



CEIS Guadalajara

PARTE 2

HIDRÁULICA

Manual de incendios

Coordinadores de la colección

Agustín de la Herrán Souto
José Carlos Martínez Collado
Alejandro Cabrera Ayllón



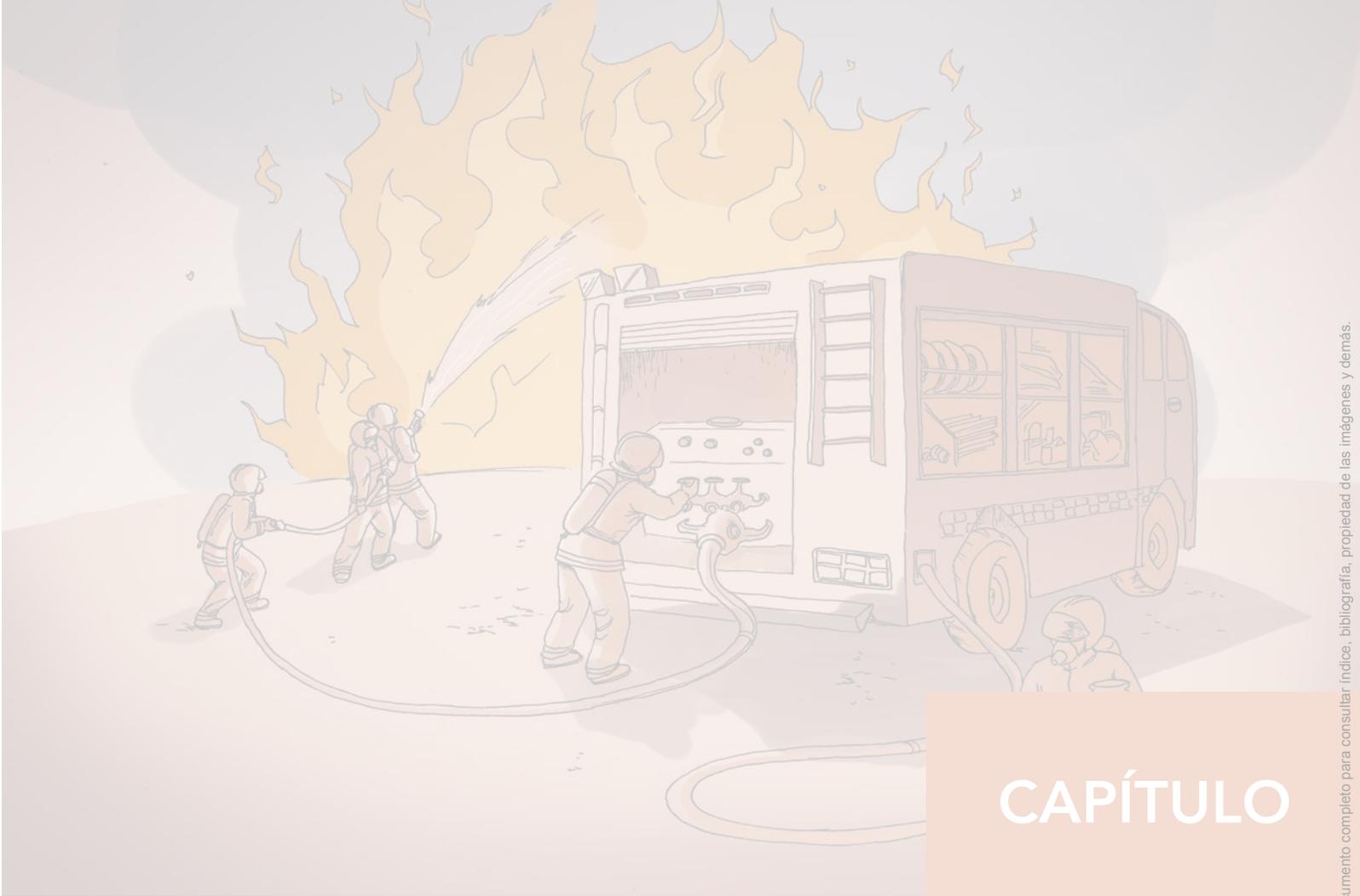
Documento bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 elaborado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Asimismo, no se podrán distribuir o modificar las imágenes contenidas en este manual sin la autorización previa de los autores o propietarios originales aquí indicados.

Edición r1 2015.10.05

manualesbb@ceisguadalajara.es
www.ceisguadalajara.es

Tratamiento
pedagógico, diseño y
producción





CAPÍTULO

1

Caracterización

1. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Dentro de la mecánica, la **hidráulica** es una rama que estudia las **propiedades mecánicas** de los **fluidos** en función de sus propiedades específicas y de las fuerzas y las condiciones a las que pueden estar sometidos.

1.1. MASA

La **masa** es una magnitud física que indica la **cantidad de materia** que posee un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el **kilogramo (kg)**. Aunque está relacionada con el peso, no es la misma medida ya que la masa es una magnitud escalar (se representa con un número) y el peso es una magnitud vectorial (se representa con un vector).

1.2. DENSIDAD

La **densidad** es una magnitud vectorial que expresa la **cantidad de masa** en un determinado **volumen** de una sustancia. Se representa con el símbolo ρ . La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

$$\text{Densidad } (\rho) = \frac{\text{masa (m)}}{\text{Volumen (V)}}$$

Unidades: [kg / m³]

1.3. PESO ESPECÍFICO

El **peso específico**, representado por el símbolo γ , es la **relación** que existe entre el **peso** de un cuerpo y el **volumen** que ocupa.

$$\text{Peso esp. } (\gamma) = \frac{\text{Peso (P)}}{\text{Volumen (V)}} \text{ ó } \gamma = \rho \cdot g$$

Unidades: [N / m³]

1.4. DENSIDAD RELATIVA Y PESO ESPECÍFICO RELATIVO

La densidad relativa y el peso específico relativo se obtienen al comparar los valores absolutos de densidad y peso específico con los valores de una sustancia patrón. Como sustancia patrón se emplea el agua a 4°C y 1 atmósfera:

$$\rho_{\text{agua}} = 1.000 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{\text{relativa}} = \rho_{\text{absoluta}} / \rho_{\text{agua}}$$

$$\gamma_{\text{agua}} = 9.810 \text{ N/m}^3 \quad \gamma_{\text{relativo}} = \gamma_{\text{absoluto}} / \gamma_{\text{agua}}$$

1.5. VISCOSIDAD

Mercurio	13,6
Hierro	7,8
Grava	2,2
Hielo	0,85
Aceite	0,8
Madera	0,5

La **viscosidad** es una propiedad de los fluidos que caracteriza su **oposición** a las deformaciones tangenciales. Esta propiedad se debe a las fuerzas de cohesión molecular. Todos los fluidos conocidos poseen esta propiedad. El modelo de viscosidad nula es una aproximación aceptada para ciertas aplicaciones. Se denomina fluido ideal a aquel que carece de viscosidad.

La **viscosidad** sólo se manifiesta en **líquidos en movimiento**. Por ese motivo se define la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad, y se denomina viscosidad absoluta o viscosidad dinámica.

La viscosidad se representa habitualmente por la letra griega μ .

Un fluido sometido a fuerzas cortantes se deforma y forma capas paralelas, a lo largo de cada una de las cuales la velocidad es constante.

$$\mu_{\text{ap}} = \frac{\tau}{\gamma}$$



Imagen 1. Viscosidad

a) Ley de Newton para la viscosidad

La resistencia que opone un fluido a su deformación depende tanto de su viscosidad como de la velocidad a la que se realiza la deformación. Por ejemplo, es posible extraer lentamente una cuchara de un tarro lleno de miel con facilidad, pero si se tira bruscamente de ella, la resistencia aumenta hasta el punto de que el tarro puede quedar colgado de la cuchara. Un efecto similar tiene lugar cuando un fluido circula por una conducción o un avión se mueve en el aire: a más velocidad, mayor resistencia.

b) Capa límite

“Un fluido que está en contacto con una frontera sólida tiene la misma velocidad que la frontera”. (Goldstein, 1939).

Este principio explica la resistencia que oponen los fluidos a los sólidos que quieren atravesarlos. De esta forma cuando un barco se mueve, el rozamiento no se realiza entre el barco y el agua, sino entre la capa de agua que se adhiere al barco y la inmediata. Esto ocurre de la misma manera en un avión.

Si se supone que un fluido se mueve con relación a un contorno (es igual a todos los efectos que sea el contorno el que se mueva), la lámina de fluido en contacto con el sólido queda pegada al mismo, y su velocidad relativa es nula. A cierta distancia δ del contorno, otra lámina tiene prácticamente la velocidad máxima. Las velocidades de las infinitas láminas intermedias varían entre ambos valores extremos, lo que permite el deslizamiento de unas capas sobre otras.

La viscosidad depende principalmente de la temperatura y, en menor medida, de la presión. Al contrario de lo que ocurre con los líquidos, la viscosidad en los gases aumenta con la temperatura. Aunque es muy relevante en el estudio de los fluidos esta propiedad, se tomará como referencia que el agua está a temperatura ambiente y las fórmulas para calcular las pérdidas de carga no tendrán en cuenta los cambios de viscosidad.

Un líquido viscoso opone una mayor resistencia al movimiento y sufre una pérdida mayor de presión en las conducciones que uno menos viscoso.

1.6. PRESIÓN DE VAPOR

La **presión de vapor** es, para una temperatura concreta, la presión en la que la fase líquida y el vapor o fase gaseosa se encuentran en **equilibrio dinámico**. Mientras ambas fases estén presentes su valor es independiente de las cantidades de líquido y de vapor que existan.

Este fenómeno también está presente en los sólidos. Cuando un sólido pasa al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido (proceso que se conoce con el nombre de sublimación –al proceso inverso se le denomina sublimación inversa–), se habla también de presión de vapor.

Cuando existe una situación de equilibrio, a las fases líquida y gaseosa se las denomina líquido saturado y vapor

saturado. Esta propiedad tiene una relación inversamente proporcional con las fuerzas de atracción entre las moléculas. Cuanto mayor es el módulo de dichas fuerzas, mayor debe ser la cantidad de energía entregada (en forma de calor u otra manifestación) para vencerlas y producir el cambio de estado.

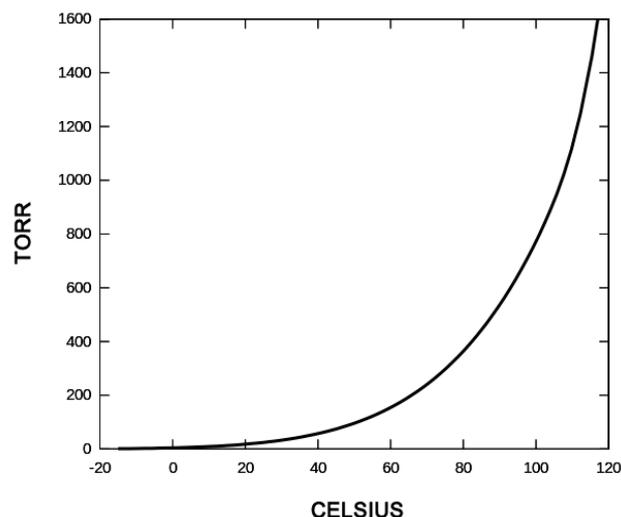


Imagen 2. Curva de presión del vapor de agua

Si se plantea una burbuja de cristal en la que se ha realizado el vacío y que se mantiene a una temperatura constante y se introduce cierta cantidad de líquido en su interior, este se evaporará al principio con rapidez, hasta que se alcance el equilibrio entre ambas fases.

Al principio sólo se produce la evaporación, ya que no hay vapor. Sin embargo, a medida que la cantidad de vapor aumenta –y con ella la presión en el interior de la burbuja de cristal–, se incrementa también la velocidad de condensación. Transcurrido cierto tiempo ambas velocidades se igualan. En ese instante se alcanza la máxima presión posible en la burbuja (presión de vapor o de saturación), que no podrá superarse a no ser que se incremente la temperatura.

El equilibrio dinámico se alcanza con más rapidez cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el líquido y el vapor, pues ello favorece la evaporación del líquido. De la misma forma, se seca más rápido un charco extenso de agua de poca profundidad que otro más pequeño pero de mayor profundidad, aunque ambos contengan la misma cantidad de agua. El equilibrio se alcanza para ambos a la misma presión.

El valor de la presión de saturación está determinado por varios factores; el más importante es la propia naturaleza del líquido. En general, entre líquidos de naturaleza similar la presión de vapor a una temperatura dada es tanto menor cuanto mayor es el peso molecular del líquido.

Por ejemplo, el aire al nivel del mar saturado con vapor de agua a 20°C tiene una presión parcial de 23 mbar de agua, y cerca de 780 mbar de nitrógeno, 210 mbar de oxígeno y 9 mbar de argón.

La presión de vapor de un líquido a una temperatura determinada es la presión a la que dicho líquido se halla en equilibrio con su vapor en un determinado espacio. A presiones por debajo de esta presión de vapor el líquido comenzará a vaporizarse por la reducción de la presión en la superficie.

A 15 °C la presión de vapor del agua es de 0,0173 kgf / cm², a 100 °C es de 1,033 bares.

Un líquido empieza a hervir cuando su presión de vapor es igual a la presión exterior. Por lo tanto el punto de ebullición normal de un líquido es la temperatura a la cual dicho líquido posee una presión de vapor igual a la presión atmosférica. Si se produce una disminución de la presión externa, el punto de ebullición disminuye; un aumento de la presión externa provocará un aumento del punto de ebullición.

La presión de vapor debe tenerse en cuenta cuando se efectúan aspiraciones con bombas, para evitar los fenómenos de cavitación.

Tabla 2. Presión de vapor de agua

T ^a (°C)	PVapor (kg /cm ²)	T ^a (°C)	PVapor (kg /cm ²)
0	0,006	70	0,317
10	0,012	80	0,482
20	0,023	90	0,714
30	0,043	100	1,033
40	0,075	110	1,46
50	0,125	120	2,024
60	0,203	130	2,754

1.7. TENSION SUPERFICIAL

La tensión superficial de un líquido es la cantidad de energía que necesita para aumentar su superficie por unidad de área. Esta definición implica que existe una resistencia para que el líquido aumente su superficie.

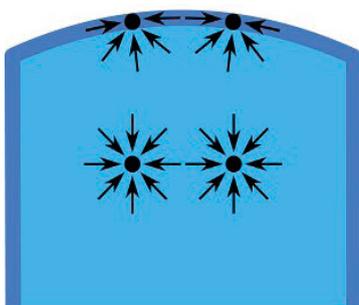


Imagen 3. Tensión superficial

La tensión superficial de un líquido es la cantidad de energía que necesita para aumentar su superficie por unidad de área. Esta definición implica que existe una resistencia para que el líquido aumente su superficie.

La tensión superficial –una manifestación de las fuerzas intermoleculares en los líquidos–, junto a las fuerzas que se producen entre los líquidos y las superficies sólidas en contacto con ellos, da lugar a la capilaridad. Su efecto es la elevación o la depresión de la superficie del líquido en la zona de contacto con el sólido.

En el interior del líquido las moléculas experimentan fuerzas de atracción debidas a sus moléculas vecinas, cuya resultante es nula tal y como muestra la ilustración anterior. Si una molécula se encuentra en la superficie libre del líquido, en contacto con el aire, las fuerzas de interacción aire-líquido son menores que las fuerzas de interacción líquido-líquido, por lo que existe una fuerza resultante dirigida hacia el interior del líquido.

El efecto de las fuerzas intermoleculares es tirar de las moléculas hacia el interior de la superficie del líquido, lo que las mantiene unidas y permite que formen una superficie lisa. La tensión superficial mide las fuerzas internas que hay que vencer para expandir el área de la superficie de un líquido. La energía necesaria para trasladar las moléculas de la masa líquida a su superficie para expandirla es lo que se denomina tensión superficial. Cuanto mayor es la tensión superficial, mayor es la energía necesaria para transformar las moléculas interiores del líquido a moléculas superficiales.

La tendencia de todo sistema a evolucionar hacia un estado de equilibrio estable con una energía potencial mínima obliga al fluido a adquirir una configuración en la que el área de separación de la interfase líquida con otros medios sea lo más pequeña posible. Podría decirse, como analogía, que la superficie libre de un líquido se comporta como una lámina elástica que busca el equilibrio minimizando su área.

La tensión superficial explica también la formación de gotas en los líquidos: la gota (esfera) es la forma que ofrece menos superficie libre para un mismo volumen.

Debido a los puentes de hidrógeno la tensión superficial del agua es alta.

2. HIDROSTÁTICA

La **hidrostática** es una rama de la mecánica de fluidos o de la hidráulica que estudia los **fluidos** en estado de **equilibrio**. Para que un fluido esté en estado de equilibrio no deben existir fuerzas que alteren su movimiento o posición. El estudio de la hidrostática está respaldado principalmente por dos teoremas: el **principio de Pascal** y el **principio de Arquímedes**.

2.1. PRESIÓN

La presión es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie. Por lo tanto se denomina **presión** a la **fuerza** ejercida por unidad de **superficie**. Se representa por el símbolo p y sirve para caracterizar cómo se aplica una determina-

da fuerza resultante sobre una línea. La unidad de medida para la presión en el Sistema Internacional de Unidades es el pascal (Pa), que equivale a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado.

El término presión se usa con mucha frecuencia en el trabajo de bombero: se habla de presiones en bomba, presiones en punta de lanza, presiones de inflado, presión atmosférica, etc.

$$\text{Presión (P)} = \frac{\text{Fuerza (F)}}{\text{Superficie (S)}}$$

a) Presión atmosférica

Es la **presión** que ejerce la **atmósfera**, consecuencia del peso por unidad de superficie, sobre cualquier punto de la superficie terrestre.

La presión atmosférica varía con la altitud (varía la gravedad y el volumen de aire que existe por encima disminuye) y con las condiciones meteorológicas (varía la densidad del aire).

El peso que ejerce una columna de aire a nivel del mar es igual al peso que ejerce una columna de mercurio de 760 mm.

Se define vacío como la extracción total o parcial del aire atmosférico (u otro fluido) de un recipiente. En la práctica no es posible realizar un vacío perfecto; siempre quedarán restos de fluido que ejercerán una determinada presión.

Tabla 3. Equivalencia de unidades

1 ATM	1,033 Kg/cm ²
1 bar	1,019 Kg/cm ²
1 ATM	1,013 Kg/cm ²
1 ATM	10,33 m.c.a.
1 bar	100000 Pa
Madera	0,5

Debido a la inexactitud de los aparatos de medida y a los bajos valores de presión que se manejarán, se puede desprestigiar el error al establecer la siguiente equivalencia:

$$\text{atm} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 760 \text{ mmHg} = 10 \text{ mca} = 14,5 \text{ PS}$$

b) Presión absoluta y presión relativa

Se denomina presión absoluta si al medir se toma como referencia el cero absoluto, y presión relativa si al medir se toma como referencia la presión atmosférica. La relación que existe entre ambas es:

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{atmosférica}} + P_{\text{relativa}}$$

Los aparatos de medida suelen medir presiones relativas.

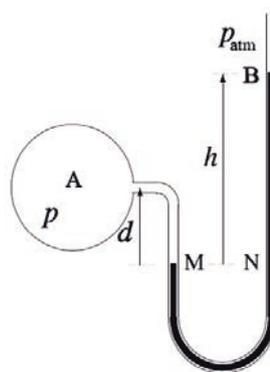


Imagen 4. Manómetro para medir presiones relativas

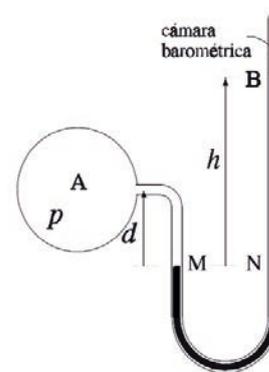


Imagen 5. Manómetro para medir presiones absolutas

c) Presión estática

La presión estática es la presión que posee un fluido de forma independiente a la velocidad del mismo. Se mide mediante la utilización de tubos piezométricos. La suma de la presión estática y la presión dinámica (aquella que depende de la velocidad del fluido) que ejerce un fluido (líquido o gaseoso) se define como presión total.

$$P_o = P_s + P_d$$

2.2. ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Es la ecuación de equilibrio de una masa líquida.

Si se considera una columna de líquido de base S entre los puntos con altura Y_a e Y_b , la diferencia de presiones entre las bases viene dada por el propio peso de la columna de líquido.

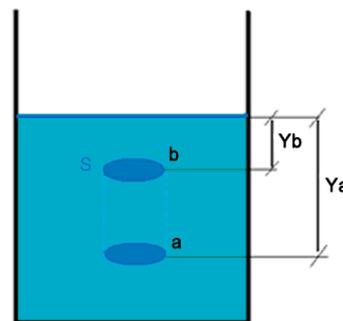


Imagen 6. Ecuación de equilibrio de una masa líquida

$$P_a = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{(\rho \cdot S \cdot Y_a) \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot Y_a$$

$$P_b = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{(\rho \cdot S \cdot Y_b) \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot Y_b$$

$$P_a - P_b = \rho \cdot g \cdot (Y_a - Y_b)$$

Si se considera la diferencia de presiones entre la superficie $Y_b = 0$, que está a la presión atmosférica, y un punto a profundidad $Y_a = h$, la ecuación anterior queda:

$$P = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h$$

La ecuación fundamental de la hidrostática tiene varias implicaciones:

- La presión en el interior de un fluido en reposo aumenta con la profundidad.
- Todos los puntos situados a una misma profundidad tienen la misma presión (igualdad de nivel en vasos comunicantes).
- La presión solo depende de la profundidad (no depende de la forma del recipiente).
- En un fluido en reposo, la presión es perpendicular a la superficie sobre la que actúa. En caso contrario la resultante de las fuerzas no se anularía y, por lo tanto, el fluido estaría en movimiento.

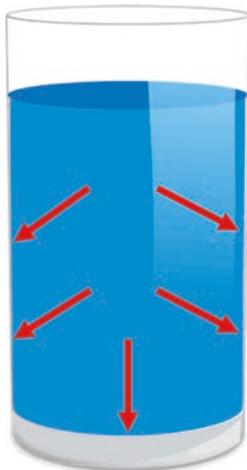


Imagen 7. Hidrostática

2.3. PRINCIPIO DE PASCAL

El principio de Pascal dice que la presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, provista de un émbolo y perforada en diferentes lugares. Cuando se llena la esfera con agua y se ejerce presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los orificios a la misma velocidad y, por lo tanto, con la misma presión.

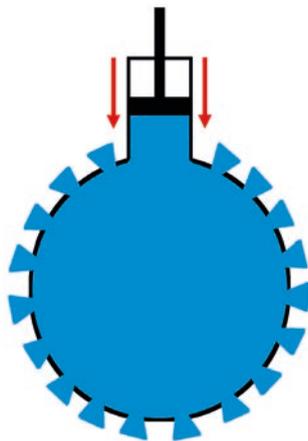


Imagen 8. Principio de Pascal

$$F_2 = F_1 (A_2/A_1)$$

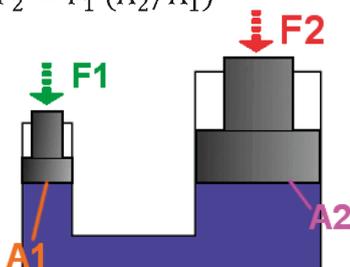


Imagen 9. Prensa hidráulica

El principio de Pascal se aplica en las prensas hidráulicas, en los elevadores hidráulicos, en los frenos hidráulicos y en los puentes hidráulicos.

El principio de Pascal explica cómo funciona la prensa hidráulica, que constituye la aplicación fundamental de dicho principio y permite comprender su significado.

La prensa hidráulica consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí cuyo interior está lleno por completo de un líquido, que puede ser agua o aceite. Se ajustan dos émbolos de secciones diferentes en cada uno de los dos cilindros respectivamente, de modo que estén en contacto con el líquido. Cuando se ejerce una fuerza F_1 sobre el émbolo de menor sección S_1 , la presión p_1 que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma casi instantánea al resto del líquido. Por el principio de Pascal, esta presión será igual a la presión p_2 que ejerce el fluido en la sección S_2 , es decir:

$$p_1 = p_2$$

Por lo tanto la relación entre la fuerza resultante en el émbolo grande cuando se aplica una fuerza menor en el émbolo pequeño será tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre las secciones:

$$F_1 = F_2 \left(\frac{S_1}{S_2} \right)$$

Esto permite que, partiendo de una fuerza inicial pequeña, se pueda multiplicar la fuerza secundaria, lo que facilita la realización de trabajos que requieran grandes esfuerzos. Los equipos de corte y separación se basan en este funcionamiento.

2.4. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

El principio de Arquímedes es un principio físico que dice que un cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido en reposo recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja. Esta fuerza

recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquímedes, y se mide en el Sistema Internacional en newton. La fuerza del empuje no depende de la presión existente, sino de la densidad del líquido y del volumen del cuerpo sumergido.

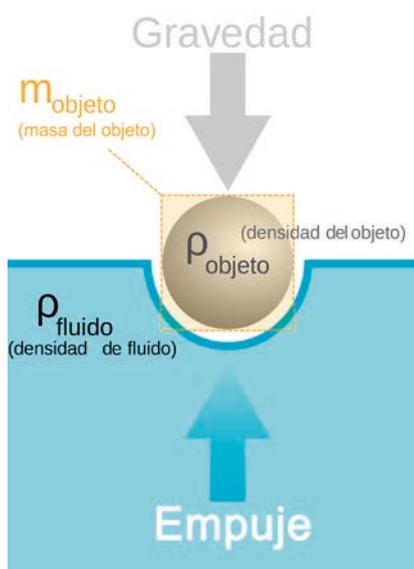


Imagen 10. Principio de Arquímedes

3. HIDRODINÁMICA

La **hidrodinámica** es la ciencia que estudia la **dinámica** de los **líquidos**.

$$P_A = \frac{F}{S} = \frac{(\rho \cdot S \cdot h_A) \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h_A$$

$$P_B = \frac{F}{S} = \frac{(\rho \cdot S \cdot h_B) \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h_B$$

$$\text{Empuje} = P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

Se toman en cuenta tres aproximaciones a la hora de estudiar la hidrodinámica:

- El fluido es un líquido incompresible. Es decir, su densidad no varía con el cambio de presión, a diferencia de lo que ocurre con los gases.
- La pérdida de energía debida a la viscosidad es despreciable. Se supone que un líquido es óptimo para fluir y la pérdida es mucho menor si se compara con la inercia de su movimiento.
- El flujo de los líquidos es en régimen estable o estacionario. Es decir, la velocidad del líquido en un punto es independiente del tiempo.

3.1. RÉGIMEN DE FLUIDO: RÉGIMEN LAMINAR Y TURBULENTO

En el interior de las instalaciones el movimiento de los líquidos se desarrolla de dos formas distintas, en función de si las partículas siguen trayectorias uniformes y paralelas (flujo laminar) o lo hacen de forma irregular y con trayectorias cruzadas (flujo turbulento).

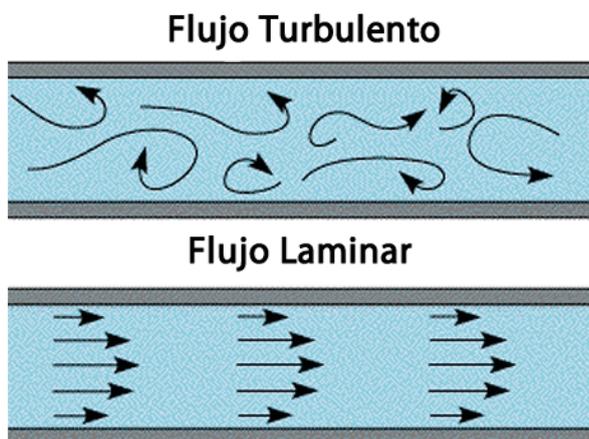


Imagen 11. Flujo turbulento y laminar

Se denomina movimiento en régimen laminar cuando el líquido circula a baja velocidad y las partículas se deslizan unas sobre otras como si se tratara de verdaderas láminas fluidas.

Si aumenta la velocidad del líquido o la instalación presenta cambios bruscos de dirección (por ejemplo a consecuencia de codos, estrechamientos o dobleces), aparecen remolinos que provocan que el régimen sea turbulento.

Además de la velocidad existen otros parámetros que determinan el tipo de movimiento que se producirá: la viscosidad, la densidad del líquido, el diámetro y la distribución de la instalación.

Las fuerzas de viscosidad predominan sobre las fuerzas de inercia (velocidad y densidad) a bajas velocidades, y se obtiene como resultado un flujo laminar. Por el contrario, al aumentar la velocidad predominan las fuerzas de inercia y aparecen las turbulencias y los remolinos que caracterizan el régimen turbulento.

Entre estos dos tipos de movimiento existe una zona de transición en la que el fluido se mueve en una mezcla de ambos. La mayoría de los sistemas de distribución de agua aplicados a bomberos funcionan en régimen turbulento.

La diferencia entre el régimen laminar ($R < 2000$) y turbulento ($R > 4000$) se obtiene por el número de Reynolds. La zona en la que dicho número está entre 2000 y 4000 se denomina régimen de transición.

$$R = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\eta}$$

- ρ : Densidad
- η : Viscosidad
- D : \varnothing conducto
- v : velocidad

3.2. CAUDAL

El caudal es la cantidad de líquido que pasa por la sección transversal de un conducto en la unidad de tiempo.

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{\text{Volumen (V)}}{\text{Tiempo (t)}} \quad \text{Unidades: m}^3/\text{sg}$$

También se define el caudal como la velocidad a la que circula el líquido por la sección del conducto.

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Velocidad (v)} \cdot \text{Sección (S)}$$

$$\text{Unidades: } \frac{\text{m}}{\text{sg}} \cdot \text{m}^2 = \frac{\text{m}^3}{\text{sg}}$$

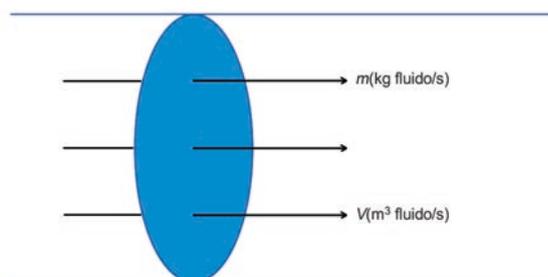


Imagen 12. Caudal

3.3. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Este principio se fundamenta en la incompresibilidad de los líquidos.

“La cantidad de líquido que pasa por dos puntos cualesquiera de una canalización entre los que no hay ni fuentes ni sumideros en la unidad de tiempo es constante.”

$$Q = S \cdot v = \text{cte.}$$

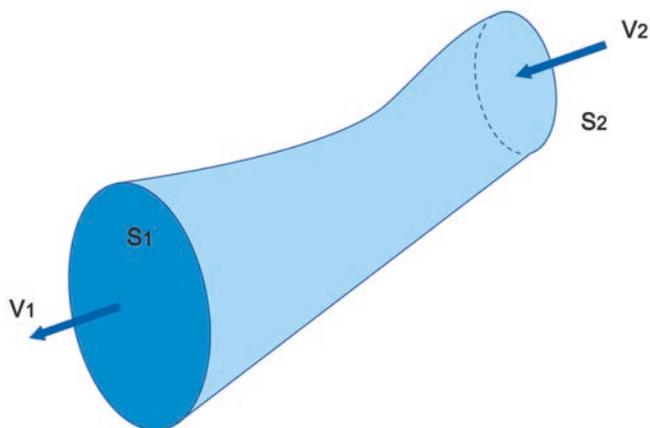


Imagen 13. Ecuación de continuidad

A lo largo de la tubería de la siguiente ilustración, las secciones de la misma varían y, por tanto, también lo hacen las velocidades de circulación a través de las mismas.

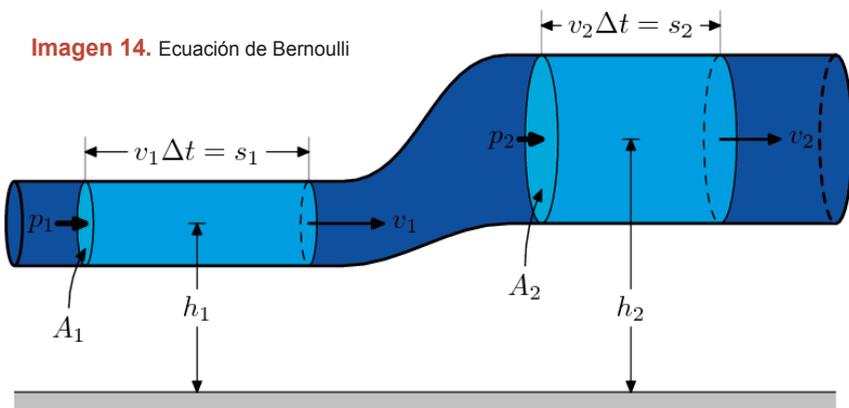
$$Q = \text{cte.} = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = S_3 \cdot v_3$$

3.4. ECUACIÓN DE BERNOULLI

El principio de Bernoulli –también denominado ecuación de Bernoulli– describe el comportamiento de un fluido que se mueve a lo largo de una corriente de agua. Expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

$$\frac{1}{2} \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + P_2$$

Imagen 14. Ecuación de Bernoulli



Para un fluido ideal (viscosidad nula e incompresible), la suma de su energía potencial, de presión y cinética se mantiene constante en todos los puntos de una canalización.

Este principio afirma que la energía total debida a la presión, a la velocidad y a la altura permanece constante en dos puntos cualesquiera de una canalización.

- Energía cinética: $\frac{1}{2} \times \text{masa} \cdot \text{velocidad}^2$
- Energía potencial: $\text{Peso} \cdot \text{altura}$
- Energía de presión: $\text{Fuerza} \cdot \text{espacio} = \text{Fuerza} \cdot \text{Superficie} \cdot \text{Longitud}$

En una canalización horizontal la energía potencial permanece constante. Al disminuir la sección, aumenta la velocidad y por tanto la energía cinética, por lo que si la energía del sistema tiene que permanecer constante la presión disminuirá. De forma análoga si en una canalización la sección permanece constante (y, por lo tanto, la energía cinética también permanece constante) se produce una elevación; la energía potencial aumenta a costa de la presión.

3.5. TEOREMA DE TORRICELLI

El Teorema de Torricelli es una aplicación de la Ecuación de Bernoulli que permite determinar la velocidad de salida de un líquido a través de un orificio practicado en un depósito a una profundidad determinada. Este teorema establece que la velocidad de salida del líquido tiene una expresión igual a la velocidad que adquiere un cuerpo cuando cae libremente desde una altura equivalente a la superficie libre del líquido hasta la altura del orificio.

$$\frac{V_{salida}^2}{2g} = h \rightarrow V_{salida} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

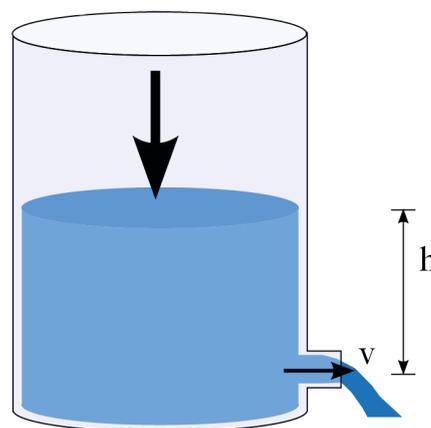


Imagen 15. Ley de Torricelli

Superficie del líquido:	Orificio de salida:
$p = p_{atmosférica}$	$p = p_{atmosférica}$
$v \approx 0$	$v' = V_{salida}$
$z = h$	$z = 0$

Es posible determinar el caudal de salida a través de una lanza o surtidor mediante una aplicación práctica de este teorema. El caudal será función de la presión existente a la entrada de la lanza o surtidor.

$$Q_{\text{TEÓRICO}} = S \cdot V_{\text{SALIDA}} = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Como consecuencia de las pérdidas de energía que se originan en el orificio de salida (contracción de la vena líquida, que equivale a una sección de salida menor), el caudal real se ve reducido respecto del caudal teórico.

$$Q_{\text{REAL}} = K \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

(K: factor del surtidor, comprendido entre 0,9 y 0,98)

Si se considera el diámetro equivalente de varias de las lanzas de tipo comercial, se tiene:

Tipo de lanza	Ø boquilla según posición selector de caudal	Q _{nominal} (l/min)
25	5,5-12	50-230
45	9,75-17,75	150-500
70	13,75-21,75	300-750

Valores de caudal nominal para h= 70 m.c.a. (= 7 Kg/cm²) (K=0,9)

3.6. EFECTO VENTURI

El efecto Venturi dice que, dentro de un conducto cerrado, un fluido en movimiento disminuye su presión al aumentar la velocidad tras pasar por una zona de menor sección. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro, se produce una aspiración del fluido del otro conducto, que se mezclará con el que circula por el primero. Este efecto es la base del funcionamiento de los pulverizadores y dosificadores (premezcladores).

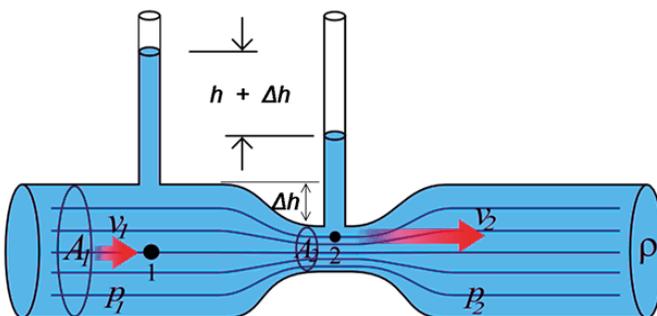


Imagen 16. Efecto Venturi

El efecto Venturi se explica por el principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero disminuye la sección, la velocidad debe por fuerza aumentar tras pasar a través de esta sección. Por el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión debe disminuir.

3.7. GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete, también conocido como pulso de Zhukowski, es una sobrepresión y depresión que se forma en una tubería al variar el caudal que circula por ella bruscamente.

Es un fenómeno de gran importancia, ya que en determinados casos la sobrepresión generada es de tal magnitud que llega incluso a romper los conductos de paso.

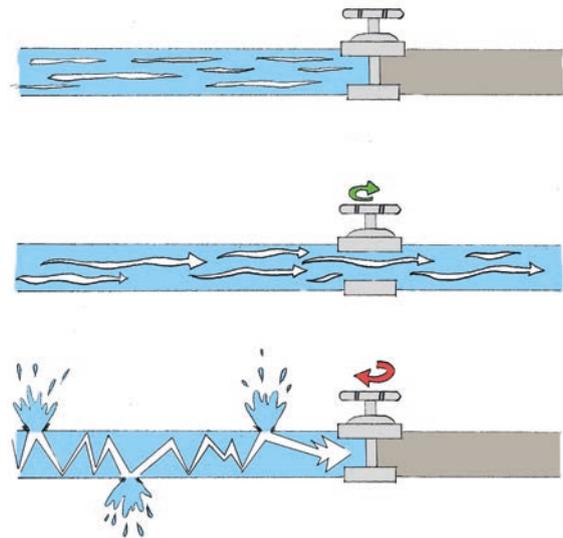


Imagen 17. Golpe de ariete

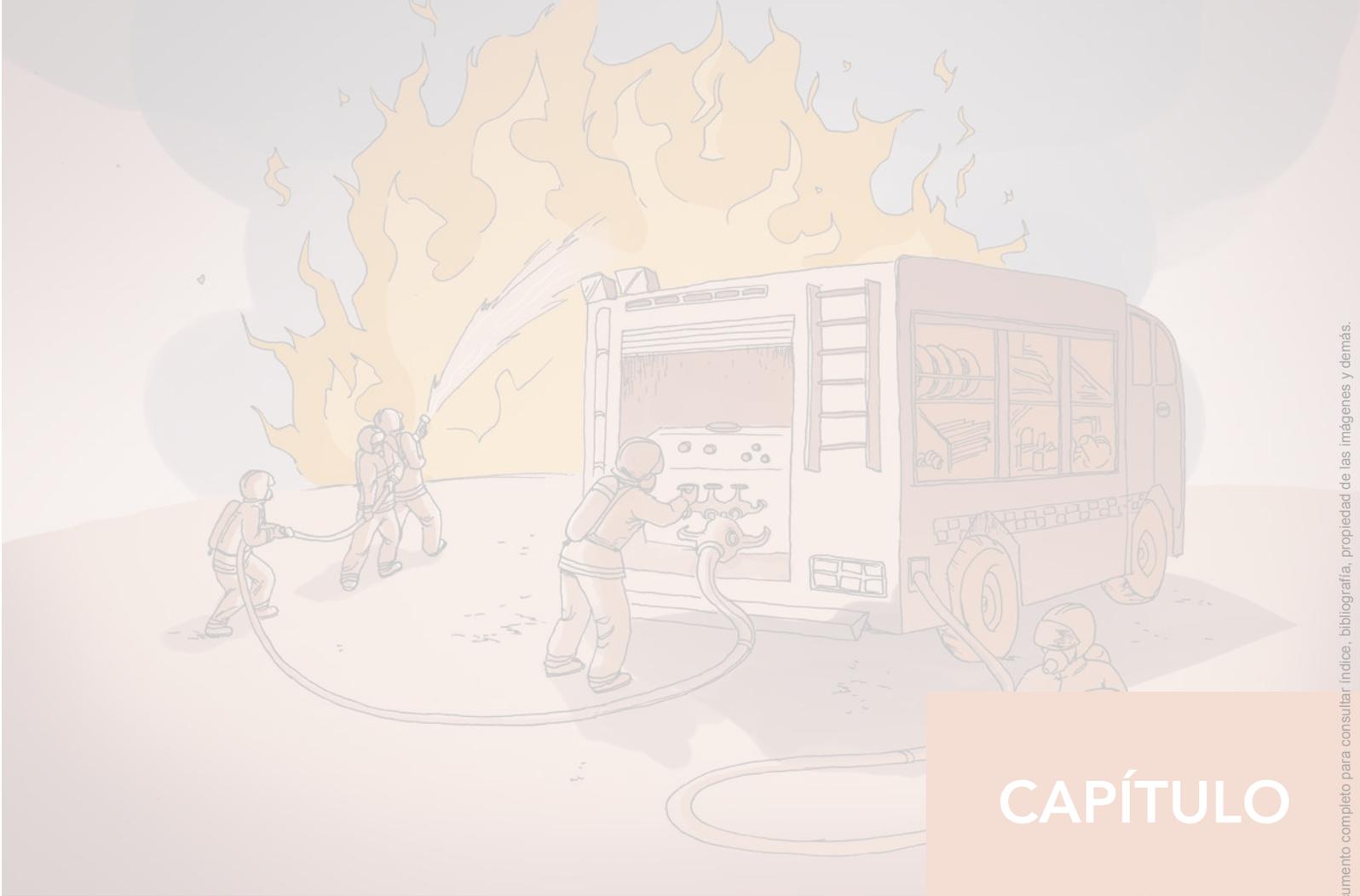
Cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que continúan en movimiento.

Este empuje crea una sobrepresión, que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido, que tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido (lo que reduce su volumen) y dilata ligeramente la tubería.

Cuando todo el fluido que circulaba se detiene, cesa el impulso que comprimía la tubería y, por tanto, esta tiende a expandirse. Además la tubería que se había ensanchado tiende a retomar su dimensión normal. Estos efectos provocan conjuntamente otra onda de presión en sentido contrario.

El fluido se desplaza entonces en sentido contrario, pero al estar la válvula cerrada se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso y formar una burbuja mientras la tubería se contrae.

Si la onda no se disipa al alcanzar el otro extremo de la tubería (por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica) se reflejará, y será mitigada progresivamente por la propia resistencia de la tubería a la compresión del fluido y a la dilatación.



CAPÍTULO

2

Técnicas

En este apartado se enumeran y se detallan las aplicaciones técnicas de la hidráulica en las operativas de bomberos.

1. BOMBAS CENTRÍFUGAS

Una **bomba centrífuga** transforma la **energía mecánica** que procede del motor de accionamiento en **energía hidráulica**. Al principio incrementa la cantidad de movimiento (o velocidad) del fluido por medio de unas paletas o álabes giratorios accionados por el motor, y después, dado que en el interior de la bomba no existen volúmenes cerrados (cámaras), el fluido discurre por pasajes abiertos (zona del difusor) y transforma parte de su alta velocidad en incremento de presión.

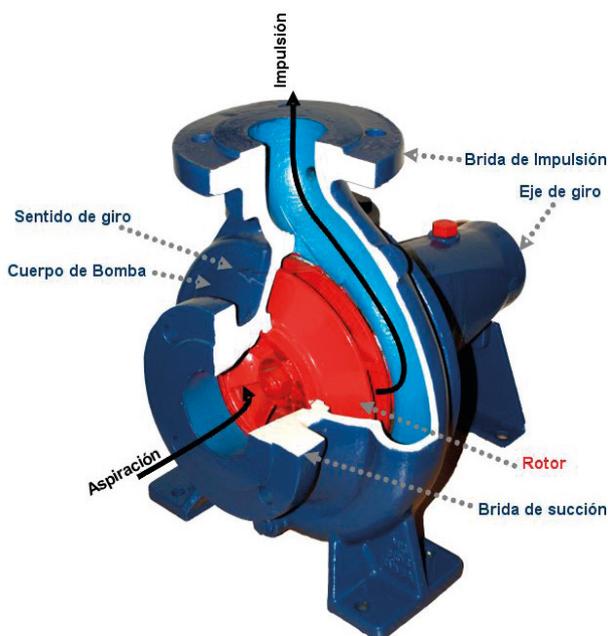


Imagen 18. Bomba centrífuga



Para ampliar información sobre este tema, se puede consultar el capítulo "Bombas centrífugas", dentro del apartado de vehículos, en el manual de equipos operativos y herramientas de intervención de esta misma colección.

El resultado práctico que se obtiene es el aumento de la energía del fluido entre el punto de entrada (boca de tubería de aspiración) y el punto de salida (boca de tubería de impulsión), lo que permite disponer en punta de lanza de un chorro de caudal Q con una velocidad de salida V que fijará el alcance del chorro.

Este incremento de energía expresado en forma de presiones se denomina altura manométrica de la bomba (H_m). El valor de la potencia transferida al fluido se denomina potencia útil ($W_{\text{útil}}$). El rendimiento energético de la bomba (η) se calcula mediante la relación entre la potencia transferida al fluido (potencia útil) y la potencia consumida por el motor que acciona la máquina.

1.1. CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA

Las particularidades de una bomba centrífuga se representan mediante las denominadas curvas características. En ellas se muestra el campo de trabajo y las principales particularidades de la bomba; para ello se toman las siguientes variables:

- Como variable independiente básica se toma el caudal (indicado en el eje de abscisas).
- Como variables dependientes o de salida se representa en cada curva la altura manométrica (H_m), la potencia consumida o el rendimiento (η).

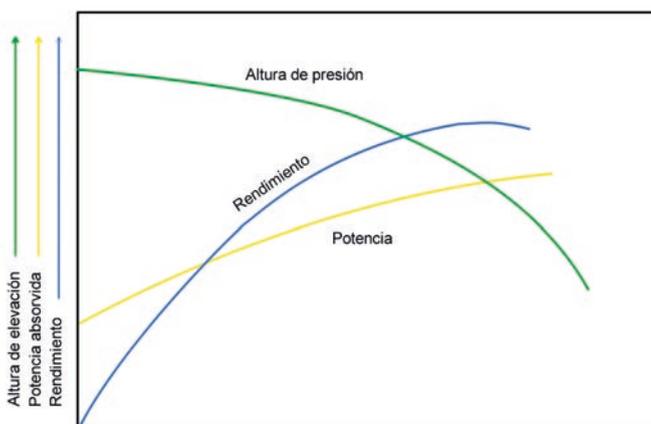


Imagen 19. Curvas características de una bomba

En las curvas características se ve, por ejemplo, cómo evoluciona la altura manométrica con el caudal, y se observa que su valor es máximo para un caudal nulo (válvulas cerradas) y disminuye cuando el caudal aumenta (a medida que se abren las válvulas). También es posible determinar cuál es el **punto óptimo de funcionamiento de la bomba**, aquel donde su rendimiento energético es más elevado. Es en este punto óptimo donde se definen los valores nominales de la bomba (caudal nominal y presión nominal), indicados en la denominación de las características de la bomba.

Es el fabricante el que obtiene estas curvas mediante un estudio experimental. Para ello se coloca una válvula a la

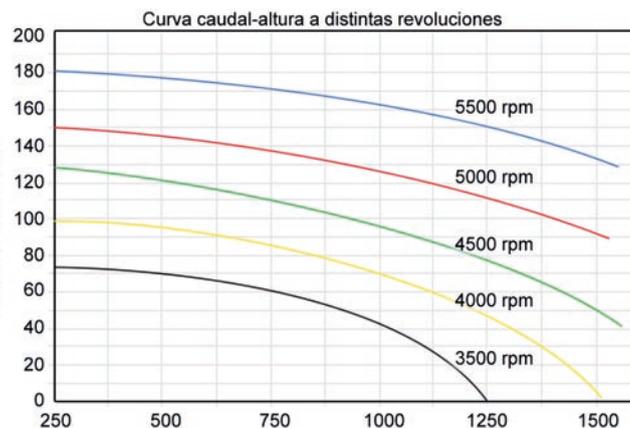


Imagen 20. Curvas características a distintas revoluciones

salida de la bomba y con ella se regula el caudal de paso. De esta forma se simula el incremento progresivo de la pérdida de carga aguas arriba hasta alcanzar la capacidad máxima de la bomba (caudal nulo). Para cada posición de la válvula se obtienen los valores de caudal, presión y potencia consumida y se trazan, punto a punto, las curvas características de la bomba.

A diferencia de muchas bombas centrífugas convencionales, donde el régimen de revoluciones del rodete es fijo, una de las particularidades importantes de las bombas centrífugas de bomberos es que disponen de un mando de aceleración que permite regular el número de revoluciones del motor y, en definitiva, del rodete. Esto permite regular ampliamente P y Q (punto de funcionamiento). Según la bomba instalada el límite superior de revoluciones es variable, aunque no suele exceder de las 5000 r.p.m. En estas bombas en lugar de tres curvas características se obtienen tres familias distintas de curvas. Dentro de cada familia, la curva se desplaza hacia arriba o hacia abajo en función de las r.p.m. del eje de giro.

1.2. ASPIRACIÓN EN BOMBAS

Al aspirar por una conducción, el líquido asciende por ella y la intuición hace pensar que para aumentar la altura basta con aspirar más fuerte. Sin embargo dicha altura tiene un límite. La razón es que la columna no asciende realmente por la aspiración realizada, sino por el empuje de la presión atmosférica exterior. Es por lo tanto dicha presión la que determina la altura alcanzable.

La máxima altura teórica de aspiración es 10,33 metros, pero es imposible alcanzar este valor por varios motivos:

Altitud sobre el nivel del mar	Presión atmosférica en m.c.a.
0	10,33
200	10,08
400	9,83
600	9,58
800	9,34
1.000	9,11
1.200	8,89
1.400	8,67
1.600	8,45
1.800	8,24
2.000	8,04
2.500	7,56

- Una presión atmosférica menor de 1 atmósfera, según las condiciones climatológicas (densidad del aire) y la altitud.

Temperatura en °C	Pérdida de aspiración en m.c.a.
10	0,125
15	0,173
20	0,236
25	0,32
30	0,43
35	0,57
40	0,745

- La presión que aporta la presión de vapor. Cuanto mayor es la temperatura del agua, mayor es la presión de vapor y, por tanto, menor es la altura de aspiración.
- El vacío logrado no es perfecto, por lo que existe cierta presión dentro de los manguerotes.
- Existen pérdidas de carga en los manguerotes y en la alcachofa.

Todos estos factores provocan que la altura de aspiración disminuya hasta valores de entre siete y ocho metros.

1.3. CEBADO DE BOMBA

Una bomba centrífuga proporciona una presión considerable en la tubería de impulsión, pero apenas es capaz de producir succión en la tubería de aspiración. Por ello es necesario que el líquido a bombear llegue previamente hasta la entrada y, además, inundar la bomba para que empiece a trabajar. Esta operación es lo que se conoce como **cebado**.

El cebado es una operación esencial (salvo cuando el nivel del agua a aspirar se encuentra por encima de la propia bomba, en cuyo caso es el propio peso del fluido el que inunda la bomba) previa a la puesta en marcha, ya que sin ella la bomba, además de no funcionar, puede incluso llegar a sufrir averías al girar en vacío (no existe lubricación ni refrigeración del rodete). Existen distintos dispositivos de cebado, entre los que destacan:

- Cebado por eyector de gases (hace uso del efecto Venturi de los gases de escape del motor del vehículo que acciona la bomba).
- Cebado por depresor de vacío (hace uso de una bomba de vacío específica accionada normalmente por un motor de tipo eléctrico).

- Cebado de bombas por anillo de agua (hace uso de una bomba volumétrica).
- Bombas autocebantes (hace uso de un depósito de agua específico para llenar el cuerpo de bomba y la tubería de aspiración).
- Cebado por bomba de pistones.

El cebado se considera realizado una vez entran en contacto el agua y el rodete. Después el propio rodete se encarga de crear un vacío a su entrada (al desplazar el líquido contenido) y de atraer más agua. En ese momento el sistema de cebado debe ser desconectado.

1.4. CAVITACIÓN

La **cavitación** consiste en la **formación de vapor de agua** provocado por el descenso local de la presión por debajo de la presión de saturación del líquido a la temperatura del líquido, y la brusca condensación subsiguiente. Supone la ebullición del líquido a temperatura ambiente, provocada por presiones muy bajas.

Las partículas de agua disminuyen su presión a medida que se aproximan a la bomba. En el rodete se produce una nueva caída de presión. Si la presión resultante en algún punto es inferior a la presión de vapor del líquido, se formarán burbujas de vapor. Estas burbujas son arrastradas por el flujo y llegan a zonas donde la presión aumenta. En esos puntos se juntan bruscamente y el vapor se vuelve a condensar, lo que provoca una implosión. El agua al vaporizarse incrementa su volumen unas 1700 veces, al condensarse disminuye su volumen en la misma proporción, de forma que el agua se precipita en los espacios vacíos de las burbujas y golpea contra las superficies presentes (álabes). Este fenómeno, conocido como cavitación o aspiración en vacío, origina presiones locales que pueden alcanzar los 1000 kg/cm², lo que deteriora la bomba (picaduras y una rápida y espectacular corrosión mecánica de las superficies sólidas). El fenómeno suele ir acompañado de ruidos y vibraciones, como si grava golpeará las distintas partes de la máquina. Para evitar este fenómeno se determina la altura geométrica máxima de aspiración, que suele ser un valor entre ocho y ocho metros y medio.

Menos frecuente es que el fenómeno de cavitación sea consecuencia de una demanda excesiva de caudal, incluso con alimentación del cuerpo de bomba desde el propio depósito del vehículo. En estos casos el valor de la pérdida de carga en la tubería de aspiración se dispara y hace que la presión del agua en contacto con el rodete disminuya por debajo de la presión de vapor. Esta situación se crea por una gran aceleración del cuerpo de bomba unido a instalaciones con escasa pérdida de carga.

En la práctica este fenómeno aparece con grandes alturas de aspiración y/o grandes caudales. Se forman vacíos en lugares puntuales (extremos de los rodetes) en los que el agua adquiere gran velocidad y su presión disminuye por debajo de unos determinados valores (su presión de vapor a esa temperatura).

Estos efectos aparecen principalmente en las bombas a la entrada del rodete en fase de aspiración y también en los puntos más extremos de los rodetes, lo que provoca que el rodete trabaje desequilibrado y transmita estos efectos a los rodamientos, degradándolos.

Los puntos del rodete donde se han producido corrosiones en el material tienen más facilidad para volver a producir otra cavitación.

La cavitación se evita disminuyendo las alturas de aspiración o los caudales de trabajo de la bomba, así como las pérdidas de carga con el aumento de la sección de los mangotes de aspiración.

1.5. ACOPLAMIENTO DE BOMBAS

Las bombas pueden acoplarse de dos formas: **en paralelo** y **en serie**.

a) En paralelo:

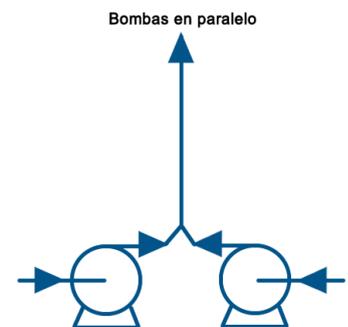
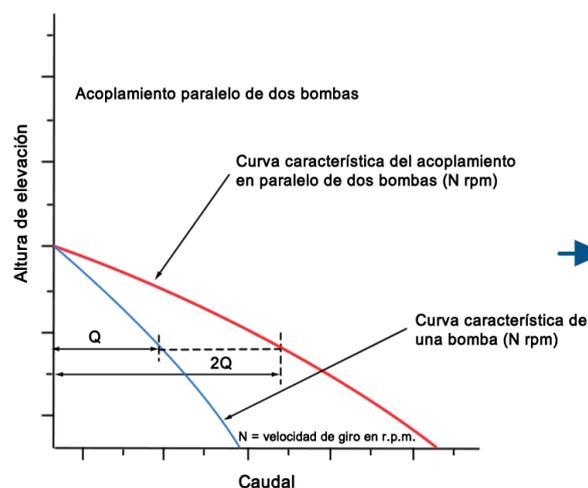


Imagen 21. Acoplamiento de bombas en paralelo

Dos o más bombas están conectadas en paralelo cuando sus entradas y salidas están unidas entre sí (cf. Suay Belenguer, 2008) y se verifica que:

$$H_m = H_{m1} = H_{m2} = H_{m3} = H_{m4} = \dots = H_{mn}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_n$$

Con esta disposición se obtiene la misma altura manométrica que la conseguida con una única bomba, pero se incrementa notablemente el caudal de agua aportado.

b) En serie:

Dos o más bombas están en serie cuando la salida de una de ellas está conectada a la entrada de la siguiente, y así sucesivamente (cf. Suay Belenguer, 2008). De esta forma la presión de entrada del agua que entra en una bomba es la que aportan las bombas que la preceden. En este tipo de conexión se verifica que:

$$H_m = H_{m1} + H_{m2} + H_{m3} + H_{m4} + \dots + H_{mn}$$

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots = Q_n$$

Con esta disposición el caudal de paso es el mismo que el que aporta una única bomba, pero el incremento de presión obtenido es mucho mayor (adecuado para impulsiones a gran altura).

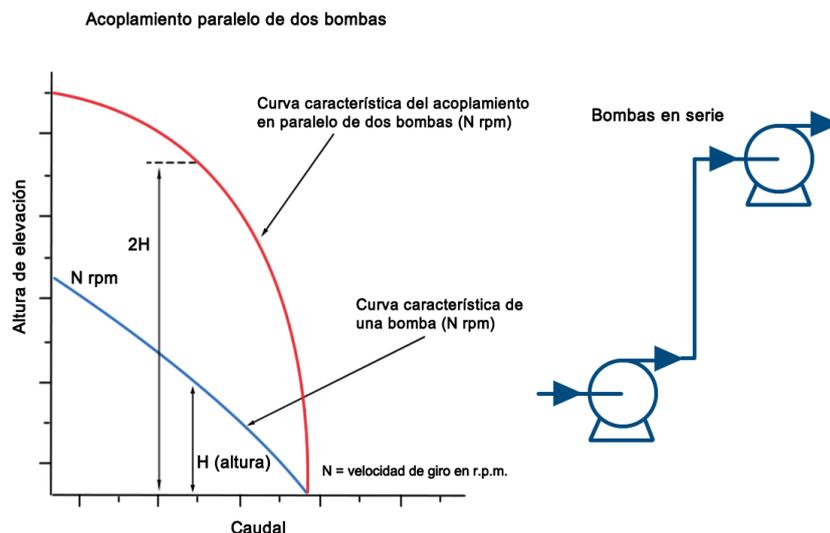


Imagen 22. Acoplamiento de bombas en serie

2. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

El objeto de la instalación hidráulica de extinción es llevar un fluido agente extintor (agua o espumante) desde una fuente de suministro hasta el lugar donde se produce el incendio. Una instalación básica de partida está compuesta por una bomba, una manguera y una lanza. Es necesario lograr que por la lanza salga un caudal de fluido Q y velocidad V acorde con la carga del fuego para poder alcanzar el incendio desde una distancia prudencial y extinguirlo (cf. Suay Belenguer, 2008).

La siguiente expresión se conoce como ecuación de línea (cf. Suay Belenguer, 2008):

$$PB = PL + HG + PC$$

Donde:

- PB: Altura de presión a la salida de la bomba. (PB/10 bar)
- PL: Altura de presión en punta de lanza. (PL/10 bar)
- HG: Altura geométrica. Desnivel que existe entre la bomba y la lanza. Puede ser positivo (si hay que ganar altura) o negativo (si hay que perder altura). (HG/10 bar)
- PC: Pérdidas de carga en mca. (PC/10 bar)

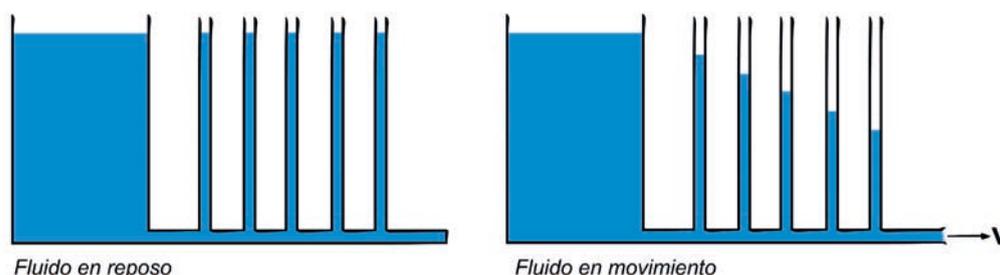


Imagen 23. Fluido en reposo y movimiento

2.1. PÉRDIDAS DE CARGA EN UNA INSTALACIÓN

El término pérdida de carga se refiere a las pérdidas energéticas que se producen en un fluido en movimiento como consecuencia de la presencia de fenómenos diversos que oponen resistencia a su desplazamiento (rozamientos, turbulencias, etc.).

En una instalación el fluido pierde presión debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que lo conduce. Las pérdidas pueden ser continuas (lineales) a lo largo de conductos regulares o locales (singulares), debidas a circunstancias particulares como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

Las pérdidas de carga continuas se deben a la fricción entre las propias líneas de corriente del fluido y con las paredes del conducto por el que circula. Experimentalmente su observación es bastante intuitiva al comprobar cómo decae la presión de un líquido en movimiento a través de un conducto.

Es complejo evaluar este tipo de pérdidas, por lo que habitualmente se recurre a tablas o gráficas de tipo experimental. En todo caso, la pérdida de carga aumenta:

- Al incrementarse la longitud del conducto o instalación de forma lineal.
- Al incrementarse la velocidad del fluido o su caudal (según su segunda potencia).
- Al reducirse el diámetro de la instalación (según su quinta potencia).
- Al incrementarse la rugosidad del conducto o la viscosidad del fluido.

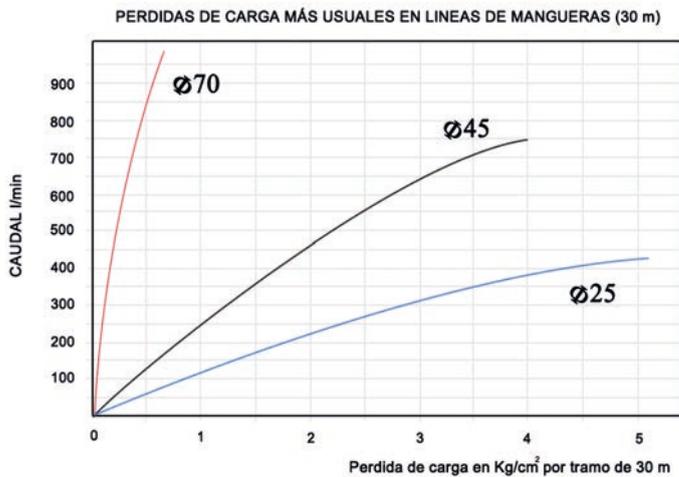


Imagen 24. Pérdidas de carga más usuales

Tabla 7. Pérdidas de carga (en bares) en función del caudal y del diámetro

		Diámetro		
		25	45	70
Caudal litros / minuto	100	2,5	0,15	
	200	9	0,37	*
	300	20	0,85	0,15
	400	36	1,7	0,2
	500	55	2,5	0,35
	700	*	5	0,6
	1.000	*	10	1,2
	1.500	*	*	2,6
	2.000	*	*	4
	3.000	*	*	8,5
4.000	*	*	15	

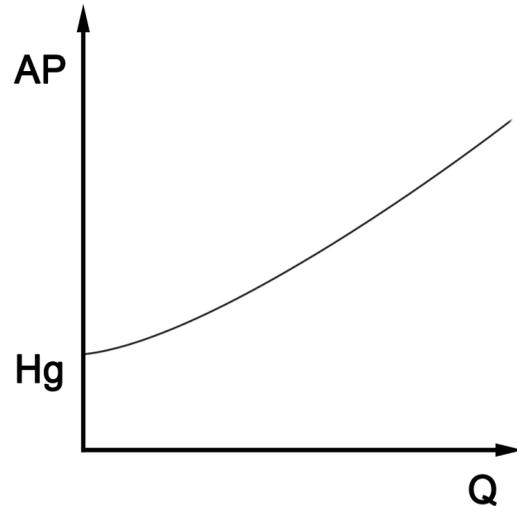
Las pérdidas de carga locales se deben a las particularidades que presenta la conducción por donde se canaliza el fluido, tales como: cambios bruscos de sección o de dirección, bifurcaciones, válvulas, lanzas, etc. Su valor es, por lo general, mucho menor que el de las pérdidas continuas.



PQ = 235 l/min.
 • Reducción 45/25 → $\Delta P_{local} = 0,17 \text{ Kg/cm}^2$
 • Bifurcación 45/2 x 25 (funcionamiento simultáneo de dos instalaciones) →
 → $\Delta P_{local} = 0,031 \text{ Kg/cm}^2$.

2.2. CURVA DE UNA INSTALACIÓN

Se denomina curva característica de la instalación a la representación gráfica de las pérdidas de carga continuas y locales, en función del caudal de paso que incorpora el efecto de pérdida/aumento de presión por la altura geométrica ganada/perdida. Habitualmente adopta una forma de este tipo:



AP: Pérdida de carga total; Hg: altura geométrica; Q: caudal

Imagen 25. Curva característica de la instalación

$$\Delta P = H_g + \Delta P_{continua} + \Delta P_{local}$$

Altura geométrica ganada/perdida:

- Cuando se produce una impulsión desde una cota superior a otra inferior, además de la presión de la bomba se debe añadir 1kg por cada 10 metros de desnivel recto (10 m.c.a.).
- Cuando se produce una impulsión desde una cota inferior a una superior, además de las pérdidas generales y singulares de carga se debe considerar que se sufrirá una pérdida de carga de 1 kg por cada 10 metros verticales ascendentes.

2.3. PUNTO DE FUNCIONAMIENTO

Existe una relación directa entre el incremento de presión transferido al fluido y el caudal de tránsito (relación expresada a través de la curva característica P-Q) en el funcionamiento de una bomba. En términos similares para una instalación determinada se produce una pérdida de carga o presión en función del caudal de paso (curva de la instalación).

De esta forma, cuando se monta en serie una bomba-instalación, existe una interrelación entre ambos dispositivos, que se regula a través de una condición de equilibrio hidráulico en el punto de funcionamiento del sistema. Este punto viene definido por la intersección de ambas curvas. En ese punto se verifica para el caudal impulsado que la

pérdida de carga en la instalación (incluida la producida en el surtidor) coincide con la presión aportada por la bomba ($P_{\text{impulsión}} + \Delta P_{\text{total}} = 0$). En el caso de las bombas centrífugas de bomberos existen distintos puntos de funcionamiento según sea el régimen de revoluciones del motor (gran capacidad de regular el caudal de salida a voluntad sin más que actuar sobre el acelerador).

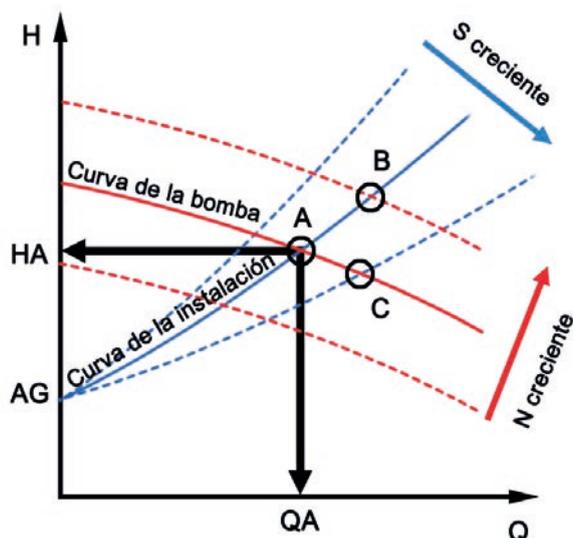


Imagen 26. Funcionamiento bomba - instalación

La intersección de ambas curvas es el denominado punto de funcionamiento de la instalación A. En dicho punto la bomba trabaja a velocidad N dando una presión H_A y un caudal Q_A . Si se desea variar ese caudal es posible hacerlo de dos formas:

- Si se necesita aumentar el caudal sin variar la apertura de la lanza, se desplazará el punto de funcionamiento de la bomba al punto B acelerándola. Es decir, se aumenta la presión en punta de lanza.
- Si se aumenta la sección de salida de la lanza (menos habitual), la bomba trabaja en el punto C, lo que aumenta el caudal y disminuye la presión de trabajo.

2.4. ALCANCE DE UNA INSTALACIÓN

La aplicación práctica del Teorema de Torricelli sirve para determinar el caudal de salida a través de una lanza o surtidor. Este caudal es función de la presión existente a la entrada de la lanza o surtidor.

$$Q_{\text{TEÓRICO}} = S \cdot V_{\text{SALIDA}} = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

En la práctica el caudal real se reduce respecto del caudal teórico por las pérdidas energéticas originadas en el propio orificio de salida (contracción de la vena líquida, que equivale a una sección de salida menor).

$$Q_{\text{REAL}} = K \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

(K: factor del surtidor, comprendido entre 0,9 y 0,98)

Si se considera el diámetro equivalente de varias lanzas de tipo comercial, se obtiene:

Tabla 8. Caudal de salida en lanza

Tipo de lanza	$\varnothing_{\text{boquilla}}$ según posición selector de caudal	Q_{nominal} (l/min)
25	5,5-12	50-230
45	9,75-17,75	150-500
70	13,75-21,75	300-750

Valores de caudal nominal para $h = 70$ m.c.a. ($= 7 \text{ Kg/cm}^2$) ($K=0,9$)

El alcance conseguido mediante la proyección de agua con la lanza de una instalación tiene una expresión matemática muy compleja debido al impacto relevante que tiene el aire en la dispersión del chorro. Para determinar estos valores habitualmente se recurre al uso de tablas calculadas de forma experimental. En cualquier caso los factores que determinan el alcance máximo de una instalación son el diámetro de la lanza y la presión a su entrada. Se debe tener en cuenta:

- A más presión, más velocidad de salida y mayor alcance.
- Para un mismo valor de presión en punta de lanza, se tendrá mayor alcance cuanto mayor sea el diámetro de la lanza.
- Para una lanza determinada el alcance máximo se consigue con efecto chorro y apertura máxima de caudal.

Tabla 9. Alcances (m) en función del diámetro y de la presión en punta de lanza

Tipo de lanza	Presión (kg/cm ²)			
	5	7	10	12
25	29	31	33	35
45	34	38	42	45
70	36	39	44	50

2.5. REACCIÓN EN LANZA

Debido al principio de acción y reacción toda instalación que lanza un caudal de agua a una determinada velocidad a través de una boquilla experimenta un empuje o retroceso sobre el portador.

La lanza podría considerarse como un arma que dispara gotas de agua como proyectiles, y como tales producen un retroceso continuado.

Por la conservación de la cantidad de movimiento el empuje se puede calcular con

$$E = 2 \cdot P \cdot S$$

E = empuje (unidades de fuerza)
P = presión
S = superficie de salida

Para un mismo diámetro el empuje es mayor cuanto mayor sea la presión, y a mayor diámetro mayor es el empuje para una misma presión.

Si en lugar de un chorro sólido se produjera en forma cónica, el empuje disminuiría a medida que el cono fuese mayor, hasta quedar anulado aproximadamente a los 180°. Al realizar un tendido y dejarlo en espera, se debe tener la precaución de ponerlo en posición de cortina de protección, para lograr así un empuje inicial menor, provocar menos daños y disponer de una mayor protección a la hora de trabajar.

2.6. MINIMIZACIÓN DEL GOLPE DE ARIETE

Desde el punto de vista de los bomberos, el golpe de ariete crea situaciones de peligro, ya que el incremento súbito de la presión se traduce en un incremento brusco de la reacción que experimenta una instalación que esté en ese momento en funcionamiento.

Por ello se aconseja que las operaciones de apertura y cierre en las instalaciones se realicen de forma lenta y controlada. Es decir, se recomienda aumentar el tiempo de apertura y cierre, para que la variación de caudal no sea tan brusca y la instalación absorba progresivamente el esfuerzo.





CONVIENE RECORDAR

- La **hidráulica** es una ciencia que estudia las propiedades mecánicas (estáticas y dinámicas) de los fluidos.
- La **hidrostática** es una rama de la hidráulica que estudia los fluidos en estado de equilibrio.
- La **hidrodinámica** es la ciencia que estudia la dinámica de los líquidos.
- La **masa** es la cantidad de materia que posee un cuerpo.
- La **densidad** es la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
- El **peso específico** es la relación que existe entre el peso de un cuerpo y el volumen que ocupa.
- La **viscosidad** es una propiedad de los fluidos que caracteriza su oposición a las deformaciones tangenciales.
- Se denomina **fluido ideal** a aquel que carece de viscosidad y es incompresible.
- La **presión** es la fuerza ejercida por unidad de superficie.
- La **presión de vapor** es, para una temperatura concreta, la presión en la que la fase líquida y el vapor o fase gaseosa se encuentran en equilibrio dinámico.
- La **tensión superficial** de un líquido es la cantidad de energía que necesita para aumentar su superficie por unidad de área.
- El **caudal** es la cantidad de líquido que pasa por la sección transversal de un conducto en la unidad de tiempo.
- Una **bomba centrífuga** transforma la energía mecánica que procede del motor de accionamiento en energía hidráulica.
- Las particularidades de una bomba centrífuga se representan mediante las denominadas **curvas características**.
- El **punto óptimo** de funcionamiento de una bomba es aquel donde su rendimiento energético es más elevado.
- Una **bomba centrífuga** proporciona una presión considerable en la tubería de impulsión, pero apenas es capaz de producir succión en la tubería de aspiración. Por ello es necesario que el líquido a bombear llegue previamente hasta la entrada y, además, inundar la bomba para que empiece a trabajar. Esta operación es lo que se conoce como cebado.
- La **cavitación** consiste en la formación de vapor de agua provocado por el descenso local de la presión por debajo de la presión de saturación del líquido a la temperatura del líquido y la brusca condensación subsiguiente.
- Las **bombas** pueden acoplarse de dos formas: en paralelo y en serie.
- El término **pérdida de carga** se refiere a las pérdidas energéticas que se producen en un fluido en movimiento como consecuencia de la presencia de fenómenos diversos que oponen resistencia a su desplazamiento (rozamientos, turbulencias, etc.).
- Se denomina **curva característica de la instalación** a la representación gráfica de las pérdidas de carga continuas y locales.