

# **HIDRÁULICA, EQUIPOS E INSTALACIONES ASOCIADAS**

## **Tema 15**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	4
1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA .....	4
1.1 Densidad.....	4
1.2 Peso específico .....	5
1.3 Viscosidad.....	5
1.4 Curva de Estado.....	5
1.5 Presión, caudal y velocidad .....	6
1.5.1 Presión.....	6
1.5.2 Presión absoluta y presión relativa .....	7
1.5.3 Caudal.....	7
1.5.4 Velocidad .....	7
2 MOVIMIENTO DE FLUIDOS EN CONDUCCIONES FORZADAS .....	8
2.1 Ecuación de continuidad .....	8
2.2 Energía del Agua. Ecuación de Bernoulli.....	9
2.3 Régimen laminar y turbulento .....	11
2.4 Número de Reynolds.....	11
2.5 Pérdida de carga.....	12
2.5.1 Factores que determinan la pérdida de carga lineal .....	13
2.5.2 Pérdida de carga total .....	14
3 BOMBA HIDRÁULICA .....	15
3.1 Tipos de bomba según el principio de funcionamiento.....	15
3.1.1 Bombas volumétricas.....	15
3.1.2 Bombas rotodinámicas.....	15
3.2 Componentes de una bomba centrífuga .....	16
3.3 Principio de funcionamiento de la bomba centrífuga .....	16
3.4 Alta y baja presión.....	17
3.5 Prestaciones de la bomba. Curva característica .....	17
3.6 Cavitación .....	19
3.7 Riesgo de cavitación .....	20
3.8 Aspiración.....	21
3.8.1 Aspiración. Medios necesarios.....	21
3.8.2 Aspiración. factores limitantes.....	22

3.8.3	Aspiración. Vigilancia del manovacuómetro.....	22
3.9	Cebado.....	22
4	CURVA CARACTERÍSTICA DE LA INSTALACIÓN .....	23
5	PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.....	24
6	EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE PRESIÓN .....	25
7	ECUACIÓN DE LÍNEA.....	26
8	BOMBEO EN SERIE.....	27
9	LANZA DE EXTINCIÓN .....	28
9.1	Partes de una lanza .....	29
9.2	Norma UNE-EN 15182 .....	31
9.3	Reacción en lanza .....	32
10	ESPUMAS.....	32
10.1	Mecanismo de acción de la espuma anti-incendios .....	33
10.2	Composición de la espuma .....	33
10.3	Incorporación del aire y formación de la espuma .....	35
	BIBLIOGRAFÍA .....	36

## INTRODUCCIÓN

Este tema aborda la principal herramienta empleada en la extinción de incendios, el agua, los equipos con los que se la maneja, y la física general que describe su comportamiento.

El tema comienza presentando las principales características físicas del agua, que posteriormente condicionarán su comportamiento en bombas e instalaciones, así como las principales magnitudes físicas necesarias para definir el movimiento o equilibrio de cualquier fluido. Este movimiento, en el caso de los equipos empleados por los servicios de extinción, tiene lugar en conducciones forzadas, es decir, aquellas capaces de conducir fluidos a una presión diferente de la atmosférica reinante. El documento continúa con la descripción de este movimiento de fluidos en conducciones forzadas, haciendo una exposición, de manera somera y matemáticamente simplificada, de los principales conceptos hidráulicos. Finalmente, se detallan las principales herramientas hidráulicas e instalaciones utilizadas en los servicios de extinción: (haciendo hincapié en las bombas centrífugas y sus necesidades de presión y caudal), lanzas y espumas.

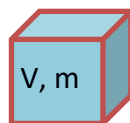
## 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

### 1.1 Densidad

Cantidad de masa por unidad de volumen. Se expresa con el símbolo  $\rho$  ("ro").

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- $\rho$ : densidad
- $m$ : masa
- $V$ : volumen



Unidades habituales:  $\text{kg/m}^3$ ,  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/l}$

La densidad dependerá de la presión y la temperatura, pero a efectos prácticos, por su muy baja variación en este contexto, puede considerarse como constante, con el valor:

$$\rho_{\text{agua}} = 1\text{g/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3 = 1\text{kg/l}$$

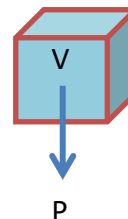
Los fluidos, como el agua en este caso, cuya variación de la densidad por el efecto de la presión es lo suficientemente pequeña como para considerarla despreciable, se denominan **fluidos incompresibles**.

## 1.2 Peso específico

Peso por unidad de volumen. Se expresa con el símbolo  $\gamma$  ("gamma"). Conocida la densidad  $\rho$ , el valor del peso específico se obtiene directamente multiplicando ésta por el valor de la aceleración de la gravedad  $g$  ( $g = 9,8\text{m/s}^2$  en unidades del Sistema Internacional).

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

- $\gamma$ : peso específico (kgf/l)
- $P$ : peso (kg)
- $V$ : volumen (l)



Unidades:  $\text{N/m}^3$ ,  $\text{kgf/m}^3$ ,  $\text{kgf/l}$

$$\gamma_{\text{agua}} = 1000\text{kgf/m}^3 = 1\text{ kgf/l}$$

## 1.3 Viscosidad

Resistencia de un fluido a una fuerza cortante. Para entenderlo, se puede imaginar una barca flotando sobre el agua o flotando sobre aceite. En el segundo caso desplazar la barca supondría un mayor esfuerzo, y aún más si el aceite se enfría y se convierte en grasa. Se podría suponer que esta dificultad es debida a una mayor densidad, pero de hecho aceite y grasa son menos densos que el agua. Por lo tanto, la explicación viene dada por otra característica física inherente a la naturaleza del fluido: la viscosidad, u oposición dentro de un fluido al deslizamiento de unas capas sobre otras.

En el caso de líquidos esta resistencia es debida principalmente a las fuerzas de cohesión entre las moléculas.

La viscosidad está muy influida por la temperatura. En general, en el caso de líquidos, la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura (el líquido se hace "más fluido"). Dos formas de expresarla: viscosidad dinámica,  $\mu$  ("mu"), y viscosidad cinemática,  $\nu$  ("nu"), relacionadas mediante la expresión:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Unidades (viscosidad dinámica  $\mu$ ):  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ,  $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ ,  $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

Unidades (viscosidad cinemática  $\nu$ ):  $\text{m}^2/\text{s}$

La viscosidad será uno de los parámetros que incidirá en el tipo de régimen de movimiento del fluido: a mayor viscosidad más tendencia al régimen laminar.

## 1.4 Curva de Estado

Es una representación gráfica (Fig. 1) de la forma o estado de agregación en la que se presentará una sustancia estable en función de su presión y temperatura, considerando normalmente los tres estados más frecuentes en los que se presenta una sustancia en la naturaleza: sólido, líquido y gaseoso.

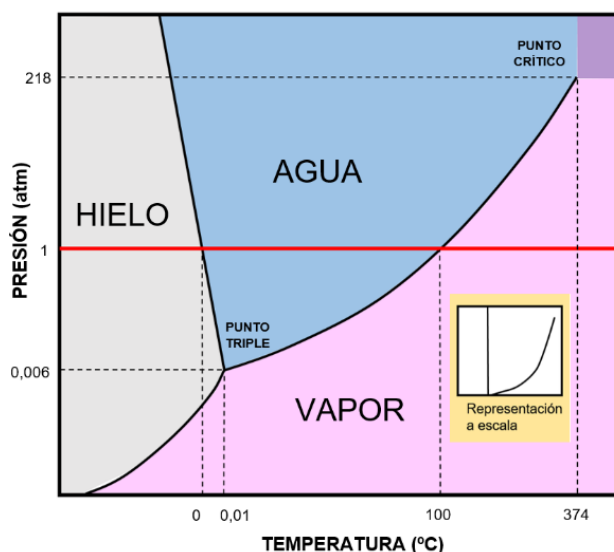


Figura 1. Curva de estado del agua. Fuente: CBCM

Las temperaturas en las que se producen los pasos del estado sólido al líquido, y del líquido al gaseoso, son los puntos de fusión y de ebullición. En el caso del agua, a una presión de una atmósfera, estos puntos son respectivamente de 0°C y 100°C.

El paso del agua líquida a estado vapor usualmente es por un aumento de temperatura (pasar, a presión atmosférica, de una temperatura de por ejemplo 80°C a 120°C) pero también puede darse por un descenso de presión (pasar, por ejemplo, a una temperatura de 60°C, de una presión de 1 atmósfera a una presión de 0,1 atmósferas). Esta forma de pasar a estado gaseoso es la que acontece cuando se produce la **cavitación**.

## 1.5 Presión, caudal y velocidad

Son las principales magnitudes físicas que permiten caracterizar el movimiento o equilibrio de cualquier fluido, el agua en este caso.

### 1.5.1 Presión

Fuerza ejercida por unidad de superficie. En el caso de fluidos ésta se ejerce en todas las direcciones y perpendicularmente a la superficie en la que incide el fluido: considerando una porción de conducción con agua en movimiento como en la ilustración, el agua contenida en dicha porción ejercerá presión sobre las paredes de la conducción “hacia fuera”, sobre el agua que viene por detrás “hacia atrás”, y sobre el agua situada delante “hacia adelante”.

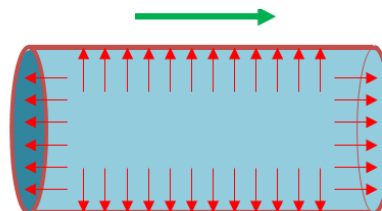
$$P = \frac{F}{S}$$

- **P:** presión
- **F:** fuerza
- **S:** superficie

Unidades habituales: bar, kg/cm<sup>2</sup>, m.c.a, Pa

Correspondencia de unidades:

$$1\text{Bar} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \approx 10\text{m.c.a.}$$



### 1.5.2 Presión absoluta y presión relativa

Se distingue entre presión absoluta y presión relativa en función de cuál sea la referencia cero:

- **Presión absoluta:** su referencia cero es el cero absoluto de presión.
- **Presión relativa o manométrica:** su referencia cero es la presión ambiental, usualmente la presión atmosférica.

$$P. \text{ Relativa} = P. \text{ Absoluta} - P. \text{ Atmosférica}$$

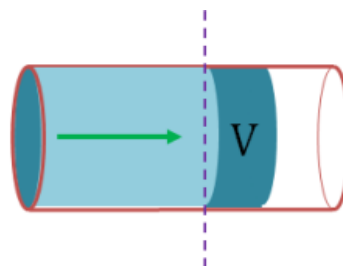
Los manómetros miden en términos de presión relativa: cuando marcan cero, la presión absoluta será la atmosférica, usualmente 1 bar.

### 1.5.3 Caudal

Volumen de fluido que atraviesa una sección de la conducción en la unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

- **Q:** caudal
- **V:** volumen
- **t:** tiempo



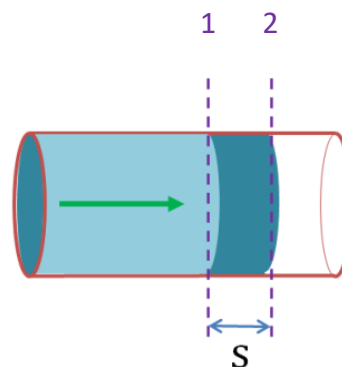
Unidades habituales: l/min, m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s

### 1.5.4 Velocidad

Espacio o distancia recorrida en la unidad de tiempo.

$$v = \frac{s}{t}$$

- **v:** velocidad
- **s:** espacio recorrido entre 1 y 2
- **t:** tiempo en pasar de 1 a 2



Unidades habituales: m/s, km/h

Correspondencia de unidades:

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

En el ámbito de la hidráulica la velocidad del fluido (el agua) es uno de los parámetros más determinantes, pues de ella dependerá, y con un crecimiento polinómico (al cuadrado), la pérdida de carga que se produzca a lo largo de la conducción. La velocidad, a su vez, dependerá del caudal circulante (directamente proporcional) y de la sección de la conducción (inversamente proporcional).

Dentro de las mangueras, y a los caudales usuales (los de las lanzas o monitores), la velocidad del agua suele moverse en el rango aproximado de 1-9 m/s (redondeando, unos 4-32 km/h). Estas velocidades aumentan drásticamente al ser el agua proyectada por la lanza (alcanzando unos 125-135 km/h).

## 2 MOVIMIENTO DE FLUIDOS EN CONDUCCIONES FORZADAS

### 2.1 Ecuación de continuidad

Expresión matemática que relaciona las velocidades y secciones de dos tramos distintos de una misma tubería. En la versión simplificada aquí considerada se cumple:

- El caudal es el mismo a lo largo de toda la conducción: no hay aporte ni salida de agua entre los dos tramos considerados.
- Tanto la sección de cada tramo como la densidad del fluido se pueden considerar constantes (variación por efecto de la presión despreciable).

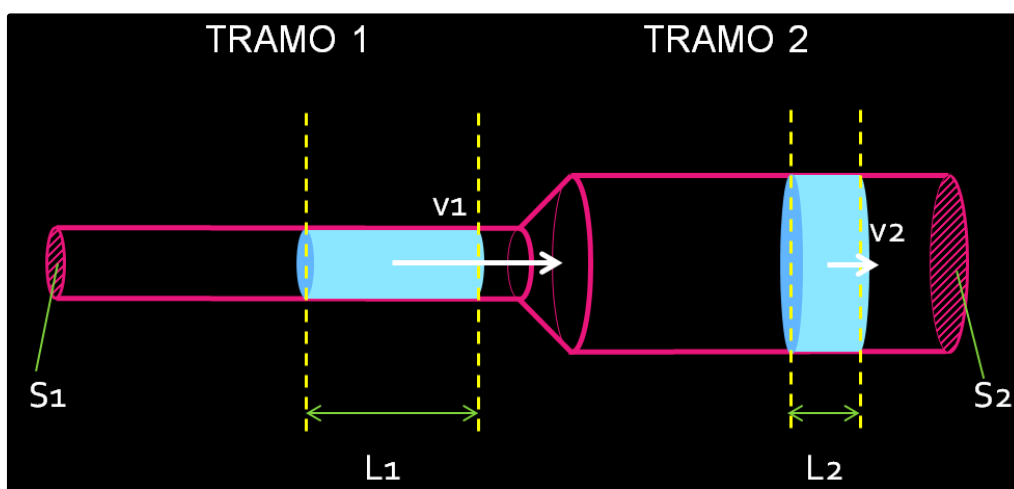


Figura 2. Fuente: CBCM

Sean dos tramos de diferente sección de una misma tubería (tramos 1 y 2, Fig. 2) por los que circulan dos volúmenes idénticos por dichos tramos, y llamando:

- $Q_1 = Q_2 = Q$ , caudal circulante, el mismo a lo largo de toda la conducción
- $V_1 = V_2 = V$ , volumen que atraviesa ambas secciones en el tiempo  $t$
- $S_1$  y  $S_2$ , secciones en 1 y en 2
- $v_1$  y  $v_2$ , velocidades en 1 y en 2

Al ser la sección 1 más pequeña que la sección 2, el mismo volumen de agua,  $V$ , deberá ser más “alargado” en el primer caso que en el segundo y para que pase en el mismo tiempo, deberá también circular más deprisa, concretamente:

$$Q = Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{L_1 \cdot S_1}{t} = v_1 \cdot S_1$$

$$Q = Q_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{L_2 \cdot S_2}{t} = v_2 \cdot S_2$$

Y como  $Q_1 = Q_2 = Q$ , queda:

$$Q = S_1 * v_1 = S_2 * v_2$$

Lo que supondrá que, para un mismo caudal, el agua se moverá más deprisa por los tramos estrechos y más despacio por los tramos anchos.

Aplicando esta ecuación a las diferentes secciones de manguera, y comparándolas entre sí, se observa que a igualdad de caudal la velocidad será:

- 7,8 veces mayor en 25mm que en 70mm
- 3,2 veces mayor en 25mm que en 45mm
- 2,4 veces mayor en 45mm que en 70mm

Lo cual tendrá una repercusión decisiva en las pérdidas de carga correspondientes (la pérdida de carga depende del cuadrado de la velocidad).

## 2.2 Energía del Agua. Ecuación de Bernoulli

La energía total del agua en cualquier punto de una conducción es la suma de la energía potencial (altura), más la energía de presión, más la energía cinética (velocidad):

$$E_{\text{total}} = E_{\text{potencial}} + E_{\text{presión}} + E_{\text{cinética}}$$

En una conducción sin pérdidas de carga esta suma se mantiene **constante** en toda su longitud, por lo que si alguno de los componentes aumenta o disminuye lo hace a expensas de uno de los otros dos (o de ambos).

Estas energías por unidad de volumen se suelen expresar mediante unidades equivalentes de longitud (metro columna de agua o m.c.a.) o de presión (por ejemplo, en bares, equivaliendo 1 bar a 10 m.c.a.).

En la siguiente figura (Fig. 3) se observa mediante piezómetros la energía de presión en cada punto,  $E_{\text{pre}}$  (la altura de cada columna equivale a su presión). La energía potencial,  $E_{\text{pot}}$ , la marcaría la cota del punto respecto del plano de referencia (en la figura sería la base del depósito) y, finalmente, la diferencia de cota del nivel de cada piezómetro con el nivel máximo del depósito sería la energía cinética,  $E_c$ . Si estas medidas se hacen en metros, para redondearlas a bares se dividirá por 10.

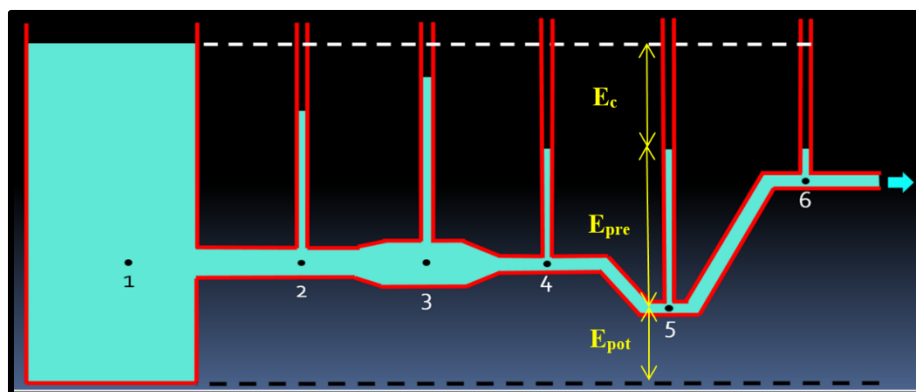


Figura 3. Fuente: CBCM

Esto mismo llevado a un tendido de mangueras **y suponiendo que no existiera la pérdida de carga**, llevaría a algo como lo representado en la figura siguiente (Fig. 4). Un tendido por el que circula un caudal de 360 l/min y que va cambiando de sección o de cota por tramos:

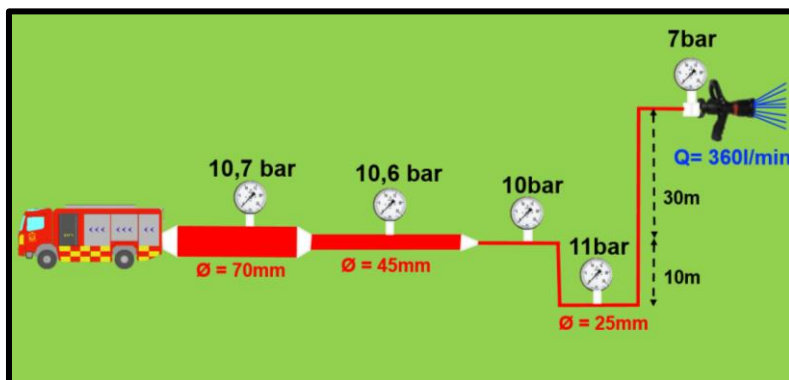


Figura 4. Fuente: CBCM

Al pasar del tramo de 70mm al tramo de 45mm hay una ligerísima disminución de presión debido a la reducción de sección, lo que supone un aumento de la velocidad y por tanto de la energía cinética.

El cambio en la presión es algo más visible es al pasar de 45mm a 25mm, donde la variación de sección y, por tanto, de velocidad, es lo suficientemente grande como para advertir un cambio sensible en la energía cinética y en la energía de presión. A partir de aquí, al mantenerse constante la sección, la velocidad y la energía cinética, las variaciones de presión son debidas solo a los cambios de altura. Es decir, la presión sube o baja al bajar o subir respectivamente la altura.

En general, salvo que las mangueras transporten un caudal superior al razonable para su sección (es el caso del tramo de 25mm del ejemplo), el término de energía cinética será lo suficientemente pequeño como para poderse despreciar a la hora de realizar los cálculos.

Si se desarrolla cada término de esta suma de energías se obtiene la ecuación de Bernoulli que, escrita en unidades de metro de columna de agua (m.c.a.), las más usuales en hidráulica, queda:

$$H = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{constante}$$

Con:

- **H**: energía total (m)
- **Z**: cota respecto al plano de referencia (m)
- **P**: presión (Pa)
- **γ**: peso específico (kg/m<sup>3</sup>)
- **v**: velocidad del fluido (m/s<sup>2</sup>)
- **g**: constante gravitatoria (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**Nota:** los sumandos  $z$ ,  $\frac{P}{\gamma}$  y  $\frac{v^2}{2g}$  se corresponden, respectivamente, con la energía potencial, la energía de presión y la energía cinética, todos expresados en unidades equivalentes de m.c.a.

## 2.3 Régimen laminar y turbulento

Según las circunstancias, un fluido se puede desplazar dentro de una conducción de forma “ordenada”, con trayectorias idealmente rectas (*régimen o flujo laminar*) o “desordenada”, con turbulencias, trayectorias entrecruzadas y velocidades cambiantes en dirección y módulo (*régimen o flujo turbulento*), tal como se ilustra en la Figura 5:

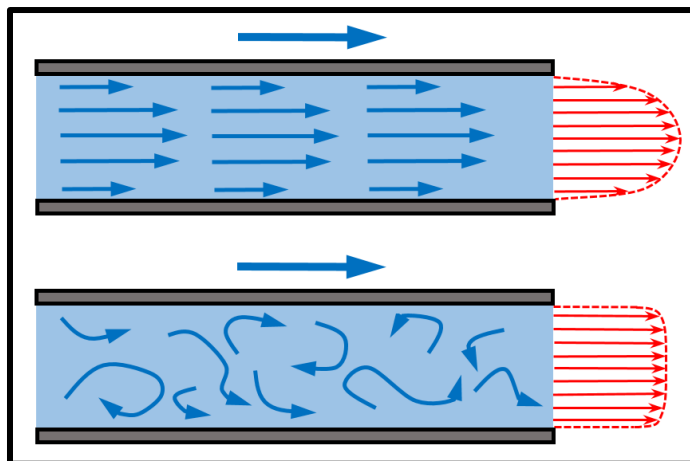


Figura 5. Arriba, régimen laminar, abajo, régimen turbulento. Fuente: CBCM

En el régimen laminar la capa de fluido directamente en contacto con las paredes de la tubería tendría velocidad cero, aumentando conforme nos alejamos de éstas llegando a un máximo en el centro de la conducción. Un ejemplo de este régimen lo podemos ver en el flujo de la pasta dentífrica a la salida del tubo que la contiene. En el régimen turbulento, si bien las velocidades son cambiantes, el comportamiento medio en cuanto a velocidades tiende a ser más similar entre las zonas cercanas a las paredes y las zonas próximas al centro de la conducción. Un ejemplo de este régimen se da en el agua al circular por las mangueras de las instalaciones para extinción.

## 2.4 Número de Reynolds

Número adimensional utilizado en mecánica de fluidos para caracterizar el tipo de movimiento. Físicamente supone el cociente entre los términos relativos a las fuerzas de inercia y las fuerzas de naturaleza viscosa. Cuando las primeras predominan sobre las segundas, el régimen tenderá a ser turbulento, en el caso contrario el régimen tenderá a ser laminar. En el caso particular de fluidos circulando por el interior de tuberías circulares rectas y llenas, el número de Reynolds viene dado por la expresión:

$$Re = \frac{\rho V \cdot D}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

- **Re** : número de Reynolds
- **$\rho$**  : densidad
- **V**: velocidad
- **D**: diámetro interno de la tubería
- **$\mu$** : viscosidad dinámica
- **$\nu$** : viscosidad cinemática

Con valores del Número de Reynolds del orden de 2300 o inferior (en el caso del agua suele considerarse un Re de 2000) el régimen se considerará laminar. Con valores del orden de 4000 o superiores, el régimen se considerará turbulento. Por supuesto, cuanto más nos alejemos de esos valores, el régimen será “más laminar” (20 es más laminar que 1500) o “más turbulento” (300.000 es más turbulento que 10.000). En el margen entre 2300 y 4000 se hallaría el régimen de transición, a caballo entre el régimen laminar y el turbulento.

**Re < 2300 → Régimen Laminar**  
**Re > 4000 → Régimen Turbulento**

En el caso de las **instalaciones de los servicios de extinción**, Re se moverá normalmente en el rango de 40.000 a 600.000, por lo que el **régimen será siempre turbulento**.

## 2.5 Pérdida de carga

Hasta este punto se ha considerado un fluido que se desplaza idealmente sin pérdidas de carga, es decir, que la energía total del fluido no disminuye a lo largo de su avance por la conducción. La realidad, sin embargo, es que en ese avance sí se da una pérdida de energía o *pérdida de carga*, debida a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la conducción.

La pérdida de carga **sólo se da con el fluido en movimiento** y podrá ser de dos tipos:

- **Pérdida de carga lineal.** Es la que se da a lo largo de tramos de sección constante. En el caso de las instalaciones de extinción, se corresponde con la que se da en las mangueras.
- **Pérdida de carga singular (o localizada).** Es la que se da al paso por elementos u obstáculos de la instalación como válvulas, cambios de sección, codos, etc.

Esta pérdida de carga se traduce en una disminución de la presión según se avanza por la conducción. La imagen inferior (Fig. 6) considera un caso ideal por el que circula un caudal Q por una tubería de sección constante, sin pérdidas de carga. Todos los piezómetros (o manómetros si fuera el caso) marcarán lo mismo, siendo la diferencia entre lo que marcan y el nivel del depósito la componente de energía en forma de energía cinética, que es la misma a lo largo de toda la tubería, al ser el caudal el mismo y la sección constante (velocidad igual a lo largo de toda la tubería).

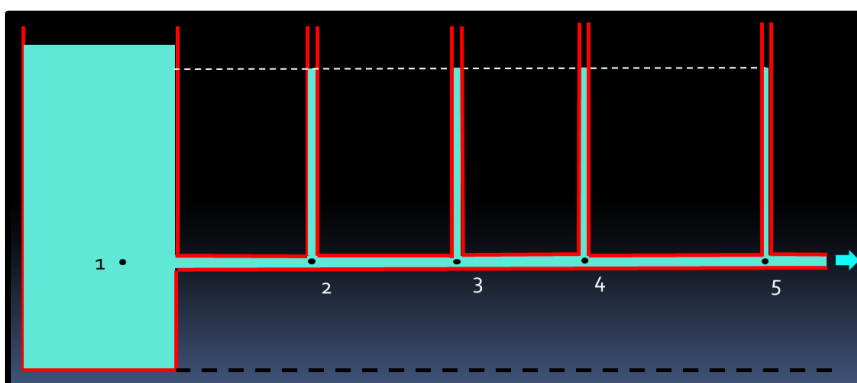


Figura 6. Situación ideal, sin pérdidas de carga. Fuente: CBCM

Sin embargo, en un caso real (Fig. 7), los diferentes piezómetros irían marcando cada vez menos, siendo estas disminuciones debidas a la pérdida de carga por rozamiento. El descenso mostrado en el piezómetro 5 con la flecha amarilla se corresponde con la pérdida de carga total del tramo 1-5:

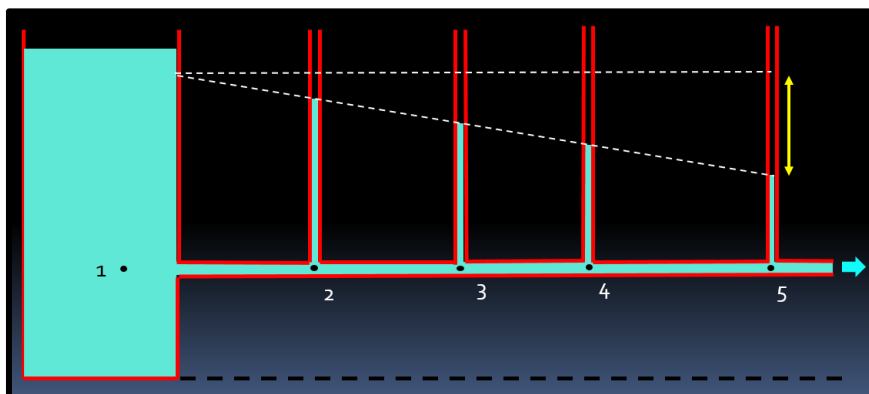


Figura 7. Situación real, con pérdidas de carga. Fuente: CBCM

Traducido a un tendido de mangueras, lo que se observaría debido a estas pérdidas de carga sería una disminución de la presión conforme el agua avanza, lo que se podría comprobar intercalando manómetros a lo largo de su recorrido, tal como se ilustra en la imagen (Fig. 8):

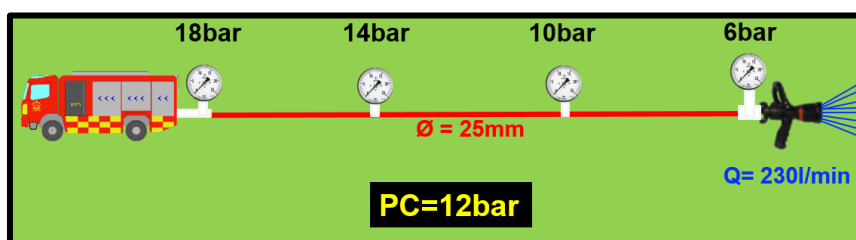


Figura 8. Fuente: CBCM

**Nota:** la pérdida de carga no puede suponer que el agua cada vez vaya más despacio conforme avanza por la conducción, pues implicaría que el caudal al inicio de ésta sea superior al que sale por su extremo (el agua “desaparecería”).

### 2.5.1 Factores que determinan la pérdida de carga lineal

La pérdida de carga lineal estará determinada por las características del fluido (viscosidad, velocidad, tipo de régimen) y de la conducción (dimensiones, rugosidad).

Resumidamente, dependerá de:

- **La longitud de la conducción** (directamente proporcional)
- **El diámetro de la conducción** (inversamente proporcional a la quinta potencia)
- **La velocidad del fluido** (cuadrado de la velocidad)
- **Viscosidad del fluido**
- **Rugosidad del material de la conducción**

En el ámbito de la ingeniería hidráulica la pérdida de carga lineal en tuberías se suele evaluar mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Con:

- **H<sub>f</sub>**: pérdida de carga (m)
- **f**: factor de fricción, adimensional (cálculo a partir de fórmulas y/o tablas)
- **L**: longitud de la tubería (m)
- **D**: diámetro interno de la tubería (m)
- **v**: velocidad del fluido (m/s<sup>2</sup>)
- **g**: constante gravitatoria (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Cuando el régimen del movimiento es laminar, el factor de fricción **f** depende sólo del Número de Reynolds. Cuando el régimen es turbulento el factor de fricción **f** depende del Número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la conducción.

En el ámbito de los servicios de extinción, por la premura del propio trabajo, no resulta práctico evaluar las pérdidas de carga lineal usando estas fórmulas. Lo usual es acudir a tablas en las que se obtiene la pérdida de carga de manera inmediata a partir del caudal circulante y de las características de cada tramo de manguera (longitud, generalmente 20-30 m, y diámetro, normalmente 25, 38, 45 o 70mm).

### 2.5.2 Pérdida de carga total

La pérdida de carga total será la suma de las pérdidas carga lineales y singulares que deba afrontar el fluido en su discurrir a lo largo de la conducción.

El cálculo de las pérdidas de carga singular normalmente se obtiene en base a la velocidad del fluido en la conducción y a coeficientes que dependen del tipo de obstáculo (existen tablas para estos coeficientes).

En el ámbito de los servicios de extinción, salvo casos excepcionales, estas pérdidas de carga debidas a bifurcaciones, reducciones u otros elementos, a menudo se desprecian por el bajo peso que suelen tener frente al total de pérdidas de carga.

Considerando todas las pérdidas de carga, **la pérdida de carga total aumentará<sup>1</sup>:**

- Al aumentar la longitud del tendido.
- Al aumentar el caudal.
- Al aumentar el número de elementos singulares (reducciones, bifurcaciones, codos...)
- Al disminuir la sección.

---

<sup>1</sup> En esta relación se han considerado sólo los factores que están sujetos a la toma de decisiones durante la propia intervención. Existen otros factores que, por supuesto, inciden en la pérdida de carga, pero sobre los que no se puede actuar al venir dados, tales como la viscosidad del agua o la rugosidad interna de las mangueras.

### 3 BOMBA HIDRÁULICA

La bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada, generalmente mecánica, en energía del fluido incompresible que mueve, proporcionándole presión, velocidad o ambas.

#### 3.1 Tipos de bomba según el principio de funcionamiento

La siguiente clasificación es una de las posibles formas de agrupar los distintos tipos de bombas. Según el criterio e incluso la fuente pueden encontrarse clasificaciones diferentes a la aquí mostrada.

##### 3.1.1 Bombas volumétricas

La máquina produce un aumento de presión por el empuje de las paredes de cámaras que varían su volumen o su posición. En general, son bombas que proporcionan bajos caudales pero que pueden llegar a dar grandes presiones. Ejemplos de este tipo de bombas son, entre otras, las bombas de pistón, de membrana o de engranajes (Fig. 9).

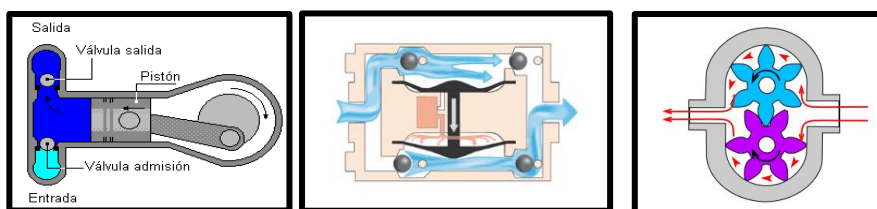


Figura 9. Ejemplos de bombas volumétricas: pistón, de membrana y de engranajes. Fuente: Blogspot

Este tipo de bombas suelen trabajar en un rango de caudales bastante estrecho, por lo que no son las más adecuadas para el tipo de trabajo en intervenciones, que requieren un caudal considerable y sobre todo variable.

##### 3.1.2 Bombas rotodinámicas

La máquina produce un aumento de velocidad en el fluido mediante un elemento giratorio (rodete o rotor) que después se convierte en energía de presión. Según la trayectoria seguida por el fluido al salir del rodete o rotor se clasifican en centrífugas (trayectoria de salida perpendicular al eje de giro del rotor), axiales (trayectoria de salida paralela al eje de giro del rotor) y heliocentrífugas (trayectoria de salida en un ángulo intermedio), tal como se ilustra en la Figura 10.

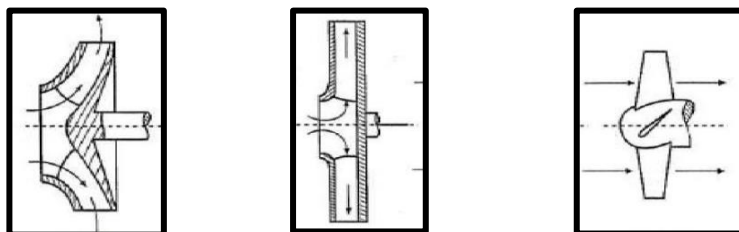


Figura 10. Bomba centrífuga, axial y heliocentrífuga. Fuente: Blogspot

Dentro del grupo de las bombas rotodinámicas, las centrífugas son las más indicadas en los sistemas de extinción de incendios, pues proporcionan suficiente caudal y **altas presiones**.

### 3.2 Componentes de una bomba centrífuga

#### Rodete o impulsor

- Es elemento que gira. Absorbe el agua, cambia su dirección y aumenta su velocidad.
- Formada por dos discos paralelos con canales formados por los álabes.

#### Carcasa o cuerpo

- Es la cámara que contiene el resto de elementos.
- Normalmente en forma de voluta o caracol.
- Puede incluir difusores fijos para reconducir el agua a la salida del rodete, frecuentes sobre todo en bombas de muy altas prestaciones.

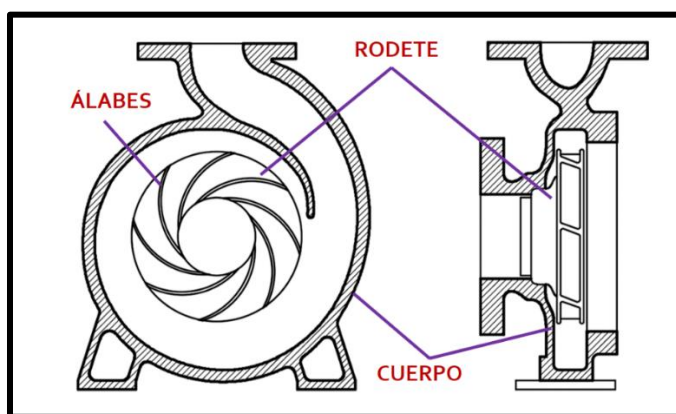


Figura 11. Componentes de una bomba centrífuga. Fuente: CBCM

### 3.3 Principio de funcionamiento de la bomba centrífuga

El agua es absorbida por la aspiración, paralelamente al eje de la bomba. Después, incide sobre el disco posterior del rodete y cambia de dirección (90°).

Como el rodete gira, el agua se ve forzada a girar con él, aumentando su velocidad y su **energía cinética** y, con ello, su **energía total**.

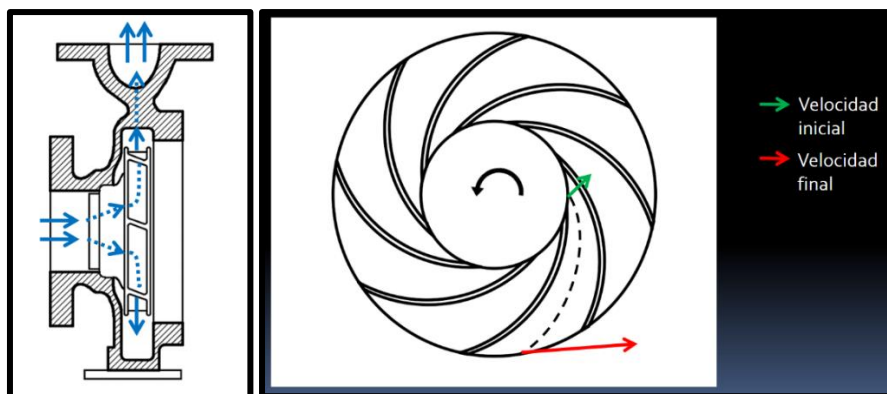


Figura 12. Fuente: CBCM

El agua reduce su velocidad al salir del rodete y pasar a circular por la voluta. Así, el incremento de energía cinética se transforma en **energía de presión** (Fig. 13).

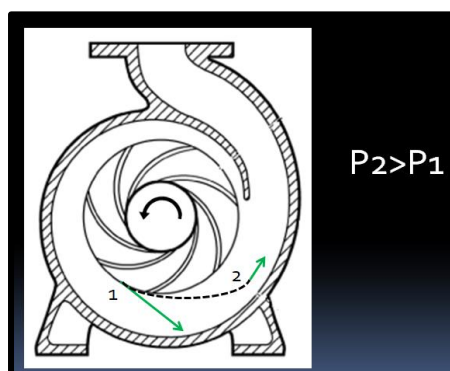


Figura 13. Fuente: CBCM

### 3.4 Alta y baja presión

La mayoría de autobombas de los servicios de extinción tienen la posibilidad de impulsar en dos rangos de presión, tal cómo se definen en la Norma UNE-EN 1028: presión normal (baja presión en la jerga de los servicios de extinción) y alta presión.

La baja presión suele llegar a valores de hasta 12-16 bar, suministrando caudales considerables. La alta presión se consigue alimentando a partir de la baja presión una o varias etapas posteriores, que darán caudales más pequeños, pero con presiones elevadas, del orden de 40 bar o más.

### 3.5 Prestaciones de la bomba. Curva característica

Los fabricantes proporcionan una serie de información con la que la persona encargada de adquirir una bomba, puede conocer sus prestaciones de funcionamiento. La primera información normalmente es un resumen de caudales y presiones máximas, altura de aspiración, régimen de giro, sistemas de seguridad, etc. (Fig. 14).

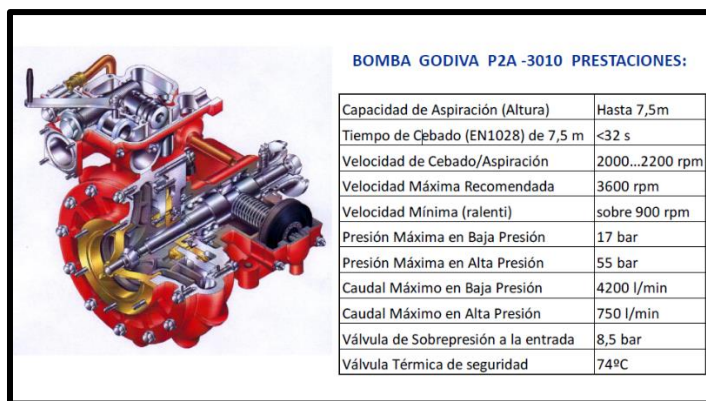


Figura 14. Fuente: Godiva

Esta información da una idea aproximada de las capacidades máximas de la bomba, pero no permite saber cuál será la combinación de caudal y presión en cada momento. Para ello es necesaria más información y presentada de otro modo: *la curva característica*.

La curva característica es una representación de las prestaciones de la bomba sobre una gráfica presión-caudal: para cada caudal que suministra la bomba indica la presión (energía por unidad de volumen) del agua a la salida de la bomba. Para cada régimen de giro de la bomba habrá una curva característica.

Además de esta información, las gráficas que da el fabricante pueden incluir las curvas de potencia, rendimiento, etc., aunque es una información menos relevante dentro del ámbito de emergencias.

NOTA: el término *curva característica* no es algo exclusivo de la hidráulica, existen curvas características en los más variados ámbitos (electricidad, termodinámica, medicina, etc.) en los que se consideran otros parámetros físicos (intensidad, tiempo, temperatura, etc.).

A modo de ejemplo, las gráficas siguientes (Figs. 15 y 16) corresponden, respectivamente, a las curvas en baja presión ("presión normal", conforme a la terminología sobre bombas contra incendios de la Norma UNE-EN 1028) y alta presión, de una bomba real adquirida por el servicio del CBCM, la GODIVA P2A-3010. Aparecen representadas las curvas correspondientes a los regímenes de giro de 3600, 3200, 2800 y 2400 rpm. En color marrón, las curvas de potencia consumida.

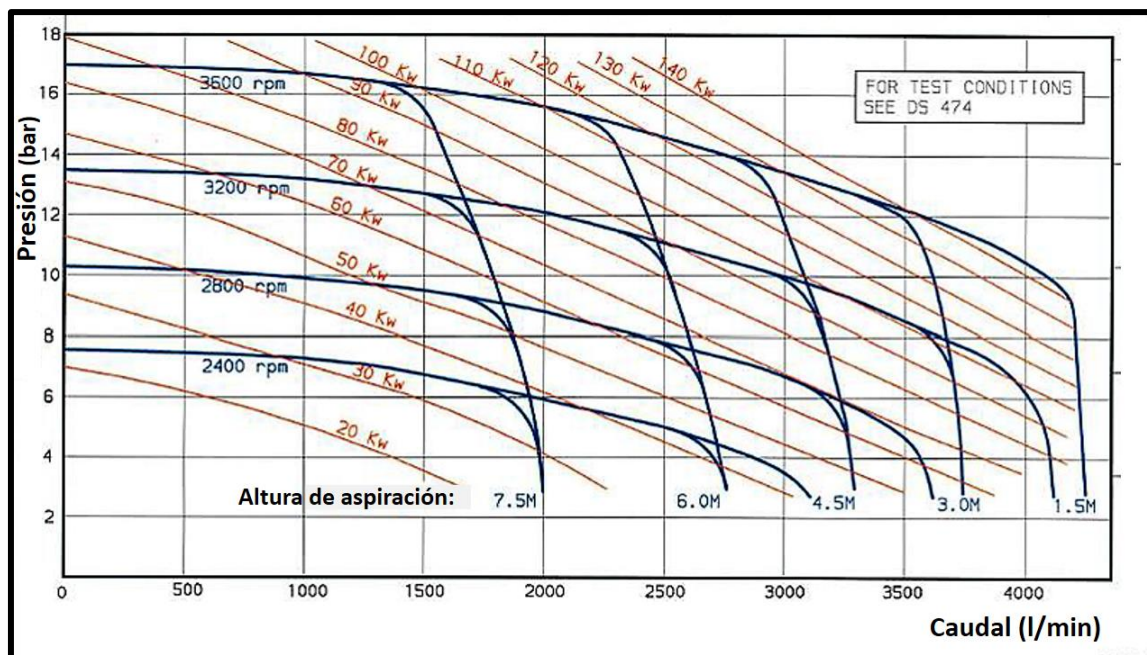


Figura 15. Bomba GODIVA P2A-3010. Baja presión (presión normal). Aparecen representadas las limitaciones aspirando a 7,5m, 6m, 3m y 1,5m, empleando los correspondientes manguotes y válvula de pie. Fuente: Godiva

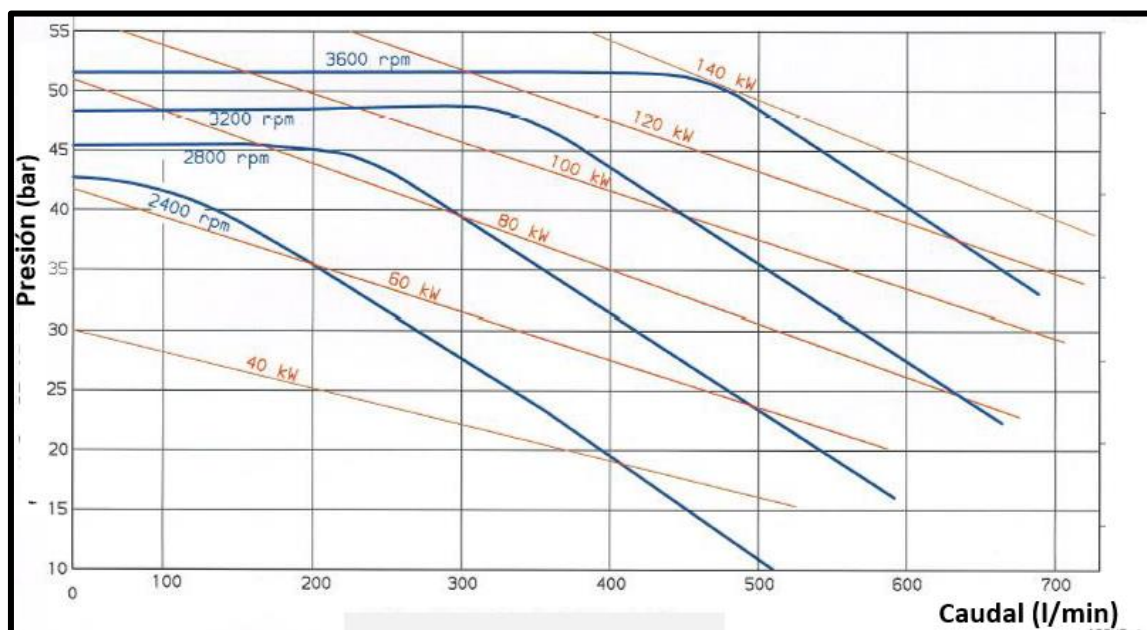


Figura 16. Bomba GODIVA P2A-3010. Alta presión. Fuente: Godiva

### 3.6 Cavitación

Situación en la que en regiones del sistema de bombeo o de una conducción se produce una bajada de la **presión absoluta** por debajo de la **presión de vapor del líquido**, pasando parte a estado gaseoso

y creándose burbujas o “cavidades”. Estas burbujas recuperan súbitamente el estado líquido al desplazarse y alcanzar zonas con mayor presión.

Es en este colapso donde se produce el daño: toda la energía del colapso de la burbuja se concentra en un punto, pudiéndose alcanzar valores locales de presión incluso del orden de 1000 bar. Esto origina erosiones del metal (aparecen “bocados”) que, posteriormente, por acumulación, pueden provocar incluso la rotura del elemento (Fig. 17) o posterior corrosión, al ser estos agujeros puntos muy sensibles para que se inicie ésta sobre su superficie.



Figura 17. Rodete destrozado por episodios intensos de cavitación. Fuente: Wikipedia

Aparte de estos daños se producen también ruidos y vibraciones, que advierten de que se debe interrumpir la maniobra de inmediato, bajando revoluciones y reduciendo caudales (por ejemplo, cerrando lanzas).

Dentro de la bomba (Fig. 18) la formación de la burbuja se produce donde menor es la presión, es decir a la entrada del rodete, y el colapso de la burbuja se produce donde posteriormente aumenta la presión, es decir, sobre todo a la salida del rodete.

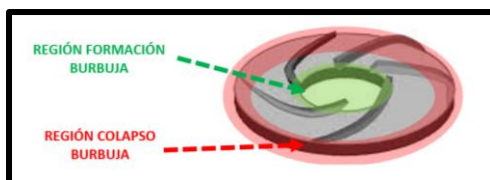


Figura 18. Rodete destrozado por episodios intensos de cavitación. Fuente: Wikipedia

### 3.7 Riesgo de cavitación

A efectos prácticos, se producirá cavitación cuando la bomba demande más caudal que el que le permite su sistema de alimentación, y la probabilidad aumentará con la temperatura del agua, pues ésta necesitará una menor bajada de presión para alcanzar la presión de vapor. Las situaciones en las que con mayor probabilidad se producirá esto serán:

- Aspiración.
- Válvula de tanque cerrada / obstrucción entrada bomba.
- Bombeo en serie.

### 3.8 Aspiración

Maniobra (Fig. 19) consistente en usar como suministro un aprovisionamiento de agua atmosférico distinto del depósito del vehículo (piscina, embalse, arroyo, etc.). El **sistema impulsor** que elevará el agua desde el aprovisionamiento hasta el cuerpo de bomba, usualmente por encima, será la **presión atmosférica**.

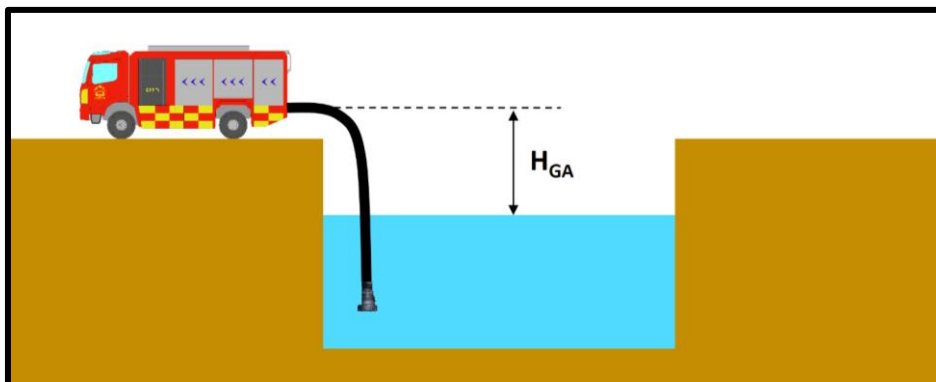


Figura 19. Aspiración. Fuente: CBCM

#### 3.8.1 Aspiración. Medios necesarios

##### Mangotes (Fig. 20)

- Tuberías semirrígidas de gran sección.
- Pueden acoplarse entre ellos para dar mayor longitud (se suele llevar 4 tramos en el vehículo).
- La conexión es mediante racores idénticos acoplados en los extremos, que se aprietan mediante llaves de medio punto.
- Uno de los extremos de la línea de mangotes se conecta a la aspiración de la bomba, el otro a la válvula de pie que se sumerge en el agua.

##### Válvula de pie (Fig. 20)

- Válvula conectada al inicio de la línea de succión, que se sumerge en el agua.
- Tiene una válvula anti-retorno para evitar el vaciado de la columna de agua.



Figura 20. Mangote y válvula de pie. Fuente: CBCM

##### Cuerdas

Se suelen emplear dos cuerdas auxiliares. Una para manejar el conjunto mangotes-válvula de pie, y otra para poder abrir la válvula anti-retorno y vaciar la columna de agua a la hora de sacar los mangotes del agua.

### 3.8.2 Aspiración. factores limitantes

La capacidad del sistema de aspiración estará limitada por varios factores, que en el caso límite supondrán la aparición de la cavitación:

- **Caudal demandado.** Cuanto mayor sea, más desfavorable, por tener que circular más rápido el agua y aumentar por lo tanto la pérdida de carga en válvula de pie y mangotes
- **Características de la bomba.** Dependerán del diseño de cada bomba, suponiendo en la práctica la aparición de la cavitación antes (a valores de presión a la entrada de bomba todavía relativamente grandes) o después (a valores de presión a la entrada de la bomba más pequeños).
- **Presión atmosférica.** Cuanto mayor sea, más favorable.
- **Diferencia de cota.** Cuanto mayor sea, más desfavorable.
- **Temperatura del agua.** Cuanto mayor sea, más desfavorable.
- **Características de la conducción de aspiración:**
  - **Longitud.** Cuanto mayor sea, más desfavorable.
  - **Diámetro.** Cuanto mayor sea, más favorable.
  - **Rugosidad.** Cuanto mayor sea, más desfavorable.
  - **Singularidades** (válvula de pie, curvatura, racores): cuantas más haya y más bruscas, más desfavorable (por ejemplo, la obstrucción parcial de la válvula de pie).

Como se ha comentado, si la bomba comenzara a cavitarse, inmediatamente se deben bajar revoluciones y, si es el caso, cerrar o reducir el caudal en las lanzas.

### 3.8.3 Aspiración. Vigilancia del manovacuómetro

Durante el trabajo de aspiración lo habitual es no disponer de los gráficos correspondientes, ni conocer de manera fiable e inmediata los parámetros necesarios (presión, caudal, altura de aspiración, régimen de giro) para saber si la bomba está o no próxima a cavitarse. La herramienta directa de la que se dispone para poder controlar este riesgo es hacer lecturas constantes del manovacuómetro situado a la entrada de la bomba, las cuales, como norma general, no deberían ser inferiores a -0,8 bar.

El **manovacuómetro** es un aparato de medida capaz de realizar **lecturas por debajo de la presión atmosférica**. Como mide en términos de presión relativa, el valor -0,8 bar, asumiendo que la presión atmosférica fuera de 1 bar, equivaldría en términos de presión absoluta a 0,2 bar. Estos 0,2 bar de presión absoluta son el remanente de presión que entrará a la bomba, sirviendo de margen para que la posterior bajada de presión que se dará en determinadas regiones del rodete no llegue a provocar la cavitación.

Dado el margen de error en las lecturas, las duras condiciones de trabajo de las bombas durante las intervenciones, el hecho de que la presión absoluta puede ser inferior a 1 bar (por ejemplo, a una altitud de 1.000 metros sobre el nivel del mar la presión absoluta ronda los 0,9 bar) y otros aspectos no controlables, el **valor general recomendado desde el CBCM es de -0,7 bar**.

## 3.9 Cebado

Maniobra que se realiza para llenar de agua una bomba vacía en el caso de no disponer de agua en el depósito y se quiera aspirar agua de una cota inferior.

Por su principio de funcionamiento las bombas centrífugas son incapaces de generar el vacío suficiente cuando están llenas de aire, debido a la baja densidad de éste, por lo que se debe recurrir a un mecanismo auxiliar, el cebador, que es una bomba volumétrica de diversos tipos: pistones, bomba de vacío, anillo de agua, etc.

## 4 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA INSTALACIÓN

Representación gráfica de los requerimientos de la instalación, que se representa en una gráfica presión-caudal. Para cada caudal que circula por la instalación indica la presión (energía por unidad de volumen) necesaria en su acometida para conseguir dicho caudal. Habrá una curva para cada instalación en función del tendido (longitud, sección, etc.), la altura a salvar y las circunstancias de la lanza. La Figura 21 muestra la curva característica de una lanza.

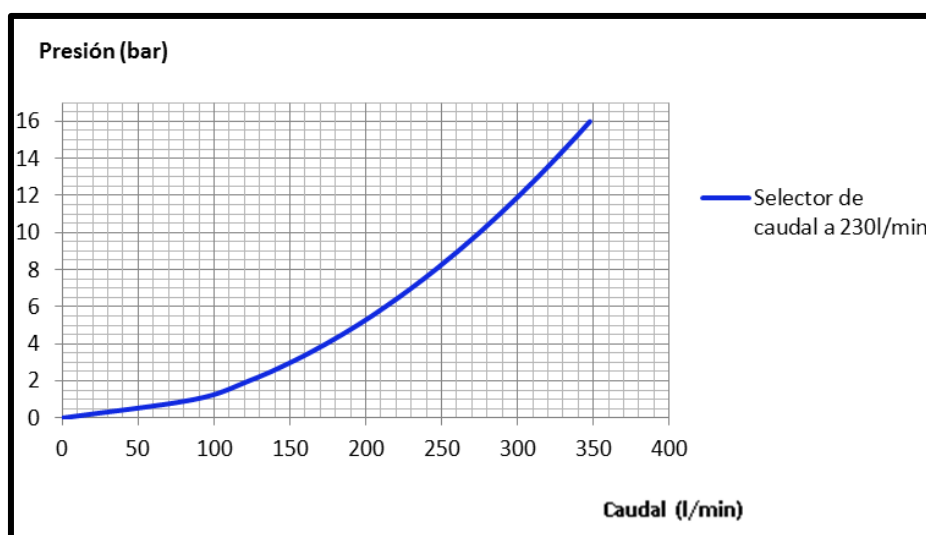


Figura 21. Curva característica de una lanza con el selector de caudal a 230 l/min. Fuente: CBCM

En este ejemplo la lanza tiene el selector de caudal a 230 l/min, que sería el caudal que saldría si la presión a la entrada de la lanza fuera la Presión de Referencia (en este modelo de lanza PR=7 bar). Con otras presiones los caudales serían otros, por ejemplo, a 1 bar saldrían unos 100 l/min, y a 12 bar unos 300 l/min.

Como norma general, la instalación se conecta a una bomba, lo que supondrá que la acometida de la instalación (en este ejemplo es simplemente una lanza) coincida con el final de la bomba, por lo que la presión en dicha acometida se puede leer directamente en el manómetro de la bomba.

Según se fuera intercalando tendido entre lanza y bomba, los requerimientos de presión para obtener los distintos caudales serían mayores, al necesitar más energía para vencer las pérdidas de carga correspondientes (y los desniveles si los hubiera).

El resultado expuesto gráficamente, ahora en rojo, es una nueva curva (Fig. 22) que parte del mismo punto, pero discurre por encima de la anterior.

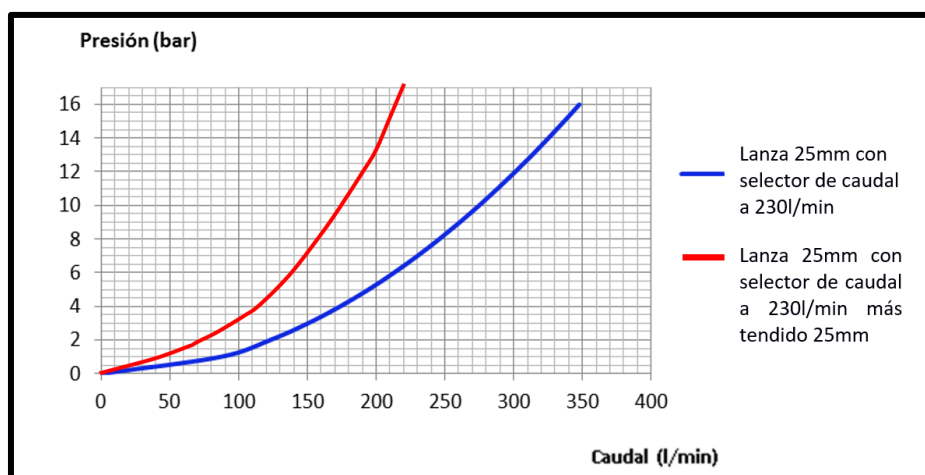


Figura 22. Curva característica lanza y lanza + tendido. Fuente: CBCM

La pendiente de la curva indicará el nivel de exigencia energética de la instalación:

- **Curva cuya pendiente crece muy rápidamente:** instalación con gran requerimiento energético ("peor"). Más presión para obtener el mismo caudal.
- **Curva cuya pendiente crece despacio:** instalación con poco requerimiento energético ("mejor"). Menos presión para obtener el mismo caudal.

Si además, el tendido debe vencer un desnivel positivo (Fig. 23, curva de color verde), se necesitaría un mínimo de presión, independiente del caudal circulante, equivalente a ese desnivel, para vencerlo y que comience a salir agua por la lanza. La curva entera se desplaza hacia arriba (hacia abajo si el tendido fuese descendente).

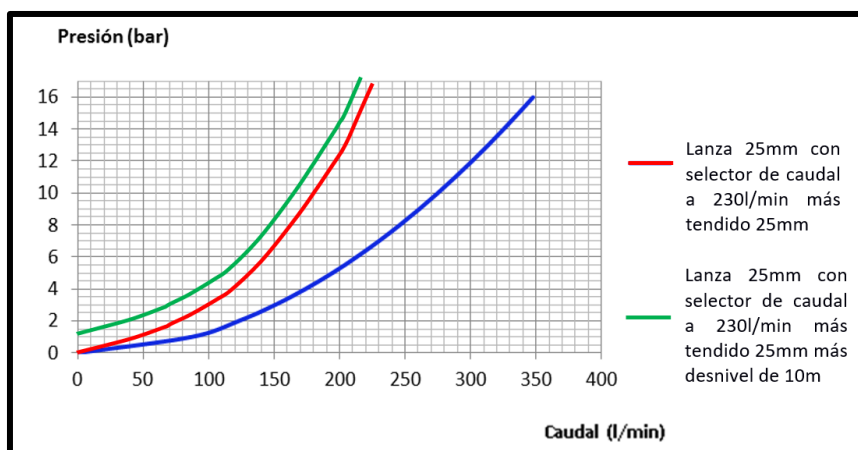


Figura 23. Curva característica lanza y lanza + tendido + desnivel positivo. Fuente: CBCM

## 5 PUNTO DE FUNCIONAMIENTO

Es la combinación de caudal y presión resultantes de la interacción de una instalación (en el caso de un tendido para extinción formado por mangueras, lanza y resto de elementos presentes en el tendido)

con una bomba (o sistema impulsor en general) funcionando a un régimen concreto y que alimenta a dicha instalación. El caudal y presión a la **salida de la bomba** (lo que se aporta) coincidirá con el caudal y presión necesarios a la **entrada de la instalación** (lo que se demanda). Esta intersección se denomina **punto de funcionamiento** y se obtiene representando en la misma gráfica la curva característica de la bomba y la curva característica de la instalación, siendo el punto de corte de ambas curvas. Dado que la instalación comienza donde termina la bomba, leer la presión en bomba será lo mismo que leer la presión en la acometida de la instalación.

Cuando se quiere lanzar un caudal determinado por una instalación formada por lanza y tendido, se necesita una presión a la entrada del tendido ajustada para vencer la suma de presión en lanza (la Presión de Referencia, normalmente 6 bar), la altura geométrica a vencer, y las pérdidas de carga del tendido (lineales y singulares). Si se conecta la bomba y no sale el caudal esperado es porque para ese régimen de giro de la bomba, la presión es insuficiente y, por tanto, la capacidad de aportar el caudal demandado: el punto de funcionamiento está por debajo de lo que se pretende. Al acelerar la bomba para solucionarlo lo que se hace es dar un salto a un régimen de giro más elevado, cuya curva característica estará por encima de la anterior, y el nuevo punto de funcionamiento resultante será el buscado. La siguiente gráfica (Fig. 24) muestra un ejemplo, puntos 1 y 2, y curvas verde y roja.

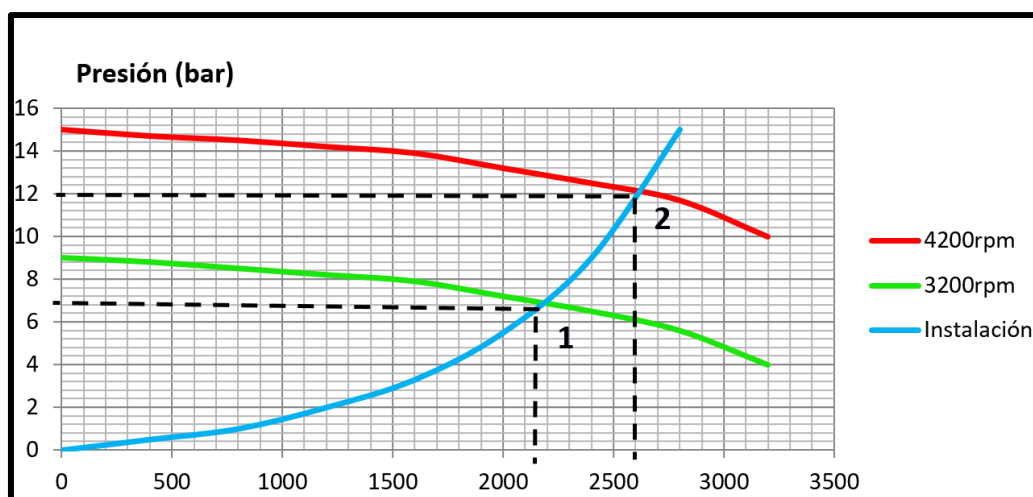


Figura 24. Punto de funcionamiento. Fuente: CBCM

## 6 EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE PRESIÓN

Hasta este punto se han estudiado los sistemas bomba e instalación, descritos con sus respectivas curvas características, y cómo es la interacción entre ambas, obtenida con el punto de funcionamiento. Obviamente esto es algo que no se puede aplicar en una intervención porque, ni se dispone de esa información, ni de tiempo para poder analizarla.

Como alternativa, se suelen utilizar métodos que permiten llegar al mismo resultado de una manera mucho más rápida y sencilla, aplicando la “Ecuación de Línea” y mediante el uso de tablas que permiten conocer la presión necesaria en bomba para hacer que el sistema bomba-instalación trabaje justo en el punto de funcionamiento buscado.

La información que se necesita conocer es la referente a la instalación (número de tramos de manguera y su diámetro, caudal seleccionado en lanza, etc.) y el resultado obtenido será la presión a la que deberá trabajar la bomba.

## 7 ECUACIÓN DE LÍNEA

Al trabajar con un tendido de extinción, la presión en bomba será la necesaria para obtener en punta de lanza la presión indicada por el fabricante (presión de referencia), más la necesaria para compensar las variaciones de cota (éstas pueden ser positivas o negativas), más la necesaria para vencer las pérdidas de carga por rozamiento (Fig. 25).

A estos términos se le sumaría la componente de energía cinética, pero como ya se ha comentado en general tendrá un valor tan pequeño que se puede despreciar. Así pues, si sumando todo lo anterior queda:

$$PB = PL + AG + PC$$

Con:

- **PB** = Presión en bomba
- **PL** = Presión en lanza (presión de referencia, usualmente 6-7 bar)
- **AG** = Altura geométrica (es positiva si la punta de lanza está en una cota superior a la bomba, y negativa si la lanza se encuentra en una cota inferior)
- **PC** = Pérdidas de carga (función de la longitud, sección y caudal)

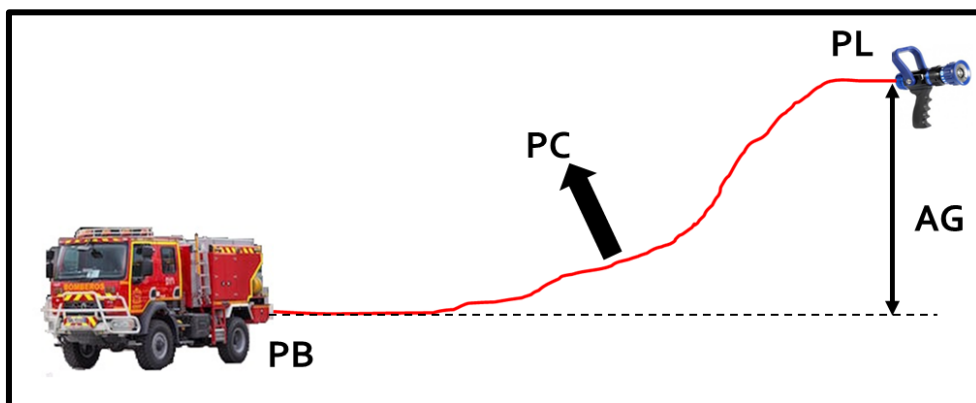


Figura 25. Ecuación de línea. Fuente: CBCM

Esta expresión o “Ecuación de Línea” es un método simplificado muy sencillo para evaluar la presión que deberá marcar la bomba para obtener en lanza la presión de referencia y el caudal buscado, sin necesidad de conocer las curvas características de bomba e instalación o de realizar cálculos complejos. La información que se debe manejar será:

- **Presión de referencia de la lanza.** Generalmente 6 o 7 bar.
- **Caudal deseado.** La lanza deberá tener seleccionado dicho caudal.
- **Desnivel a salvar.** Positivo si es ascendente y negativo si es descendente.
- **Número de tramos y diámetro de las mangueras** que forman el tendido.
- **Tabla de pérdidas de carga** en función del caudal y el diámetro de la manguera (Fig. 26)

DIAMETRO	PÉRDIDA DE CARGA (bar) PARA TRAMOS DE 20m											
	CAUDAL (l/min)											
	100	150	230	360	475	550	750	950	1400	1900	2500	3000
25 mm	0,7	1,5	3,8	8,2	*	*	*	*	*	*	*	*
45 mm	0,1	0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	2,3	3,3	6,6	*	*	*
70 mm	*	*	*	*	0,1	0,1	0,3	0,5	0,9	1,5	2,8	4,0

Figura 26. Tabla de pérdidas de carga en tramos de manguera de 20 metros. Los valores aparecen promediados, ya que siempre existirán ligeras variaciones en función del modelo específico de manguera, su estado, dilatación por efecto de la presión en cada tramo (cambio en la sección real), etc. Fuente: CBCM

NOTA: en la práctica siempre habrá pérdidas adicionales por codos, racores, bifurcaciones, etc., normalmente con un valor muy pequeño que se puede despreciar. No obstante, si el tendido es particularmente sinuoso, con muchos de estos elementos, y se está trabajando con valores de caudal cercanos a los máximos “razonables” para los tendidos (los correspondientes a los máximos caudales que pueden impulsar sus respectivas lanzas) se puede incrementar el valor de la pérdida de carga total en 1 o 2 bar.

## 8 BOMBEO EN SERIE

Dos bombas (o sistemas de impulsión, como un hidrante, por ejemplo) están conectados en serie, cuando la salida de la primera bomba o sistema de impulsión está conectada a la aspiración de la segunda bomba. Esta secuencia puede realizarse con dos o más bombas (la salida de la segunda iría a la aspiración de la tercera, la salida de la tercera iría a la aspiración de la cuarta, y así sucesivamente).

El resultado conseguido es que el caudal que circula por cada una de las bombas es el mismo, pero al pasar el agua por cada bomba se va sumando la presión que aporta cada una.

El siguiente ejemplo ilustra el caso del acoplamiento en serie de dos bombas (Bomba 1 y Bomba 2). Cada una estará girando a un régimen concreto (sean o no el mismo modelo de bomba), por tanto, cada una tendrá su propia curva característica, como se ilustra en los gráficos correspondientes (Figs. 27 y 28):

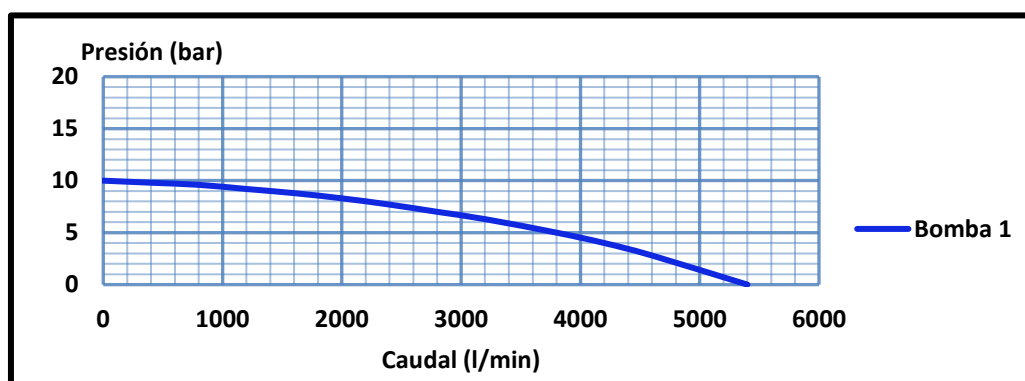


Figura 27. Curva característica Bomba 1. Fuente: CBCM

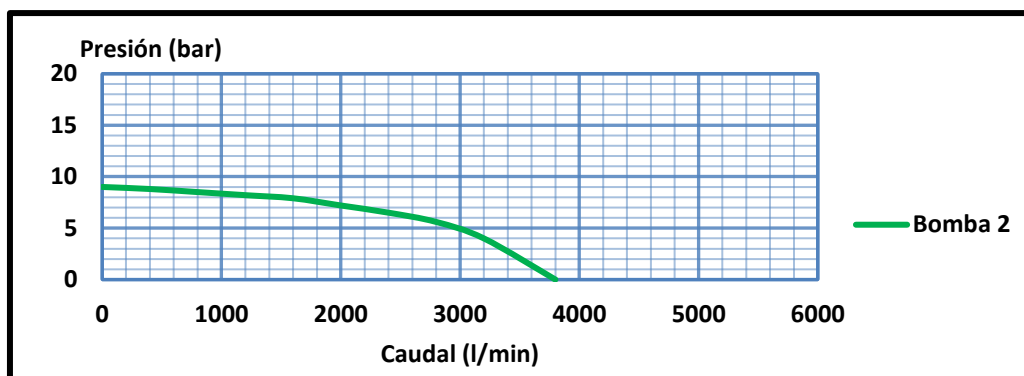


Figura 28. Curva característica Bomba 2. Fuente: CBCM

La curva característica de las dos bombas trabajando en serie (curva roja, Fig. 29) sería el resultado de sumar verticalmente ambas curvas (para cada caudal, la presión correspondiente es el resultado de sumar la presión aportada por cada bomba según sus respectivas curvas):

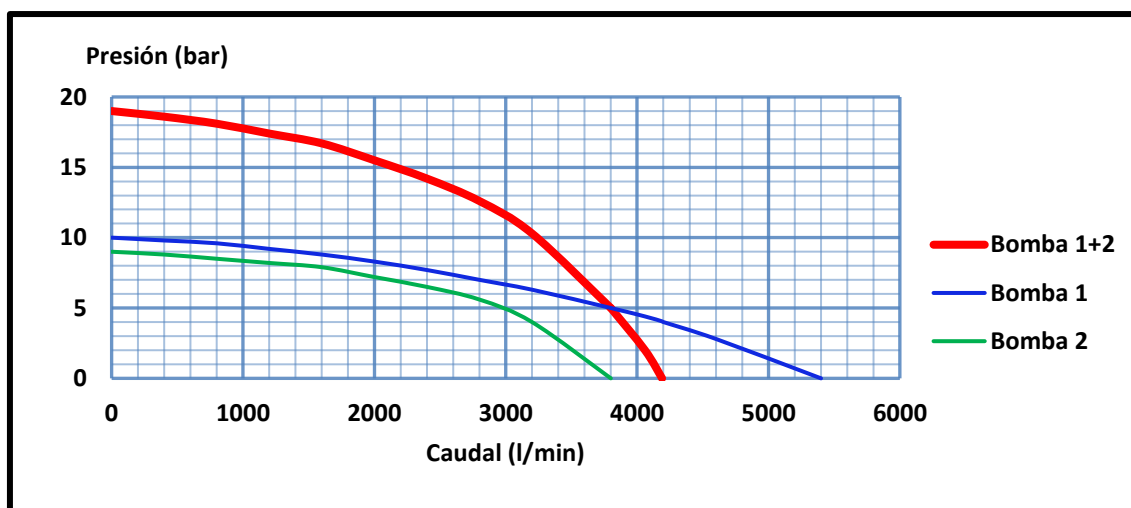


Figura 29. Curva característica Bomba 1 + Bomba 2. Fuente: CBCM

## 9 LANZA DE EXTINCIÓN

Es el equipo instalado en el extremo de la manguera con el que se controla:

- Apertura y cierre
- Caudal (según tipo de lanza)
- Efecto (tipo de chorro)

Es un aparato técnicamente sencillo, aunque dispone de multitud de piezas ensambladas cuya finalidad es la de aportar estanqueidad, durabilidad, fiabilidad, suavidad y sencillez en el uso. Su material principal suele ser el aluminio, aunque dispone de diferentes componentes fabricados en plástico y caucho.

## 9.1 Partes de una lanza

Para facilitar su aprendizaje y revisión, el CBCM diferencia 5 bloques diferentes en la lanza.

### Bloque 1

- **Racor y rosca de giro libre:** es una pieza que gira “loca”, acoplada al cuerpo principal de la lanza. Permite el acoplamiento del conjunto lanza-manguera con posibilidades de giro independientes para evitar torsiones indeseadas.
- **Filtro:** consiste en una red metálica acoplada en el interior de la rosca de giro libre, que evita la entrada de impurezas arrastradas por el agua, que sean demasiado grandes y no puedan ser evacuadas en el modo de limpieza o FLUSH.

### Bloque 2

- **Empuñadura:** consiste en un mango entallado que ofrece comodidad y seguridad en el agarre.

### Bloque 3

- **Conjunto de apertura y cierre:** las más habituales constan de una válvula de bola alojada en un cuerpo de válvula, donde se incorpora un maneral sobredimensionado. También existen lanzas con válvulas de apertura y cierre llamadas “de corredera o de pistón”, en las que el mecanismo consiste en un tubo que se aproxima y aleja a una esfera, modificando así la sección de salida, desde totalmente abierta hasta cerrada.

El maneral oscila hacia delante (válvula cerrada) y hacia detrás (válvula abierta).

- **Cuerpo principal:** es una pieza que permite la unión de todos los elementos de la lanza.

### Bloque 4

- **Corona selectora de caudal:** es una pieza giratoria que genera el desplazamiento del tubo de descarga.

Su giro hacia la izquierda desplaza el tubo de descarga aumentando la superficie de salida y con ello el caudal. Al final de su recorrido tiene una posición de limpieza o “FLUSH”, que permite el paso de elementos arrastrados por el agua hasta la lanza entorpeciendo su paso (normalmente arena). El giro hacia la derecha hace disminuir la superficie de salida y el caudal, acercando el cuello del tubo de descarga a la cabeza del deflector.

En ella están marcados los diferentes caudales configurados por el fabricante a la presión de referencia (Pr), con lanza totalmente abierta.

- **Tubo de descarga:** es el último canal por donde se desplaza el agua al final de la instalación, justo antes de salir de la lanza. Es una pieza móvil que se separa o aleja de la cabeza del deflector (seta), en función del caudal seleccionado en la corona selectora de caudal.

### Bloque 5

- **Deflector:** consta de un vástago y una cabeza o seta roscada en él. Limita el hueco de salida entre el tubo de descarga y el exterior, desviando el agua hacia el manguito de efectos o hacia la zona exterior del *bumper*. A veces la seta del deflector es entallada y usada para romper la lámina de agua y generar una cortina de gotas finas separadas entre sí.

- **Manguito de efectos:** protegido por el *bumper*, se desplaza hacia delante y hacia atrás, con la finalidad de variar el efecto del agua en su salida hacia el exterior. Cuando el manguito de efectos se encuentra al final de su recorrido (giro derecha), el agua choca en sus paredes internas compactándose en forma de chorro sólido, aunque hueco. En su posición de recogido (giro izquierda), el agua desviada por el deflector sale al exterior en forma de “cortina de gotas”.

Mediante sus posiciones intermedias proporciona la posibilidad de crear chorros con diferentes ángulos de abertura.

- **Bumper:** su traducción del inglés sería “paragolpes” y está fabricado normalmente en caucho.

Solidario al manguito de efectos y con la misión principal de protegerlo, es la pieza que se manipula para hacer girar el manguito y conseguir el efecto deseado.

A veces su parte frontal se encuentra entallada y sirve para romper la lámina de agua y generar gotas separadas entre sí.

- **Corona dentada giratoria:** consiste en un aro dentado de giro libre acoplado al manguito de efectos, que genera un efecto turbina en el chorro que reparte las gotas. Se pueden encontrar de diferentes materiales plásticos y metálicos.

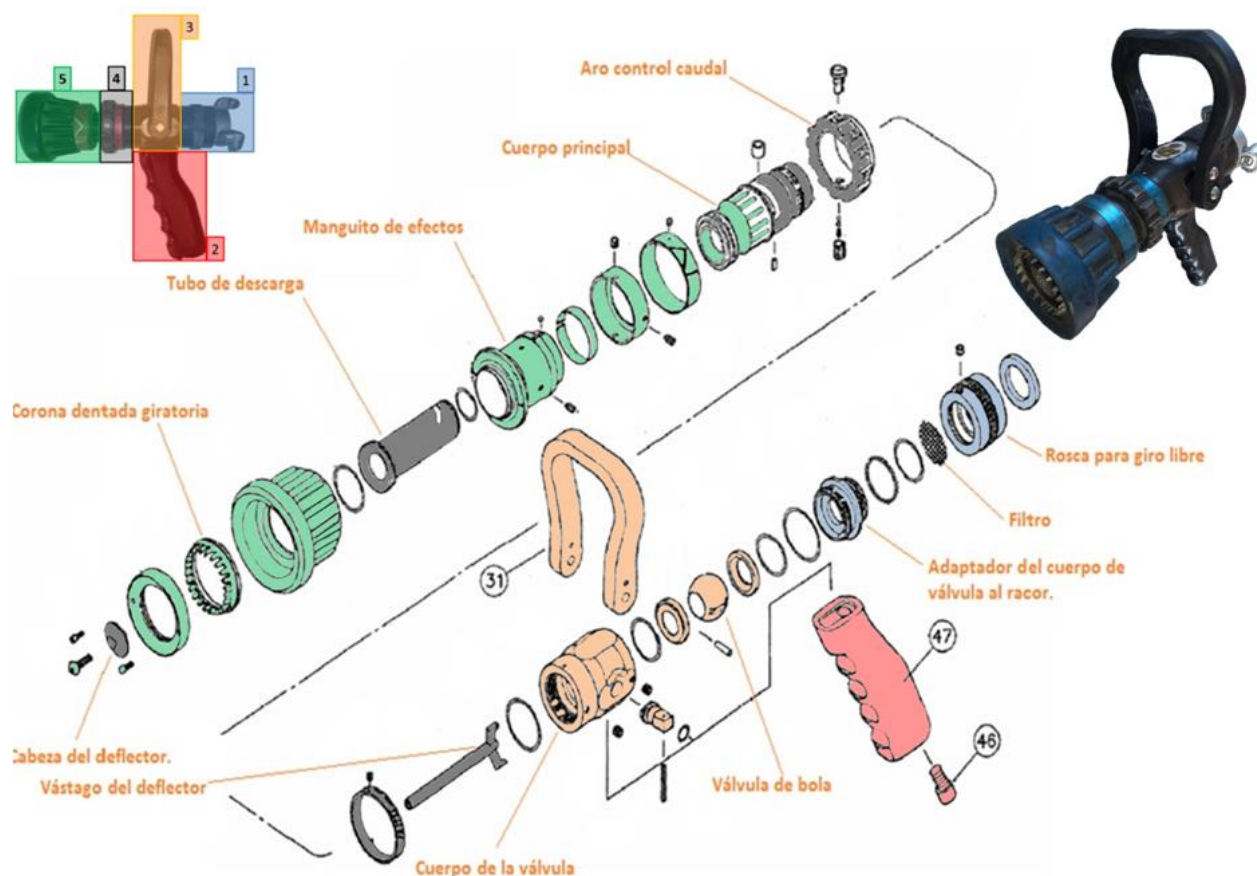


Figura 1. Despiece y bloques de revisión de la lanza.  
Fuentes: Protek.

## 9.2 Norma UNE-EN 15182

En España las especificaciones de las lanzas se recogen en la norma UNE-EN 15182: “Lanzas de manguera manuales destinadas a los servicios contra incendios”. En dicha norma se establecen dos tipos de efectos (tipo de chorro) posibles para la lanza:

- Chorro recto (chorro que tiene alcance y efecto mecánico máximos)
- Chorro pulverizado (cualquier chorro diferente del chorro recto). Este chorro puede ser de dos formas:
  - Estrecho: mínimo 30°
  - Ancho: principalmente usado para protección. Deberá abrirse un mínimo de 100°

Además de estos tipos de chorro, la lanza debe incorporar en sus mecanismos una posición, denominada purga, que permita eliminar residuos sin interrumpir su funcionamiento. Lo habitual es que esta función se realice con el selector de caudal.

La norma define y clasifica los distintos tipos de lanzas en varias categorías (Fig. 31), siendo las más frecuentes las de Tipo 3 y, en proporción mucho menor, las de Tipo 4.2.

EN 15182-2	MIXTAS PN16  -Qmax 1000l/min -PR= 6bar -Forma de chorro variable	Tipo 1: Forma de chorro variable a caudal variable (el caudal cambia con el tipo de chorro)	
		Tipo 2: Forma de chorro variable a caudal constante (el caudal <b>no</b> cambia con el tipo de chorro)	
		Tipo 3: Forma de chorro variable a caudal constante seleccionable (el caudal <b>no</b> cambia con el tipo de chorro)	
		Tipo 4	4.1 Forma de chorro variable a presión constante
			4.2 Forma de chorro variable y caudal seleccionable a presión constante
EN 15182-3	CHORRO PLENO Y/O DIFUSOR EN ÁNGULO FIJO		
EN 15182-4	ALTA PRESIÓN PN40		

Figura 31. Tabla resumen tipos de lanzas según UNE-EN 15182. Fuente: CBCM

Esta norma define varios valores de presión a considerar en la lanza (todos medidos a la entrada de la misma), siendo los dos más importantes a la hora de trabajar:

- **PN:** presión nominal. Es la máxima presión de trabajo aceptable para la lanza.
- **PR:** presión de referencia. Es la presión normalizada de trabajo utilizada para realizar ensayos hidráulicos, en la cual la lanza impulsa los caudales para los que ha sido concebida. Si la presión es inferior también lo será el caudal y viceversa. Actualmente el valor de PR establecido en la norma es de 6 bar (en modelos antiguos puede ser otro, por ejemplo, 7 bar).

En las lanzas de Tipo 3 se podrá seleccionar el caudal, el cual será el que marque el selector si la presión que le llega a la lanza es la PR, y también se podrá seleccionar la forma del chorro, sin que esto afecte al caudal. La apertura y cierre normalmente se hará mediante una palanca que accionada adelante o atrás cerrará o abrirá una válvula de bola.

Tanto en el selector de caudal como en el selector del tipo de chorro existirá algún tipo de dispositivo, marca o relieve que permitirá seleccionar rápidamente, e incluso a ciegas, el caudal y el tipo de chorro óptimos para una protección de emergencia.

### 9.3 Reacción en lanza

La tercera ley de Newton establece que, para cada fuerza de acción, existe otra fuerza de la misma intensidad y en sentido contrario llamada fuerza de reacción (FR).

Cuando se usa una lanza, este efecto es conocido como “reacción en lanza”, y ocurre en el momento en el que el agua pasa de estar en reposo, a estar en movimiento.



Figura 32. Reacción en lanza. Fuente: CBCM

Una forma de calcular la reacción en lanza en Newton sería:

$$Fr = 0,22563 \cdot l/\text{min} \sqrt{PL}$$

Donde:

Fr = fuerza de reacción en Newton  
l/min = caudal en litros por minuto  
PL = presión de punta de lanza en bar

Algunas técnicas de trabajo con la lanza requieren sujetarla en posición abierta durante mucho tiempo, o hacer aperturas y cierres rápidos.

Una reacción de 10 kg mantenida es suficiente para transmitir en menos de 1 minuto una gran tensión hacia el brazo de la persona que opera la lanza. Esta reacción corresponde a la aplicación aproximada de tan solo 150 l/min a 7 bar. En el caso de las aperturas y cierres rápidos, la reacción aparece y desaparece rápido a modo de “martillazos”, que generan el movimiento indeseado del chorro de agua.

## 10 ESPUMAS

La norma española UNE-EN 1568, que regula las características de los agentes extintores concentrados de espuma, define la espuma como *“agregado de burbujas llenas de aire formado a partir de una solución espumante usada para la lucha contra incendios”*.

En el ámbito de la extinción de incendios, el uso de las espumas como agente extintor se debe principalmente a la necesidad de dar respuesta a la extinción de grandes incendios donde se ven implicados combustibles pertenecientes a la CLASE B, si bien es cierto que también se usan en fuegos de CLASE A donde mejoran la capacidad extintora del agua, reduciendo considerablemente el tiempo de las intervenciones y el gasto del agua.

## 10.1 Mecanismo de acción de la espuma anti-incendios

La acción extintora de las espumas se consigue esencialmente por la acción combinada de estos dos efectos:

- **Sofocación:** La espuma cubre con una capa la superficie del combustible, ejerciendo de barrera. Esto impide tanto que el oxígeno del aire entre en contacto con la superficie del líquido inflamable, como que éste pueda emanar vapores al aire. Además, esta barrera separa la llama (o bien la fuente de ignición) de la superficie del combustible.
- **Refrigeración:** La espuma enfría el combustible y superficies adyacentes, absorbiendo el calor generado.

## 10.2 Composición de la espuma

Según la definición, la espuma son burbujas de **aire** formadas a partir de una solución espumante. A su vez, el espumante es una solución compuesta por **agua** a la que se le añade un agente **espumógeno**, que le aporta unas determinadas características en función del espumógeno utilizados:

$$\text{ESPUMA} = \text{AGUA} + \text{ESPUMÓGENO} + \text{AIRE}$$

### 10.2.1 Espumógenos: mecanismo de actuación

El espumógeno es una mezcla de productos que se añaden al agua para modificar su tensión superficial y para que, mezclado con aire, se formen burbujas, consiguiéndose dos efectos distintos, por un lado, la flotabilidad sobre el combustible, al reducir la densidad respecto a los combustibles y por otro, la modificación de la tensión superficial del agua de dos formas distintas y, se podría decir, "opuestas": forma óleo-fóbica y forma óleo-fílica.

Con la forma óleo-fóbica, se consigue una repulsión con cualquier líquido apolar (inmiscible con el agua), como son casi todos los combustibles derivados del petróleo, evitando que la espuma contenga restos de combustibles.

Con la forma óleo-fílica, se consigue una afinidad con los productos de descomposición pirolítica de sustancias orgánicas, sirviendo éstos, a modo de camino por el que el agua que contiene la espuma se introduce por capilaridad (se comporta como un humectante) en el lugar donde se están formando estos productos, y a la vez, la espuma se adhiere a las superficies previamente enfriadas, actuando como barrera contra el calor, evitando que continúe la pirólisis.

Esta diferenciación tan drástica, da lugar a dos tipos distintos de espumógenos. La formulación óleo-fóbica da lugar a los espumógenos de clase B, es decir aptos para la extinción de combustibles líquidos, fundamentalmente hidrocarburos derivados del petróleo. La formulación óleo-fílica, da lugar a espumógenos de clase A, aptos para la extinción de combustibles sólidos.

Los componentes del espumógeno concentrado consisten en agua, disolventes, surfactantes, y otros aditivos en menor proporción, tales como inhibidores de la corrosión o colorantes.

Todos estos aditivos modifican las características del agua, tales como el pH o la viscosidad, y le proporcionan a la espuma características importantes como tiempo de drenaje, resistencia al reencendido, resistencia al calor, expansión, etc. Las características de cada espumógeno serán acordes a los distintos tipos de combustibles para los que está indicado su uso.

Para cada espumógeno, dependiendo de lo concentrado que esté, su porcentaje de dosificación será distinto. El porcentaje de dosificación es la cantidad de espumógeno que hay que mezclar con el agua para que sea más efectivo. Este porcentaje lo establece el fabricante.

### 10.2.2 Espumógenos: Clasificación

Atendiendo al **estado en el que se presenta el combustible** sobre el que se van a aplicar:

- Espumógenos para fuegos de clase A
- Espumógenos para fuegos de clase B

Existiendo espumógenos aptos para ambos tipos de fuegos.

El espumógeno para fuegos de Clase A tiene propiedades oleo-fílicas y es un espumógeno de poca viscosidad. Es el más apropiado para ser usado en incendios tales como vertederos, industrias, vehículos o, en general, donde esté implicado material sólido que deja gran cantidad de brasas.

El espumógeno para fuegos de Clase B tiene propiedades oleo-fóbicas y es mucho más viscoso que el espumógeno del Tipo A (cuesta más mezclarlo con el agua). Su uso más frecuente es en derrames de líquidos combustibles.

Los espumógenos para fuegos de Clase B, se subdividen a su vez, en función del **tipo de líquido combustible** sobre el que actúa:

- Espumógenos para fuegos de líquidos no polares (hidrocarburos). Espumógenos AFFF.
- Espumógenos para fuegos de líquidos polares. Espumógenos AR.
- Espumógenos polivalentes (aptos para ambos tipos de líquidos combustibles). Espumógenos simultáneamente AFFF y AR. Posiblemente los más usados en el ámbito de extinción.

Los líquidos polares son aquellos miscibles con el agua, los no polares (apolares) son los líquidos inmiscibles con el agua.

El término AFFF (contracción, en inglés, de las palabras Aqueous Film Forming Foam) hace alusión a la capacidad de formar una película acuosa.

El término AR hace alusión a la capacidad de ser resistente al alcohol (que es uno de los líquidos polares más habituales).

### 10.2.3 Espumógenos: tasa de aplicación

La tasa de aplicación es el caudal de solución espumante aplicado por metro cuadrado. En el caso de los combustibles líquidos, existe, para cada uno de ellos, una tasa mínima para que la extinción sea eficaz, no consiguiéndose ésta si la tasa aplicada es menor a este valor. Estos valores los suelen aportar los fabricantes de espumógeno, los cuales realizan los oportunos ensayos con los diferentes combustibles.

La extinción sólo será exitosa si se garantiza esta tasa de aplicación durante el tiempo estimado de extinción, lo que exigirá disponer, previamente al inicio de la misma, de la cantidad total necesaria de medios a emplear (espumógeno, agua, bombas, líneas y lanzas de espuma y personal de extinción).

### 10.2.4 Espumógenos: proporcionadores

Son los aparatos encargados de mezclar, en la proporción deseada, el agua y el concentrado espumógeno para generar la solución espumante. En el ámbito de los servicios de extinción, estos proporcionadores podrán estar integrados en las propias bombas, en cuyo caso suelen disponer de una bomba inyectora con control electrónico de la dosificación, o se intercalan equipos portátiles dentro de la línea de extinción, en cuyo caso la toma e inyección de espumógeno se hace por efecto Venturi aspirando de garrafas.

## 10.3 Incorporación del aire y formación de la espuma

Es la última etapa para formar la espuma, incorporando aire a la solución espumante y creando burbujas. Se consigue con un elemento de descarga, en este caso la lanza de espuma. Su funcionamiento es sencillo, en su estructura se disponen unos orificios que permiten que, al pasar el agua por el interior de la lanza y por efecto Venturi, entre aire y en la descarga se produzca la espuma. La lanza empleada determinará el caudal y expansión de la espuma.

### 10.3.1 Expansión

Es la proporción de aire que contiene la espuma final, es decir, la relación entre volumen de espuma y volumen de mezcla espumante, y determinará las características de la espuma y su comportamiento frente al incendio. Esta expansión (volumen de espuma/volumen de mezcla espumante) se clasifica en tres rangos:

- **Baja Expansión.** Hasta relaciones de 20:1
- **Media Expansión.** Desde relaciones de 20:1 hasta relaciones de 200:1
- **Alta Expansión.** Desde relaciones 200:1 hasta relaciones de 2000:1

Las lanzas de **Baja expansión** (Figura 33) funcionan con una presión de 6-7 bar, consiguiendo una espuma bastante compacta a la que le afecta poco el viento y estando su uso indicado para la extinción de derrames. Mayor alcance que el conseguido con las lanzas de media expansión.

Las Lanzas de **Media expansión** (Figura 34) tienen una presión de trabajo de 3-4 bar. La espuma que proporciona es una espuma más ligera, que se ve afectada por el viento. Se utiliza en derrames de combustibles líquidos para sellarlo, encima de una capa de espuma de Baja expansión.



Figura 33 y 34. Lanzas de espuma de baja y media expansión.

## BIBLIOGRAFÍA

Artículo: "Espumas. Criterios de aplicación y novedades." Escuela de Seguridad Pública del Ayuntamiento de Málaga.

Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (CNR COP). "Documento de gestión de espumas anti-incendios que contengan PFOS o sustancias relacionadas"

Fernández Morales, H. (2021). *Lanzas de extinción. Conocimiento y manejo*. CBCM.

Leyva Quijada, L. (2025). *Hidráulica y Tendidos*. CBCM.

Manual DOSIFOR AUXQUIMIA.