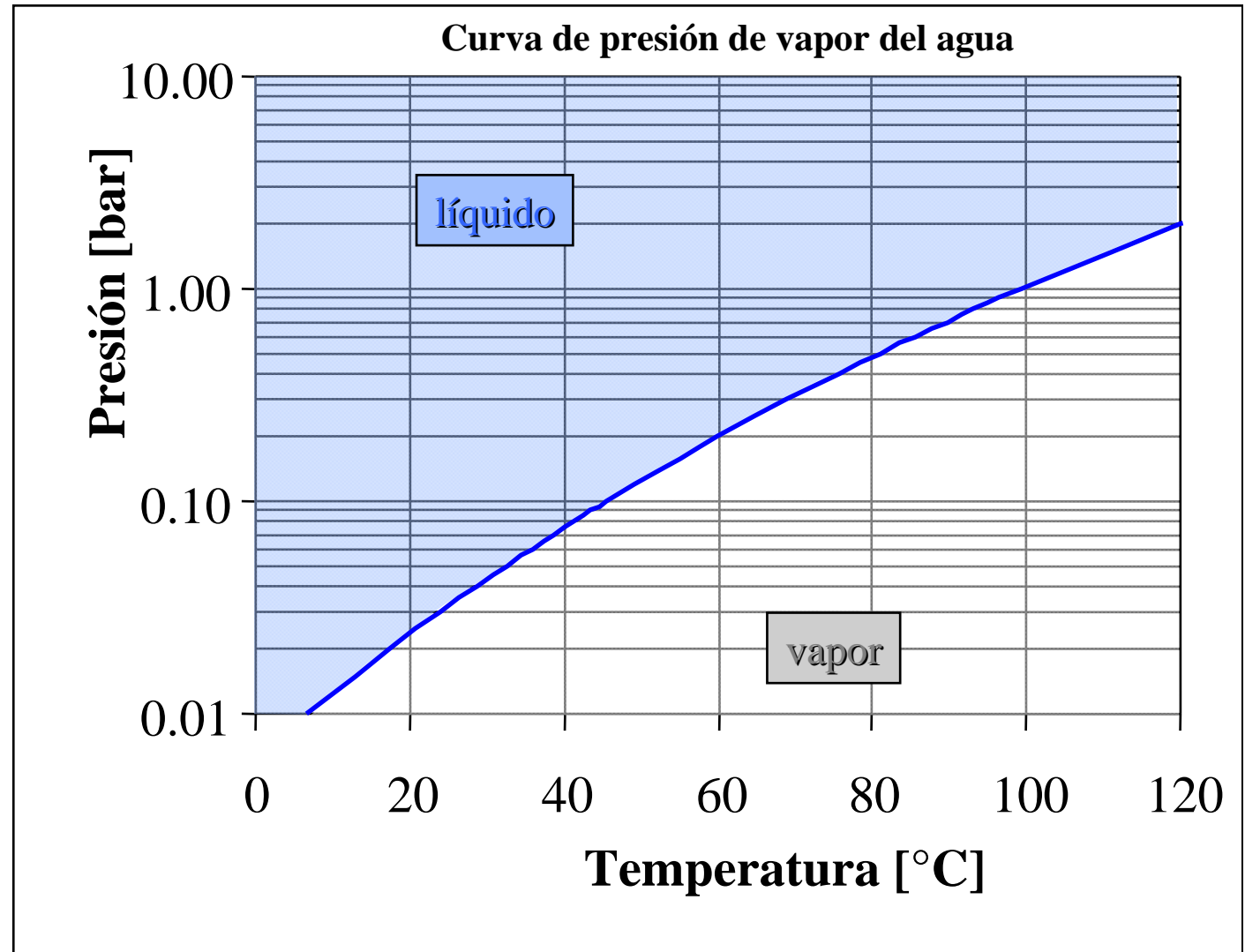
el agua.

¿Cuándo se evapora el agua (I)?

La condición de paso de líquido a vapor depende de dos parámetros:

- **temperatura**
- **presión**

La correlación es lo que se conoce como **curva característica de la presión de vapor**.



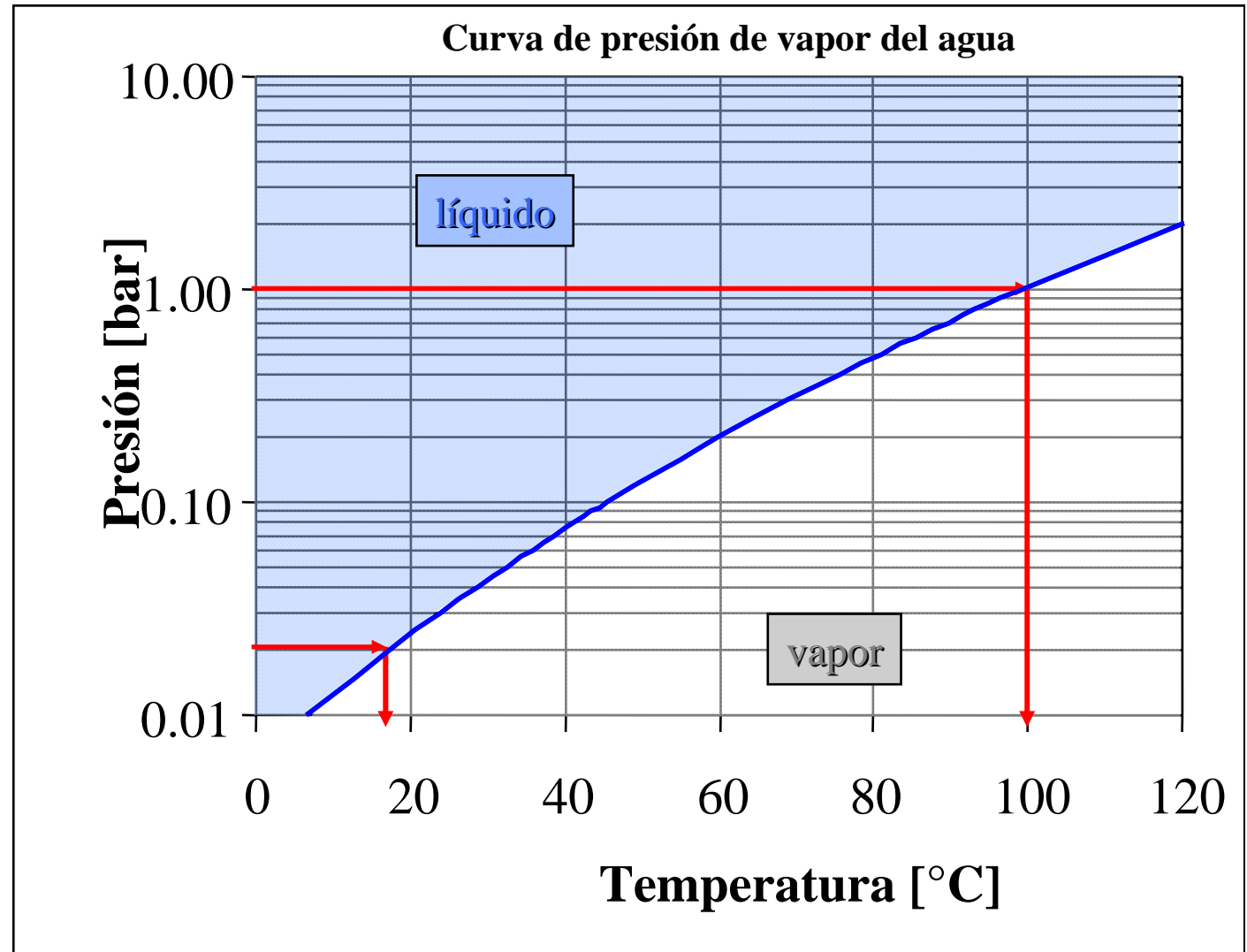
¿Cuándo se evapora el agua (II) ?

A presión atmosférica (1 bar) el agua se evapora a 100°C.

Cuando la presión decrece, el proceso de evaporación comienza a una temperatura menor.

Ejemplo:

A una presión de 0.02 bares el agua se evapora a una temperatura aproximada de 18°C.



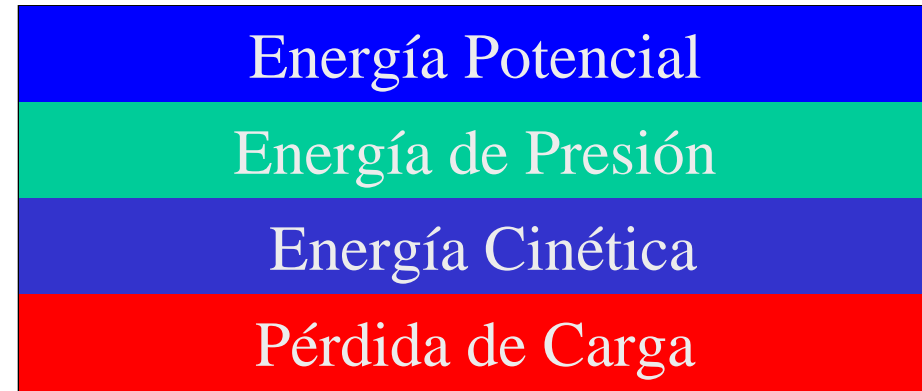
¿Por que el agua a veces está a menor presión que su presión de vapor?

El agua que fluye por las tuberías está generalmente a presión, producida por una bomba o debido a una diferencia de alturas (proveniente de un depósito) y es considerablemente mayor que la presión de vapor.

Para comprender por que razón la presión del agua en el punto de estrangulamiento de una valvula llega a ser menor que la presión de vapor, estudiaremos el **balance de energia** de el fluido.

Energía contenida en un fluido

La **energía total** de un fluido está compuesta de los siguientes tipos de energías:



+

¡La suma de todas estas energías es constante!

Σ constante

Teorema de Bernoulli

Evolución de los tipos de energías

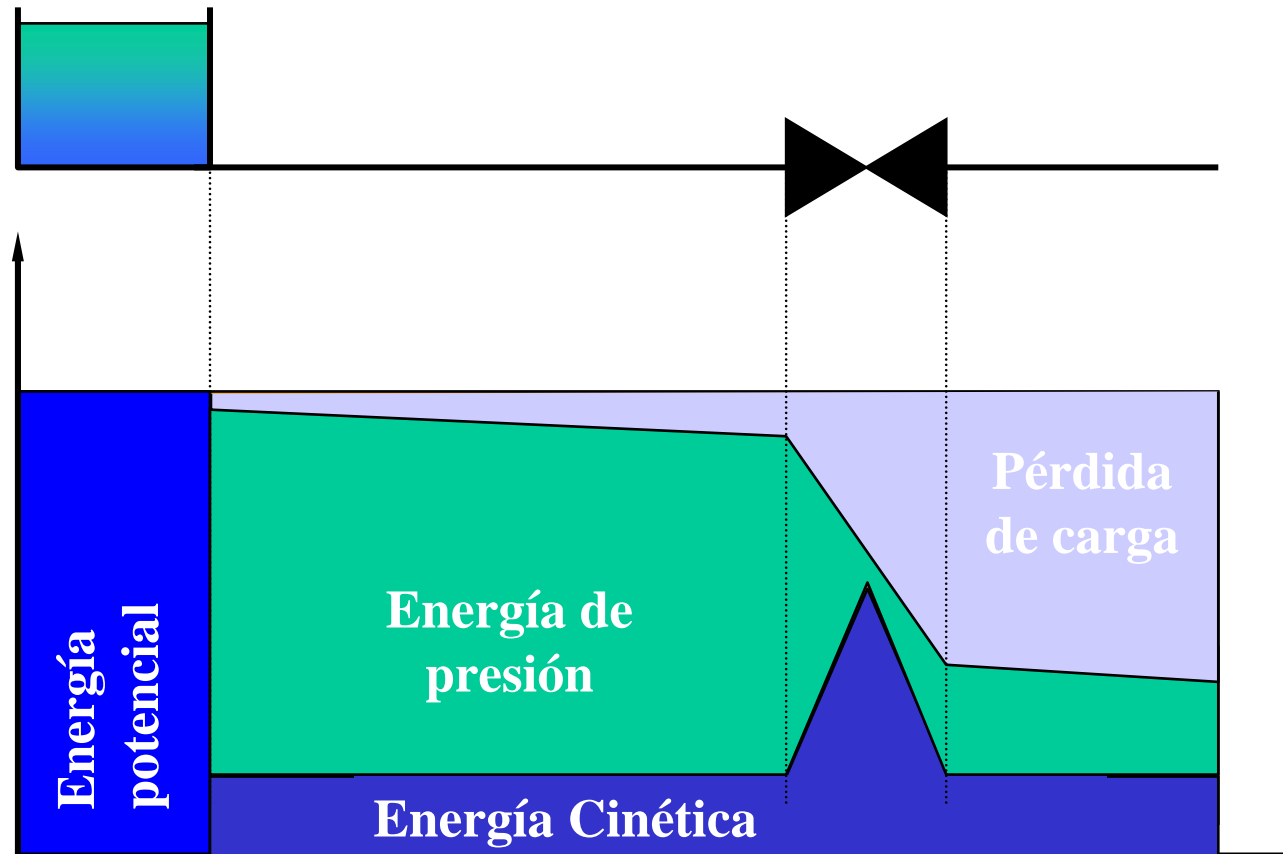
La **energía total** almacenada en el depósito debido a la carga estática acumulada en el mismo es la **energía potencial** del sistema.

Cuando circula un caudal por la tubería horizontal la **energía potencial** disponible se convierte en:

Energía cinética

Energía de presión

Pérdida de carga

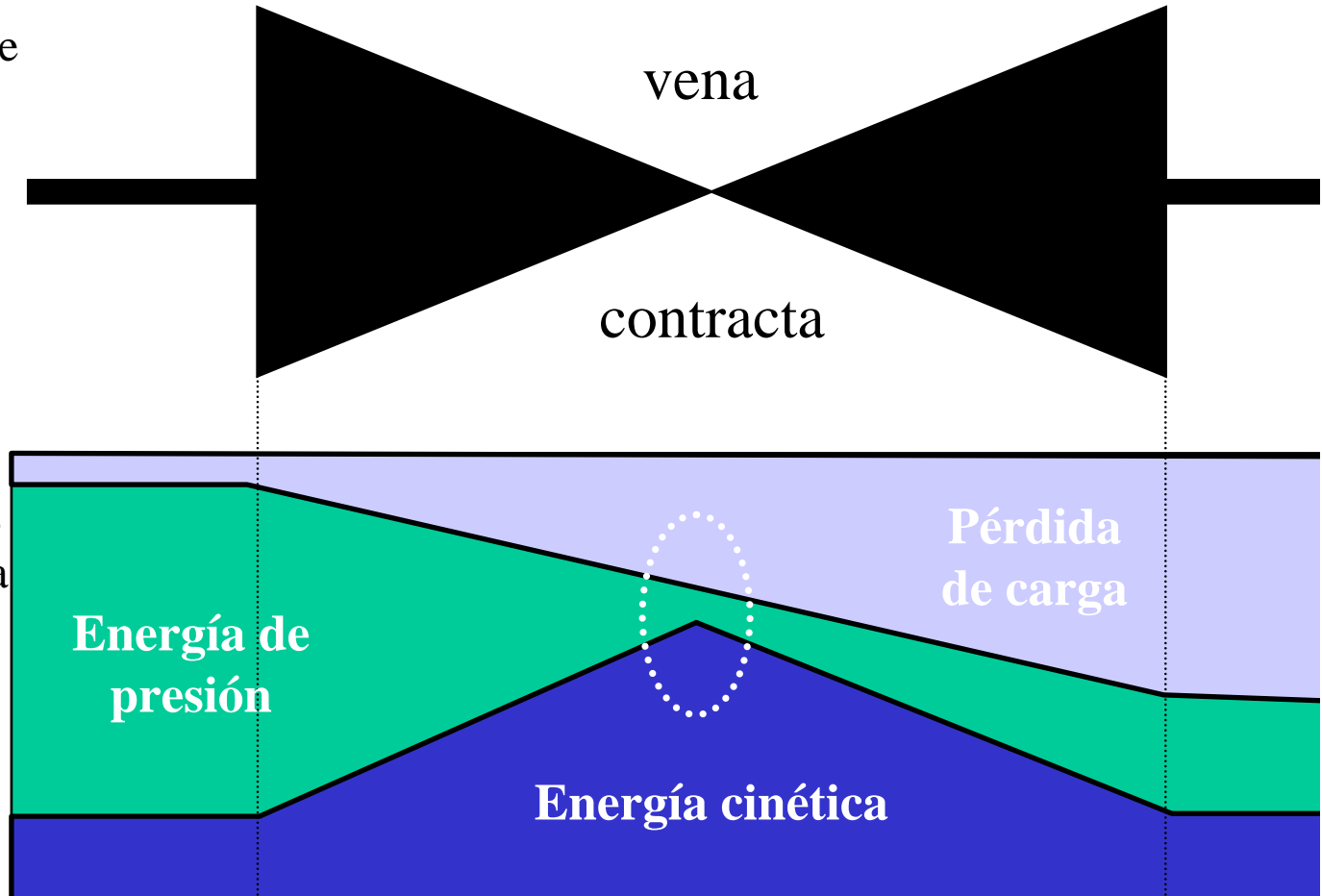


Evolución de los tipos de energía en el punto de regulación (I)

Debido al estrechamiento de la sección de paso en punto de regulación, la velocidad del fluido y por tanto su energía cinética aumentan considerablemente.

Debido, también, al estrechamiento las pérdidas también aumentan de forma apreciable.

En la “vena contracta” la energía de presión restante, y por tanto la presión local, decrece considerablemente ya que la energía total debe permanecer constante.



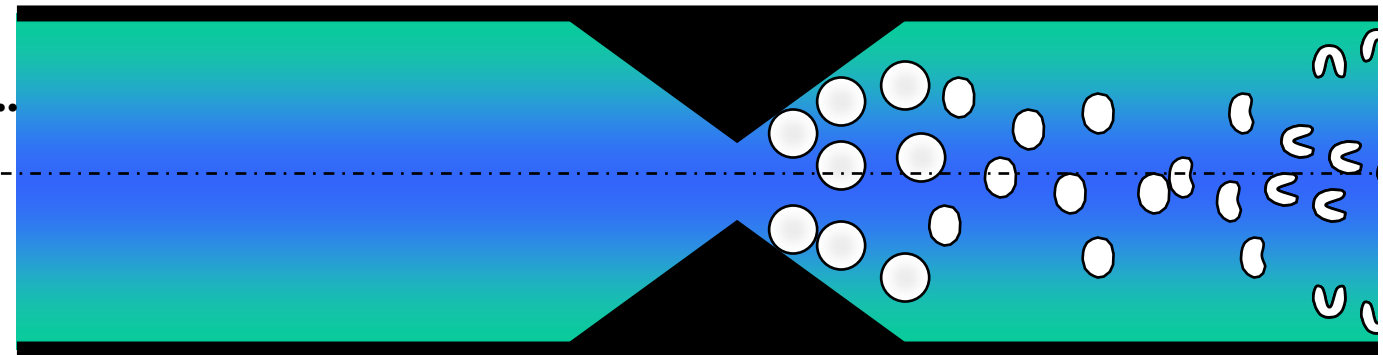
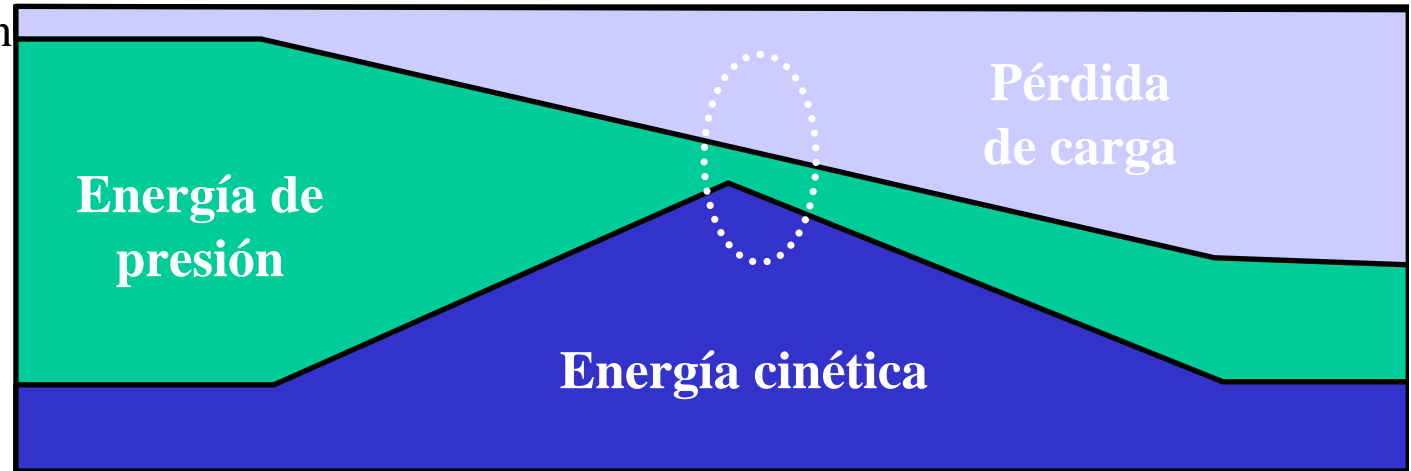
Evolución de los tipos de energía en el punto de regulación (II)

Si en este punto la presión baja por debajo de la presión de vapor, el agua puede evaporarse.

Entonces se forman burbujas de vapor, ...

... Que se deforman al incrementarse la presión...

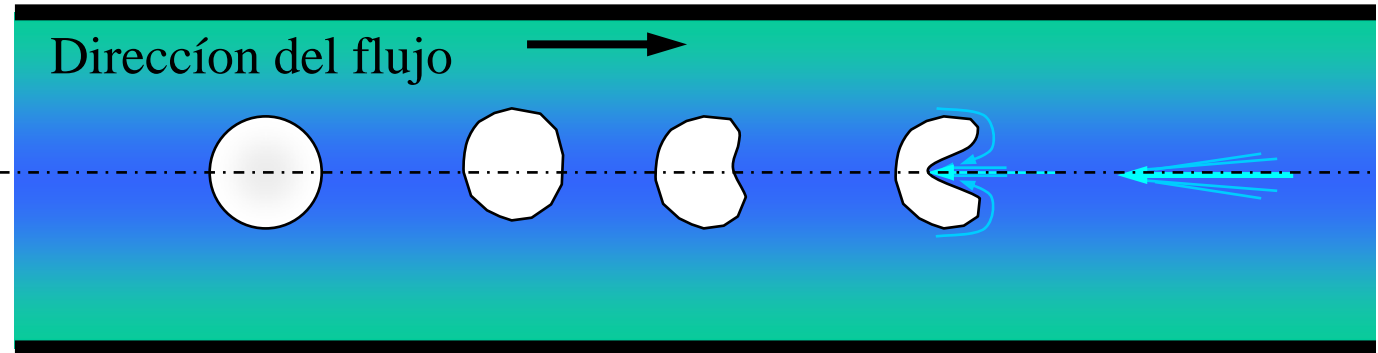
... Y finalmente implotan y desaparecen.



Implosión de las burbujas de vapor

La implosión de las burbujas de vapor sigue ciertas direcciones, dependiendo de las condiciones de presión:

En el centro de la tubería



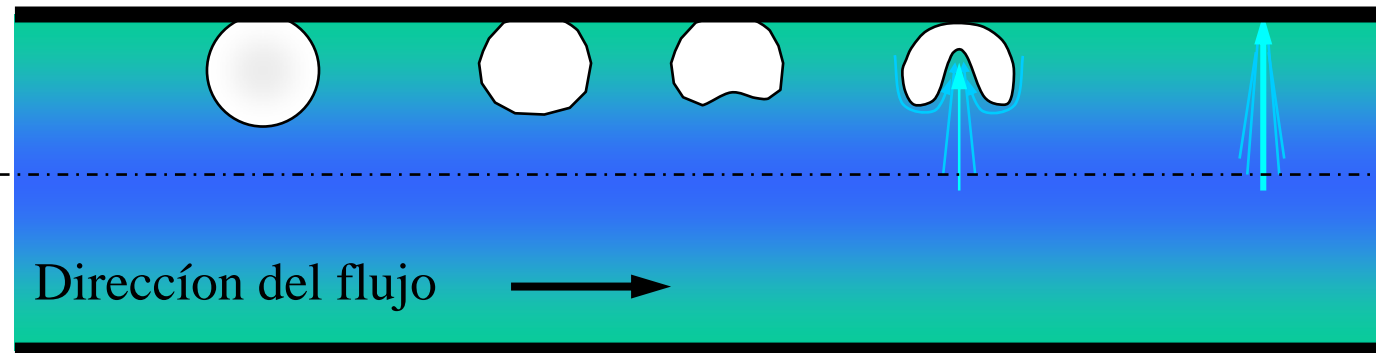
Burbuja de vapor totalmente desarrollada

La burbuja se va deformando

Implosión

Microchorro

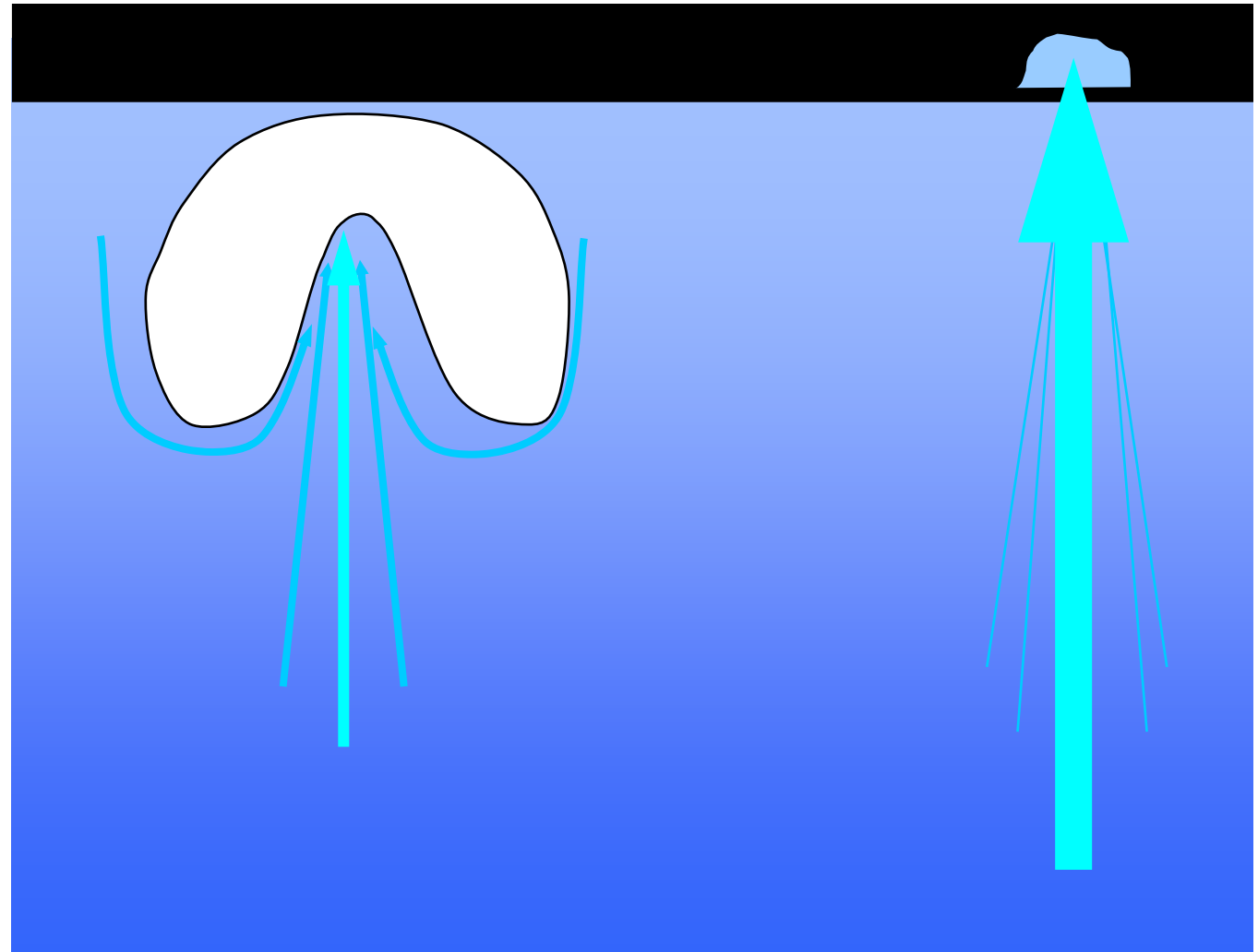
En la pared de la tubería



Implosión de las burbujas de vapor

Al cambiar de estado gaseoso a líquido, las burbujas de vapor se colapsan subitamente (implotan) y esto produce que el agua que las rodea se acelere hacia el interior de las mismas formando una especie de hendidura.

Esto origina un “Microchorro” que golpea las paredes del cuerpo de la válvula o de la tubería a muy alta velocidad ($v > 1000$ m/seg), causando picos de presión de hasta 10000 bares, lo que erosiona los materiales a nivel molecular.



¿Cuándo aparece la cavitación?

Condiciones esenciales:

- Alta presión diferencial
- Baja contrapresión
- Alta velocidad del fluido

¿Como puede evitarse la cavitación?

La cavitación es un efecto físico cuya aparición depende de las condiciones de funcionamiento. Por tanto, cuando se proyecta una instalación debe intentarse que no aparezca la cavitación o que sus efectos sean los menores posibles.

De cualquier manera la instalación debe ser efectiva y para ello es necesario elegir las válvulas apropiadas.

Son aplicables los siguientes principios:

Recomendaciones:

- Utilice las válvulas de compuerta y mariposa solo para trabajar en posición completamente abierta o cerrada y no en posiciones intermedias.
- Las válvulas de paso anular son válvulas de control, pero deben ser elegidas en función de las condiciones de trabajo (ej. De corona de aletas o de cilindros ranurados).
- Para operar en condiciones extremas donde no podemos controlar la cavitación ni con válvulas especiales, la regulación debe hacerse **paso a paso** (ej. orificio para contrapresión) o mediante la **admisión de aire en el punto de regulación.**