

BOMBEROS



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Agencia de Protección Civil

CURSO DE HIDRAULICA BASICA PARA BOMBEROS



FERNANDEZ LORENZO, JOSE LUIS

Jefe de Equipo-Cabo del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

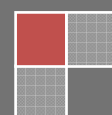
BALBAS MADRAZO, JOSE FELIX

Jefe de Subgrupo-Sargento del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

BARRIOS LUENGOS, JESUS CARLOS

Jefe de Grupo-Suboficial del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

**JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN.
CONSEJERIA DE FOMENTO Y MEDIO AMBIENTE.
AGENCIA DE PROTECCIÓN CIVIL.**





**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Agencia de Protección Civil

**GRUPO DE FORMACION EN EXTINCION DE INCENDIOS , FLASHOVER Y
BACKDRAFT.**

EMAIL: flashovervalladolid@gmail.com

FERNANDEZ LORENZO, JOSE LUIS

Jefe de Equipo-Cabo del Servicio de Extinción de Incendios del Ayto. de
Valladolid

jobeli832@hotmail.com



BALBAS MADRAZO, JOSE FELIX

Jefe de Subgrupo-Sargento del Servicio de Extinción de Incendios del Ayto.
de Valladolid

jose_felix_val@hotmail.com



BARRIOS LUENGOS, JESUS CARLOS

Jefe de Grupo-Suboficial del Servicio de Extinción de Incendios del Ayto. de
Valladolid

jcb4564@hotmail.com



Contenido

CAPITULO 1	5
HIDRAULICA BASICA PARA BOMBEROS	5
1.1 Concepto de fluido	5
1.2 Densidad.....	6
1.3 Caudal.....	7
1.4 Presión.....	7
1.5 Presión estática y presión dinámica.....	8
1.5.1 Presión dinámica	10
CAPITULO 2	12
2 HIDROSTÁTICA.....	12
2.1 HIDROSTATICA.....	12
2.2 Hidrodinámica	13
2.3 Ecuación de continuidad	13
2.4 Ecuación de Bernoulli.....	14
2.5 Ecuación de descarga	17
CAPITULO 3	19
3 INSTALACIONES HIDRÁULICAS	19
3.1 Instalaciones hidráulicas de extinción con agua	19
3.2 Principios de funcionamiento de la lanza	20
3.3 Perdidas de carga	25
CAPITULO 4	28
4 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.	28
4.1 Curva característica de una bomba.....	28
4.2 Punto de funcionamiento de una instalación	31
4.3 Acoplamiento de bombas	33
4.4 Instalaciones y sus características.....	36
CAPITULO 5	37
5 EL AGUA.....	37
5.1 Características térmicas del agua.....	37
5.2 Procedimientos de actuación.....	45
CAPITULO 6	47

6	INSTALACIONES DE ESPUMA.....	47
6.1	INSTALACIONES DE EXTINCIÓN CON ESPUMA.....	47
6.2	Proporcionadores o dosificadores de espuma.....	47
6.2.1	Características técnicas de los proporcionadores.....	50
6.3	Las lanzas de espuma	51
6.3.1	Modelo	52
6.4	Instalaciones básicas de espumas. Calculo de presiones.....	54
6.5	Calculo del consumo de espumógeno	62
6.6	Tasas y tiempo de aplicación de espumas	63
7	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFIA.....	68

CAPITULO 1

HIDRAULICA BASICA PARA BOMBEROS

1.1 CONCEPTO DE FLUIDO

Se denomina **fluido** a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil. La propiedad definitoria es que los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restitutivas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restitutivas).

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre si por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a **los líquidos y los gases**. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propias. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases. Los fluidos están conformados por los líquidos y los gases, siendo los segundos mucho menos viscosos (casi fluidos ideales).

Las propiedades de un fluido son las que definen el comportamiento y características del mismo tanto en reposo como en movimiento. Existen propiedades primarias y propiedades secundarias del fluido.

De entre las propiedades primarias o termodinámicas destacaremos la densidad, la presión y el caudal o gasto.

1.2 DENSIDAD

En física y química, la **densidad** (símbolo ρ) es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. La **densidad media** es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

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

La unidad es kg/m^3 en el SI.

Como ejemplo, un objeto de plomo es más denso que otro de corcho, con independencia del tamaño y masa.

En mecánica de fluidos, un flujo se clasifica en compresible e **incompresible**, dependiendo del nivel de variación de la densidad del fluido durante ese flujo. Se denomina fluido incompresible aquel que mantiene constante la densidad al variar la presión a la que está sometido, como por ejemplo sucede en el agua que es un ejemplo de este tipo de fluidos.

Tipos de densidad

La densidad o **densidad absoluta** es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Su unidad en el Sistema Internacional es *kilogramo por metro cúbico* (kg/m^3), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm^3 .

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

Siendo ρ , la densidad; m , la masa; y V , el volumen de la sustancia.

La **densidad relativa** de una sustancia es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades)

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

donde ρ_r es la densidad relativa, ρ es la densidad de la sustancia, y ρ_0 es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1000 kg/m^3 , es decir, 1 kg/dm^3 .

Para los gases, la densidad de referencia habitual es la del aire a la presión de 1 atm y la temperatura de 0 °C.

Si en vez de la masa medimos el peso por unidad de volumen de la sustancia obtendremos el peso específico. Se le llama **peso específico** a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen. No hay que confundir masa y peso, la masa es la

cantidad de materia de la sustancia y el peso es la fuerza con la que la tierra atrae dicha masa, es decir m.g.

Su expresión de cálculo es:

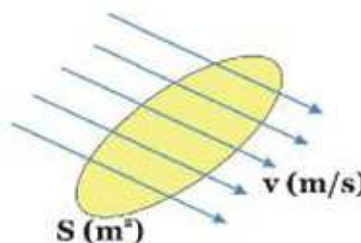
$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

siendo,

- γ , el peso específico;
- P , el peso de la sustancia;
- V , el volumen de la sustancia;
- ρ , la densidad de la sustancia;
- m , la masa de la sustancia;
- g , la aceleración de la gravedad

1.3 CAUDAL

En dinámica de fluidos, **caudal** es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo, en este caso se mide en m³/s y se denomina caudal volumétrico. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo que se mide en kg/s y se denomina caudal másico.



$$Q_m: \rho S V \quad \text{caudal másico}$$

$$Q_v: S V \quad \text{caudal volumétrico}$$

donde:

- ρ = Densidad del fluido
- V = Velocidad del fluido
- S = Área del tubo corriente

1.4 PRESIÓN

La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie.

Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma:

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

(donde: $1 \text{ kp} = 1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9,80665 \text{ m/s}^2 = 9,80665 \text{ kg m/s}^2 = 9,80665 \text{ N}$ de modo que 1 kilogramo-fuerza o kilopondio equivale a 9,80665 newtons.)

F , es la fuerza por unidad de superficie.(N)

A , es el área total de la superficie S.(m²)

El símbolo del julio es J. Equivale a:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} * \text{ m} = \left(\text{Kg} * \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) * \text{ m} = \frac{\text{Kg} * \text{ m}^2}{\text{s}^2}$$

Un julio equivale a 1 Pa·m³ (pascal · metro cúbico)

Unidades de medida, presión y sus factores de conversión

La presión atmosférica media es de 101,325 pascales (101,3 kPa), a nivel del mar, donde 1 Atm = 1,01325 bar = 101325 Pa = 1,033 kgf/cm² y 1 m.c.a = 9,81 kPa.

Unidades de presión y sus factores de conversión

	Pascal	bar	N/mm ²	kp/m ²	kp/cm ²	atm	Torr	PSI
1 Pa (N/m ²)=	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,102	0,102×10 ⁻⁴	0,987×10 ⁻⁵	0,0075	0,00014503
1 bar (10N/cm ²) =	10 ⁵	1	0,1	10200	1,02	0,987	750	14.5036
1 N/mm ² =	10 ⁶	10	1	1,02×10 ⁵	10,2	9,87	7500	145.0536
1 kp/m ² =	9,81	9,81×10 ⁻⁵	9,81×10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0,968×10 ⁻⁴	0,0736	0.001422
1 kp/cm ² =	9,81×10 ⁴	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736	14.22094
1 atm (760 Torr) =	101325	1,01325	0,1013	10330	1,033	1	760	14.69480
1 Torr (mmHg) =	133,32	0,0013332	1,3332×10 ⁻⁴	13,6	1,36×10 ⁻³	1,32×10 ⁻³	1	0.019336
1 PSI (libra / pulgada cuadrada) =	6894.75729	0.68948	0.06894	703.188	0.0703188	0.68046	51.7149	1

También se utilizan los milímetros de columna de agua (mm c.d.a.).

1.5 PRESIÓN ESTÁTICA Y PRESIÓN DINÁMICA

La presión estática es la que tiene un fluido, independientemente de la velocidad del mismo, y que se puede medir mediante la utilización de tubos piezométricos. La **presión total** que ejerce un fluido se define como la suma de la **presión estática** y la **presión dinámica**.

$$P_0 = P_s + P_d$$

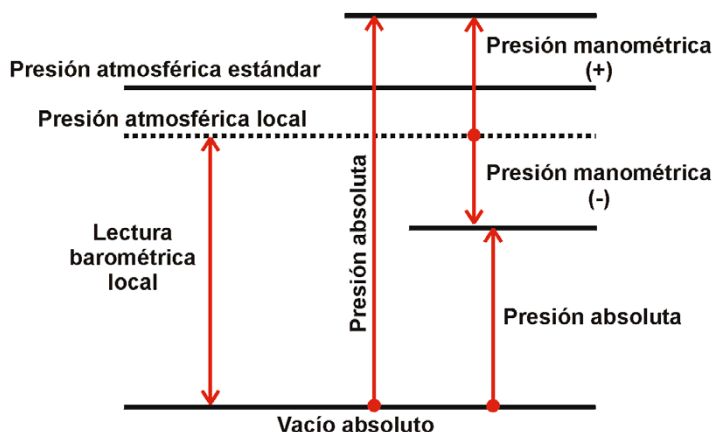
Donde

P_0 = Presión total en pascales

P_s = Presión estática en pascales

P_d = Presión dinámica en pascales

La presión se puede medir respecto a cualquier base de referencia, siendo la más utilizada el vacío y la presión atmosférica local. Cuando una presión se expresa como una diferencia de su valor real y el vacío, estamos hablando de presión absoluta. En cambio si la diferencia es respecto a la presión atmosférica local, entonces se habla de presión manométrica.



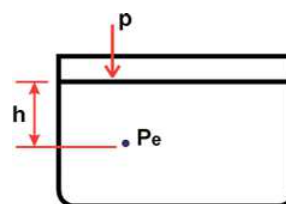
Los barómetros miden la presión absoluta, es decir comparan la presión existente respecto al vacío donde la presión es cero. En cambio si lo que queremos medir es la diferencia de presión con respecto a la presión atmosférica, estaremos calculando la presión manométrica.

Si **P** es la presión atmosférica, **p g h** será la **presión relativa** o **manométrica**, que se conoce también por nombre de **altura de presión**, la suma de la atmosférica y manométrica o relativa se denomina presión absoluta.

La **presión estática absoluta** de un fluido a profundidad **h** será:

$$P_e = P + \rho g h$$

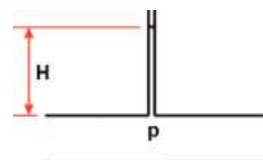
- P: Presión sobre la superficie.
- ρ : Densidad del fluido (Kg/m³).
- g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).
- h: profundidad.



El agua subirá por el tubo, venciendo la presión atmosférica, hasta una altura **H**, que será igual al peso de la columna de agua.

$$P = \gamma H$$

$$\gamma = \rho \cdot g = \text{Peso específico del agua}$$



Es habitual que los bomberos denominemos presión dinámica a la que marca un manómetro cuando el agua que circula en una instalación se encuentra en movimiento. Esta forma de expresarse no es correcta ya que el concepto técnico de presión dinámica es el que expondremos ahora. Lo que marca un manómetro en esa situación es una presión estática, la cual ha disminuido respecto a la que había ya que parte de la energía, que poseía el agua cuando estaba en reposo, se ha gastado en poner en movimiento el fluido.



Por eso es más adecuado llamar a esta presión, **presión residual**. La presión estática, en hidráulica se mide en metros de columna de agua, que es lo que se denomina altura de presión:

$$HP = \frac{P}{\gamma}$$

El significado físico de esta altura es que si tenemos un cilindro de agua de Hp de altura, sobre su base se estará ejerciendo la presión P.

Así en un barómetro sometido a una presión atmosférica normal de 101.324 Kpa, el valor de h depende del fluido que contenga el instrumento:

$$H_p = P / \gamma = 101.325 \cdot 10^3 (\text{N/m}^2) / 9810 (\text{N/m}^3) = 10.32 \text{ m.c.a.}$$

$$H_p = P / \gamma = 101.325 \cdot 10^3 (\text{N/m}^2) / 133416 (\text{N/m}^3) = 760 \text{ mm de hg}$$

1.5.1 Presión dinámica

Se puede decir que cuando los fluidos se mueven en un conducto, la inercia del movimiento produce un incremento adicional de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular al movimiento. Esta fuerza se produce por la acción de la **presión** conocida como **dinámica**. La **presión dinámica** depende de la velocidad y la densidad del fluido.

En mecánica de fluidos se define como **presión dinámica** en la cantidad definida por:

$$Pd = \frac{1}{2} \rho v^2$$

donde (utilizando unidades del sistema internacional):

Pd: presión dinámica en pascales

ρ : densidad del fluido en kg/m^3

v: velocidad del fluido en m/s

De esta manera, cualquier presión ejercida por un fluido la cual no es ejercida por el movimiento o velocidad del fluido es llamada **presión estática** del fluido.

Para fluidos en reposo (estáticos) la presión dinámica es nula y la presión estática es igual a la presión total. Mientras que la presión dinámica actúa únicamente en la dirección del flujo, la presión estática actúa por igual en todas las direcciones y siempre en ángulo recto con todas las superficies que contengan al fluido.

La presión dinámica, es la energía cinética que posee un metro cúbico de fluido con velocidad v. Es decir es el trabajo que hemos gastado es llevar un metro cúbico de fluido de cero a la velocidad v.

Se define **altura de velocidad**:

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

El significado físico de esta altura H_v es la altura que habría que dejar caer un metro cúbico de fluido para que al llegar al suelo tuviera una velocidad v .

Por lo tanto, no hay que confundir la altura de presión con la altura de velocidad, ya que su significado físico es distinto. Así pues la presión dinámica no se puede medir con un manómetro, pues dichos instrumentos funcionan solamente con la presión estática.

$$P_d = \frac{1}{2} (\text{densidad})(\text{velocidad})^2 = \frac{Kg}{m^2} * \frac{m^2}{s^2} = \frac{N * m}{m^3} = \frac{J}{m^3} = \text{Pascales (Pa)}$$

$$P = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{masa} * \text{aceleracion}}{\text{superficie}} = \frac{N}{m^2} = \frac{N * m}{m^3} = \frac{J}{m^3} = \text{Pascales (Pa)}$$

$$\frac{\text{Energia}}{\text{Volumen}} = \frac{\text{fuerza} * \text{espacio}}{\text{volumen}} = \frac{N * m}{m^3} = \frac{J}{m^3} = \text{Pascales (Pa)}$$

Lo que si podemos hacer es que ya que dimensionalmente la presión dinámica tiene unidades de presión (Pa) y dichas unidades son equivalentes a una altura de un cilindro de un determinado fluido de peso específico γ , podemos expresar la presión dinámica como una altura que denominaremos altura de velocidad (h_v), pero solo a efectos de medida. Así:

$$P_d = \frac{\rho V^2}{2} = \rho * g * h_v \rightarrow \rightarrow \rightarrow h_v = \frac{V^2}{2g}$$

Podemos asimilar esta circunstancia a la velocidad que adquiriría esta masa de fluido si cayera libremente desde su estado de reposo una distancia igual a la altura de presión. Esta relación se representa por la conocida como **Ecuación de Torricelli**:

$$V = \sqrt{2gh}$$

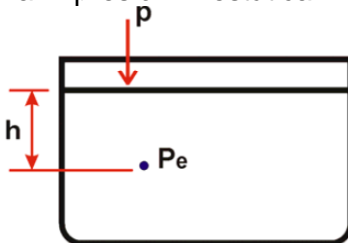
CAPITULO 2

2 HIDROSTÁTICA

2.1 HIDROSTATICA

La estática de los fluidos o hidrostática se ocupa de los fluidos en reposo.

La presión estática absoluta de un fluido a profundidad h será:



$$P_e = P + \rho * g * h$$

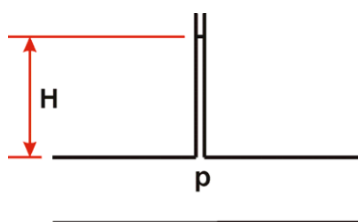
p : Presión sobre la superficie.

ρ : Densidad del fluido (Kg/m³).

g : aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

h : profundidad.

Si p es la presión atmosférica $p - g - h$ será la presión relativa o manométrica, que se conoce también por nombre de altura de presión, ya que si en una tubería con agua en reposo a presión P , colocamos un tubo, tal como muestra la figura:



El agua subirá por el tubo, venciendo la presión atmosférica, hasta una altura H, que será igual al peso de la columna de agua.

$$P = \gamma H = \rho * g * h$$

γ :Peso específico del agua

El peso específico de una sustancia es igual a la densidad por la aceleración de la gravedad (ρg) y se mide en newton / m³

H: altura en metros

2.2 HIDRODINÁMICA

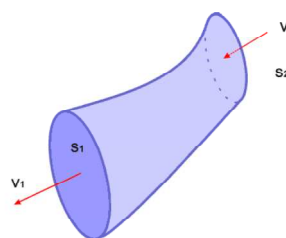
La **hidráulica** estudia desde el punto de vista práctico el movimiento de los líquidos, ya sea agua o aceite, a través de una conducción ya sea abierta (canal) o cerrada (tubería), los almacenamientos (depósitos o embalses), así como las máquinas, que se emplean para dar o extraer la energía que poseen estos fluidos debido al movimiento, conocidas como bombas o turbinas respectivamente.

Anteriormente se han definido los conceptos de **presión**, **caudal** y **velocidad** en un fluido, ahora consideraremos que se trata de agua circulando por una conducción cerrada (manguera). Estos tres conceptos se relacionan mediante los siguientes principios:

1. **La Ecuación de Continuidad**, que nos relacionará la velocidad con el caudal que pasa por la sección de una conducción
2. **El Principio de Bernoulli** que nos muestra como varían las energías que dispone un fluido entre dos puntos de una instalación
3. **La Ecuación de Descarga**. nos permitirá ver la dependencia entre la presión y el caudal o la velocidad de un fluido cuando atraviesa un orificio de descarga.

2.3 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Sean dos superficies, S1 y S2, atravesadas por el agua a una velocidad v1 y v2 respectivamente. Si suponemos que entre ambas superficies no existe ninguna aportación o pérdida de agua, el caudal másico que atraviesa la primera superficie es igual al que sale por la otra superficie.



$$Q_{m1} = \rho * S_1 * V_1 = \rho * S_2 * V_2 = Q_{m2}$$

Luego:

$$\cdot \rho S V = \text{constante}$$

Dónde, ρ es la densidad del fluido (Kg./m³), S es el área (m²) y v la velocidad del fluido (m/s).

Si consideramos que la densidad del fluido no varía entre las dos superficies, como en el caso del agua, tenemos la **ecuación de continuidad**:

$$\cdot \rho S \cdot V = \text{constante}$$

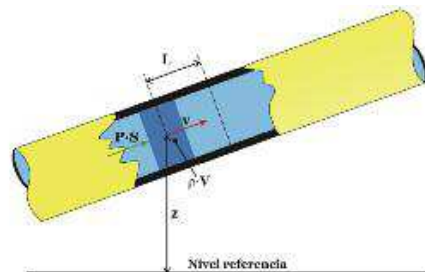
Definimos por tanto el caudal que circula por un tubo de corriente de sección S al producto:

$$Q = S V$$

La ecuación de continuidad hace que cuando el agua, en una manguera, pasa de una sección S_1 hacia otra S_2 , tal que se produce un estrechamiento ($S_1 > S_2$), la velocidad aumenta ($v_1 < v_2$). (Este es el caso de las instalaciones en las que se reduce el diámetro de la manguera de 70 a 45 o 25 mm manteniendo el caudal constante, aumentando por tanto la velocidad)

2.4 ECUACIÓN DE BERNOULLI

Consideremos una manguera en carga con una presión P , situada a una altura geométrica z y que circula el agua a una velocidad v .



Un elemento de volumen V y masa ($\rho \cdot V$) posee tres formas de energía por unidad de volumen:

- **Energía de presión**, será el trabajo (W) necesario para mover la masa del elemento a través de la manguera una distancia L contra la presión P :

$$E_{\text{presión}} = W = F * L = P * S * L = P * V \gggg \frac{E_{\text{presión}}}{V} = P$$

- **Energía potencial**:

$$E_{\text{potencial}} = m * g * z = (\rho * V) * g * z \gggg \frac{E_{\text{potencial}}}{V} = \rho g z$$

- **Energía cinética:**

$$E_{cinetica} = \frac{1}{2} * m * V^2 = \frac{1}{2} (\rho * V) V^2 \gg \gg \frac{E_{cinetica}}{V} = \frac{1}{2} \rho * V^2$$

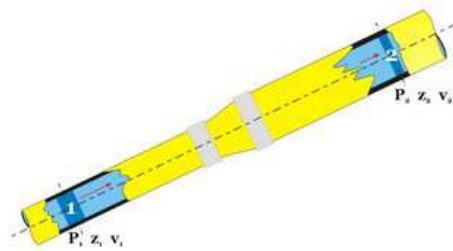
Por lo tanto el elemento tiene una **energía total** por unidad de volumen de:

$$E_{total} = E_{presion} + E_{potencial} + E_{cinetica} = P + \rho g z + \frac{1}{2} \rho v^2$$

Si dividimos la anterior expresión por el peso específico ($\gamma = \rho \cdot g$):

$$E_{total} = \frac{E_{total}}{\gamma} = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

Ahora consideramos que el elemento fluido se mueve entre la sección 1 a la 2 de una manguera como la mostrada en la figura en que existe un cambio de sección, por medio de una reducción, y se salva un desnivel. El principio de conservación de la energía considera que si no hay pérdidas entre ambos elementos, se cumple que:



$$E_{total} - 1 = E_{total} - 2$$

Luego:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Esta es la conocida como **ecuación de Bernoulli**

Esta expresión establece que en un tubo de corriente:

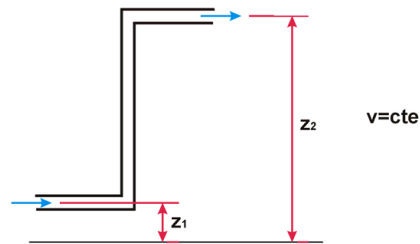
“La suma de la altura de presión estática mas la altura geométrica mas la presión dinámica permanece constante a lo largo de un tubo corriente”

Veamos unos ejemplos de la aplicación del **Teorema de Bernoulli**

Consideremos en primer lugar el ejemplo de un sifón:

Como la velocidad del fluido permanece constante **$v_1 = v_2$** ,

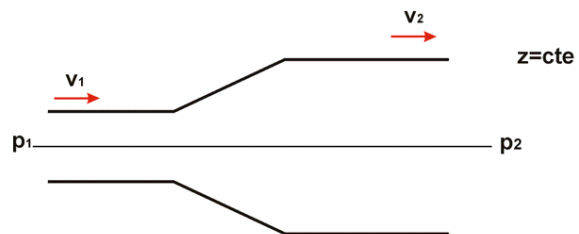
$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$



En la figura el fluido está circulando por un tubo horizontal ($z_1 = z_2$) pasando de una sección menor a una mayor. La ecuación queda:

El tubo de corriente es una superficie formada por líneas de corriente que pasan por los puntos de una línea cerrada

Cuando pasa del tubo estrecho al ancho la velocidad en virtud de la ecuación de continuidad disminuye ($v_2 < v_1$) por lo tanto para que se cumpla la relación anterior la presión debe aumentar ($P_2 > P_1$).



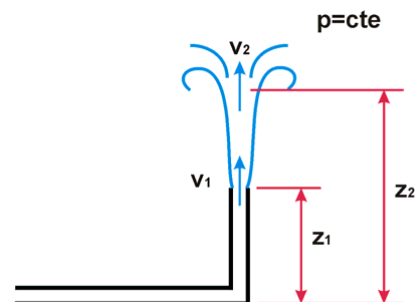
$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Esto es una importante consecuencia del teorema de **Bernoulli**:

"Si se desprecian los efectos del cambio de altura la presión de un fluido esta en relación inversa con su velocidad"

En el caso de un surtidor en donde la presión permanece constante toda la energía de velocidad se gasta en adquirir energía cinética:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$



2.5 ECUACIÓN DE DESCARGA

Sea un depósito con un orificio inferior por el que se esta vaciando:

La velocidad con la que sale en líquido es igual, según la **ecuación de Torricelli**:

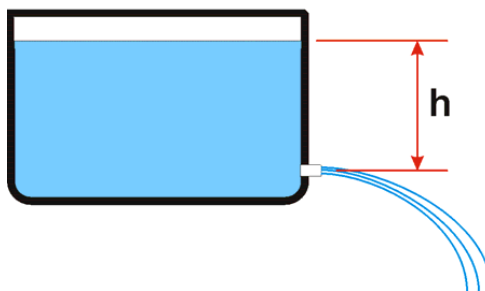
$$v = \sqrt{2gh}$$

v: velocidad.

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

h: altura.

A esta expresión se conoce como la ecuación de Torricelli y se puede deducir aplicando Bernoulli entre los puntos 1 y 2, antes y después del orificio. La velocidad en 1 se puede considerar nula, ya que consideramos que h es lo suficientemente grande y la presión en 2 es la atmosférica por lo tanto la presión manométrica, será nula, así:



$$\frac{P_1}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{V_2^2}{2g} \gggg h = \frac{V_2^2}{2g} \gggg v = \sqrt{2gh}$$

Luego su caudal será:

$$Q = K \cdot S \cdot V$$

Q: Caudal.

S: Sección del orificio.

K: es un factor que tiene en cuenta la extricción que sufre el fluido en su salida.

v: velocidad de descarga.

Aplicado el valor de v:

$$Q = K S \sqrt{2gh} = K S \sqrt{P}$$

Por lo tanto el caudal es proporcional a la sección de salida y a la raíz cuadrada de la presión antes de la salida del orificio. A esta expresión se le conoce como la **ecuación de descarga**.

Ejemplo: ¿Cuál es la velocidad de salida del agua en una lanza?

La **lanza** es un aparato hidráulico que situamos al final de una manguera para conseguir que el agua salga con gran velocidad y llegue más lejos. El dispositivo posee un estrechamiento en el que se transforma la energía de presión que posee el fluido en velocidad.



Suponemos que no consideramos las pérdidas de carga, aplicamos Bernoulli entre los puntos 1 y 2, teniendo en cuenta que la presión en P2 será nula y v_1 es muy pequeña comparado con v_2 :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} \rightarrow \frac{P_1}{\gamma} \gg \frac{V_1^2}{2g} \rightarrow \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \rightarrow V_2 = \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma}} \leftrightarrow V_2 = \sqrt{2gh}$$

Sale de nuevo la **ecuación de Torricelli**.

Para ver el orden de magnitud de esta velocidad de salida (v_2), supongamos que por la conducción circula agua con una velocidad (v_1) de 2 m/s a una presión (P_1) de 7,6 bares (7699 hPa). Esto se traduce en una velocidad a la salida (v_2) de aproximadamente 40 m/s, en efecto:

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{769.9 \text{ KPa}}{9.81 \text{ KN/m}^3} = 77.69 \text{ m.c.a} \quad \frac{V_1^2}{2g} = \frac{2 \text{ (m/s)}^2}{2 * 9.81 \text{ (m/s)}^2} = 0.204 \text{ m.c.a}$$

$$V = \sqrt{2g (77.9 \text{ mca} + 0.204 \text{ mca})} = 40 \text{ m/s}$$

En la práctica será menor ya que no hemos tenido en cuenta las pérdidas de carga dentro del dispositivo. Este ejemplo nos muestra que el valor de la altura de presión es muchísimo mayor que el de la altura de velocidad. Así el caudal que está dando la lanza es igual a:

$$Q = K * S * \sqrt{2gh} = K * S * \sqrt{P_1}$$



CAPITULO 3

3 INSTALACIONES HIDRÁULICAS

3.1 INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE EXTINCIÓN CON AGUA

La instalación hidráulica de extinción tiene por objeto llevar un fluido agente extintor (agua o espumante), desde una fuente de suministro hasta el lugar donde se está produciendo el incendio. Partiendo de una **instalación básica**, compuesta por una bomba, varias mangueras y una lanza. Para poder extinguir el fuego, deberemos conseguir que por la lanza salga un **caudal de fluido Q acorde con la carga de fuego**, además provisto de rapidez **v** para poder alcanzar el incendio desde una distancia segura.

Si aplicamos la ecuación de la energía entre la salida de la bomba y la entrada de la lanza tenemos:

Resultando la siguiente expresión, conocida como **ecuación de línea**:

$$PB = PL + HG + PC$$

Donde:

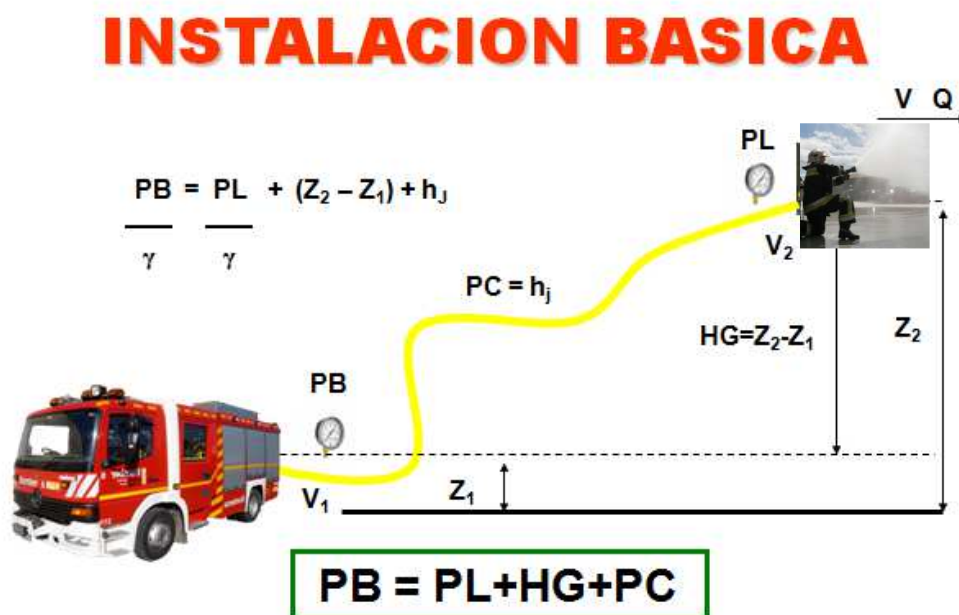
PB: Altura de presión a la salida de la bomba. (PB)

PL: Altura de presión en punta de lanza. (PL)

HG: Altura geométrica. Desnivel existente entre la bomba y la lanza, puede ser positivo si hay que ganar altura o negativo si hay que perder altura. (HG)

PC: Pérdidas de carga en mca. (PC)

El significado de esta expresión es el siguiente: Para conseguir que el fluido extintor salga con una rapidez (v) y con un caudal Q , hay que tener una presión en punta de lanza (PL) y una sección de salida S determinada. Para tener esa PL será necesario disponer de una presión a la salida de la bomba PB suficiente para dar esa presión demandada, pero aumentada con la carga existente en la instalación PC . Como la presión a la salida de la bomba (PB), trabajando con un régimen de giro constante, depende del caudal, deberemos analizar la dependencia de la presión en punta de lanza (PL) y de las pérdidas de carga (PC) en relación con el caudal. Una vez encontradas estas relaciones estudiaremos cómo se comporta la instalación ante las variaciones que se producen durante su funcionamiento.

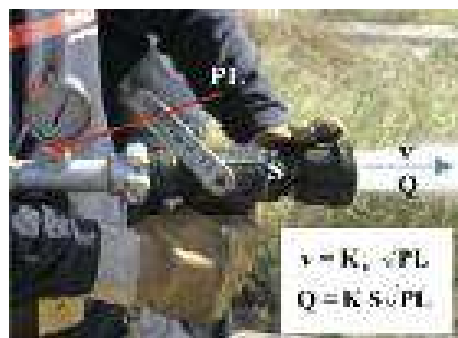


3.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA LANZA

La lanza es el dispositivo hidráulico que situamos al final de nuestra instalación, responsable de establecer el caudal Q que circula por ella.

Al pasar el agua a través del estrechamiento que posee la lanza en el interior de su cuerpo, se produce una transformación de la energía de presión, que le estamos suministrando desde la bomba, en energía cinética, como anteriormente vimos en la ecuación de descarga.

De esta manera, el agua adquiere una velocidad superior a la que llevaba dentro de la conducción, lo que le permite, alcanzar, al fuego y poderlo extinguir con seguridad.



Esta velocidad junto con la sección de salida fija el caudal Q .

Además de proporcionar el alcance y caudal necesario para la extinción, la lanza debe permitir regular el chorro de salida para adquirir diferentes configuraciones, según las necesidades y circunstancias de la extinción.

En función del diámetro de la manguera en la que van conectados, podemos encontrar lanzas con distintos rangos de caudales para cada tipo de diámetro así, para el diámetro de 25 mm entre 30 – 200 lpm para 45 mm entre 120 – 500 lpm y para 70 mm, entre 300 – 1000 lpm

Si tenemos un fluido saliendo por un orificio, antes de salir por el mismo, es decir dentro de la manguera, posee una presión estática y una velocidad (presión dinámica-energía cinética). Cuando sale al exterior a través de una lanza solo posee velocidad (presión dinámica-energía cinética), la relación entre la energía del fluido antes de salir y la energía del fluido a la salida es lo que se conoce como **Ecuación de la descarga**, (se obtiene aplicando Bernoulli antes de salir del orificio y después de salir).

Esta ecuación establece que la velocidad con que sale el agua por el orificio de salida es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la presión antes de salir del orificio, o en el caso de una lanza la presión en punta de lanza:

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{PL}$$

Esto significa que no importa el tamaño del orificio de salida, si antes tenemos una presión estática PL, el agua estará saliendo con la misma velocidad.

Como por la definición de caudal volumétrico es igual a sección por velocidad, tenemos que el caudal que está saliendo por el orificio de una lanza es:

$$Q = K * S * \sqrt{PL}$$

Donde **S** es la sección del orificio de salida. **PL** es la **presión manométrica en punta de lanza** y **K** es una constante que depende del modelo de la lanza. Según esta expresión el caudal que da una lanza se puede modificar variando cada uno de los tres factores.

Esta relación es muy importante, ya que nos permite entender el funcionamiento de una lanza. Si nos fijamos el caudal que está proporcionando depende de la sección de salida y de la presión en punta de lanza, que a su vez proporciona la velocidad de salida del agua. Por lo tanto:

1.- Si tenemos dos lanzas de distinto diámetro pero con la misma presión en punta de lanza, el agua sale con la misma velocidad, pero la que tiene más sección estará proporcionando más caudal. Esto es similar a la situación de que tenemos una bicicleta y un camión a 40 km/h, ambos van a la misma velocidad pero tienen distinta masa.

2.- Si queremos modificar el caudal que da una lanza tenemos o bien modificar la sección (abriendo y cerrando la lanza) o variamos la presión en punta de lanza o hacemos ambas cosas simultáneamente.

¿Qué hace el fabricante de lanzas, para ajustar, el caudal que da sus lanzas?

En las lanzas reguladoras de caudal, que son la que mayoritariamente tienen todos los servicios en España, vemos que el mando del caudalímetro tiene cuatro posiciones, en

las que se encuentra marcado cuatro caudales. Pero si nos fijamos el fabricante dice a 7 bares (6,8 en algunos modelos).

¿Cómo se ha calibrado la lanza?



El fabricante pone su lanza en un banco de ensayo con un manómetro y un caudalímetro, y ajusta la presión en punta de lanza a 7 bar y modifica la sección de salida (KS) hasta que dé el caudal que marca en la primera posición (por ejemplo 240 lpm para una de 45 mm). Si os dais cuenta lo que está haciendo es calcular experimentalmente el valor de KS, mediante la siguiente relación:

$$KS = \frac{Q}{\sqrt{PL}}$$

Luego si tenemos la lanza en la posición 1 del caudalímetro que dice $Q = 240$ lpm, en esta posición la lanza tiene la siguiente ecuación de descarga:

$$KS = \frac{Q}{\sqrt{PL}} = \frac{240}{\sqrt{7}} = 91$$

Esto quiere decir que la lanza dará 240 lpm. Solo si la presión en punta de lanza es 7 bares, si la presión es menor, por ejemplo 5 bares el caudal será:

$$Q = KS * \sqrt{PL} = 91 * \sqrt{5} = 203 \text{ Lpm}$$

Y si es mayor, por ejemplo 10 bar:

$$Q = KS * \sqrt{PL} = 91 * \sqrt{10} = 288 \text{ Lpm}$$

Si ahora variamos a la posición 2, el fabricante vuelve a poner su lanza con un PL de 7 bares, y calcula el nuevo KS.

CONCLUSIÓN: La lanza reguladora de caudal da el caudal que marca el fabricante solo si estando en la posición correspondiente del caudalímetro la presión estática o residual en punta de lanza es igual a 7 bares.

Si la presión es distinta habría que calcularlo conociendo el KS de la lanza que suele darlo el fabricante en forma de una tabla.

Otro tipo de lanzas de las que disponemos en el mercado son las **lanzas automáticas**

El funcionamiento de este tipo de lanza es distinto que las anteriores, ya que en su interior dispone de un mecanismo que mantiene constante la presión en punta de lanza, dentro de unos límites, de manera que regula el caudal abriendo o cerrado automáticamente KS para que Q sea constante independiente de las fluctuaciones de la presión con que llega al agua a la lanza. Tiene tan solo dos mandos uno que regula el efecto (1) y el otro que regula el caudal (2).



No todos los servicios disponen de este tipo de lanza, pero después de ver el funcionamiento de la misma, para determinados operaciones en las que es fundamental el control del caudal como veremos posteriormente en incendios de interiores es ideal disponer de este tipo de lanzas para enfrentarnos a esos incendios.

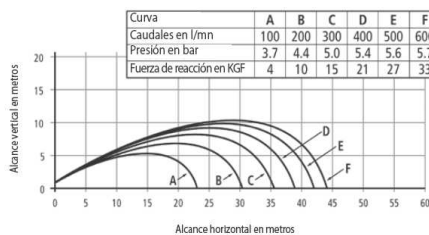
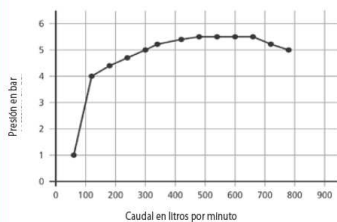
Un ejemplo del desarrollo tecnológico de estas lanzas nos lo da esta tabla de la lanza MACH-3 automáticas, que son capaces de aportarnos caudal apropiados para la extinción de incendios con seguridad, a presiones en punta de lanza muy bajas.

CARACTERÍSTICAS

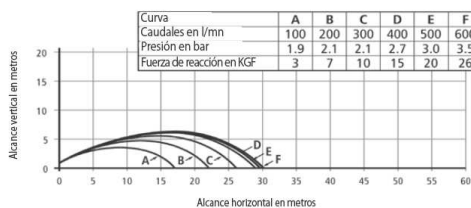
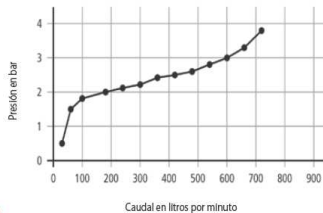
Modelo	Ref.	Peso	Caudal (l/min)	Presión	Rácor	Polymousse BF	Polymousse MF
MIDMATIC	I11.20.082	2.7 kg	100 à 600	6 bares	BCN 45	I11.80.130	I11.80.131
MIDFORCE	I11.21.019	2.7 kg	100 à 600	3 y 6 bares	BCN 45		



Midforce a 6 bares



Midforce a 3 bares



Visto el funcionamiento de las lanzas, y siendo conscientes de que en los servicios de bomberos a la hora de montar nuestras instalaciones, no tenemos muy en cuenta el caudal que nos está saliendo por la lanza, además que suele primar la comodidad en el desarrollo de la instalación por delante de la seguridad en la intervención a la hora de enfrentarnos al incendio y su potencial, me gustaría que tengamos en cuenta en este apartado (posteriormente lo desarrollare más extensamente) la dificultad de obtener un caudal que nos aporte seguridad en determinadas lanzas diseñadas para aportarnos caudal pequeños como es el caso de las lanzas de 25 mm, que instalamos al final de nuestras líneas de ataque.

Como hemos visto anteriormente con otro ejemplo, si en una lanza de 25 mm (50-150 Lpm) que el fabricante ha diseñado para que en su posición máxima nos aporte 150 Lpm a una presión en PL de 7 bar, colocamos el selector de caudal en su posición máxima 150 y conseguimos que en PL tengamos 7 bar, el caudal que sale por la lanza será de 150 como nos dice el fabricante.

$$Q = KS * \sqrt{PL} = 56.69 * \sqrt{7} = 150 \text{ Lpm}$$

Ahora bien, si nosotros una vez montada esta instalación, y atacando el incendio con un potencial tal que observamos que el caudal aportado es insuficiente para el poder calorífico del incendio y necesitamos que por la misma lanza salga mas caudal, por ejemplo doblar el caudal, ya que estimamos que un caudal de 300 lpm nos aporta la seguridad necesaria para enfrentarnos a los fenómenos que se nos pueden dar en ese incendio de interior con un potencial alto.

Veamos que PL necesitaríamos ahora para **doblar el caudal** con la misma lanza que ya está en su posición máxima.

$$Q = KS * \sqrt{PL} = 56.69 * \sqrt{7} = 150 \text{ Lpm}$$

$$2Q = 2 * KS * \sqrt{PL} = 2 * 56.69 * \sqrt{7} = 300 \text{ Lpm}$$

Para doblar el caudal, en la formula multiplicamos por 2 ambos factores, pero como la lanza está en su posición máxima el factor KS no podemos modificarlo por lo que solo podremos cambiar la presión PL. por ello el 2 lo metemos dentro de la raíz cuadrada para ver cómo afecta a la PL.

$$2Q = 2 * KS * \sqrt{PL} = 56.69 * \sqrt{2^2 * 7} = 300 \text{ Lpm}$$

$$2Q = 2 * KS * \sqrt{PL} = 56.69 * \sqrt{28} = 300 \text{ Lpm}$$

Con ello comprobamos que para **doblar el caudal de salida de una lanza** con un factor KS dado y constante, es necesario **cuadruplicar la presión en punta de lanza PL**, así para que salgan 300 lpm en esa misma instalación ahora será necesario dispones de 28 bar en punta de lanza. Posteriormente veremos que esta presión en muchos casos, sumadas a la perdida de carga de las instalación y a la HG altura geométrica a la que se encuentra el incendio hace que no siempre sea conveniente el uso de instalaciones de 25mm.

3.3 PERDIDAS DE CARGA

En la ecuación de la energía aplicada a la instalación hidráulica aparecía el término h_j ó **PC**, este factor representaba la energía disipada por los elementos físicos que componen dicha instalación, incluyendo no solo el rozamiento del agua sobre las paredes de las mangueras, sino también con los elementos auxiliares (bifurcaciones, bridas reducciones, etc.) existentes. Denominamos **pérdidas de carga** esta energía disipada.

Las pérdidas de carga de una conducción dependen de los siguientes factores:

- a) El material de la conducción
- b) La longitud de la misma (L)
- c) El diámetro (D)
- b) La velocidad de conducción de agua. Esto es lo mismo que decir del caudal (Q)

Siendo directamente proporcional a la longitud, el caudal y la rugosidad, e **inversamente** proporcional al diámetro de la misma.

Esto se resume en lo que se conoce como Ecuación de **Darcy-Weisbach** que dice:

$$PC = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

PC: pérdidas de carga en mca.

f: coeficiente de fricción, que tiene en cuenta la rugosidad del material y la viscosidad del fluido.

L: longitud equivalente de la instalación en metros, se entiende como la longitud física de la misma incrementada en un valor determinado, en función del número elementos auxiliares instalados. Este incremento esta tabulado.

D: diámetro de la tubería en metros.

V: velocidad de circulación del fluido en m/s

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Esta expresión se puede poner en función del caudal:

$$PC = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} = f * \frac{L}{D} * \frac{Q^2}{S^2 * 2g} = f * \frac{L}{D} * \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4 * 2g} = \frac{8f}{\pi^2 g} * \frac{L}{D^5} * Q^2$$

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo.

Lo primero que podemos observar es que las pérdidas de carga son inversamente proporcionales al diámetro a la quinta potencia (D^5), eso quiere decir que influye mucho este factor, de manera que para una misma longitud de manguera y un mismo caudal pasar de una manguera de 45 mm a una de 25 mm, aumenta considerablemente las pérdidas de carga.

Por ejemplo, para una longitud de manguera de 100 m y un caudal de 200 lpm, las pérdidas de carga de una manguera de 25 mm son de 30 bares, pero para una de 45 mm es de tan solo 0,5 bares. **Por lo tanto si queremos caudal por una manguera esta tiene que tener el diametro adecuado.** La razón está clara, necesitamos que el

agua circule a poca velocidad (alrededor de 3 m/s) para que las pérdidas de carga no se disparen.

La formula antes mencionada para calcular las pérdidas de carga resulta poco práctica para el análisis de las instalaciones hidráulicas de extinción, por ello se han ideado varios sencillos sistemas más fáciles de usar para hallar de manera aproximada dichas perdidas.

El primero de ellos es expresando la formula de **Darcy-Weisbach** de la siguiente manera.

$$PC = \frac{8f}{\pi^2 g} * \frac{L}{D^5} * Q^2 = \frac{K}{10} * \frac{Q^2}{10.000} * \frac{L}{100}$$

Donde **PC** se mide en **bares**, Q en **litros por minuto** y la **L** en **metros**, siendo K un factor que depende del diámetro de la manguera:

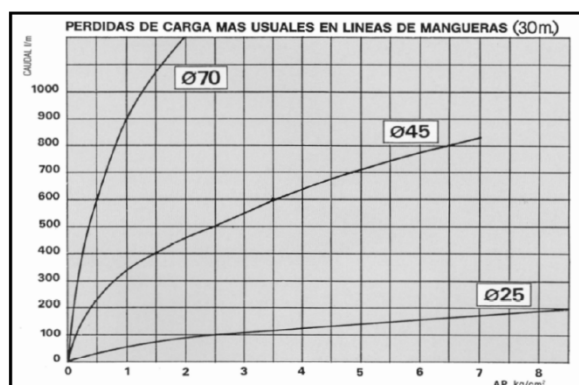
	Ø 25mm	Ø 45 mm	Ø70 mm
K	60	3,2	0,35

Como ejemplo vamos a utilizar el caso anterior de una instalación de 25mm por la que circula un caudal de 150 lpm y con una longitud de 100 metros.:

La pérdida de carga para esta instalación de agua de 25 mm, seria:

$$PC = \frac{K}{10} * \frac{Q^2}{10.000} * \frac{L}{100} = \frac{60}{10} * \frac{150^2}{10.000} * \frac{100}{100} = 13.5 \text{ bar}$$

Además de este método también se pueden usar para el cálculo de las pérdidas de carga, las tablas o graficas realizadas por los fabricantes de mangueras que nos aportan este dato en función del caudal y del diámetro de la manguera.



Otro método es fijar una pérdida de carga para cada diámetro de manguera, con una longitud dada que por ejemplo puede ser un tramo de manguera de unos 20 metros, y con un caudal establecido de antemano por el servicio que confeccione dicha tabla.

Por ejemplo una tabla de pérdidas de carga , **por cada tramo de manguera de 20 metros**, con unos caudales de ataque al incendio establecido de 100, 150, 300 lpm sería.

Manguera de 20 m			
	Ø 25mm	Ø 45 mm	Ø70 mm
CAUDAL (Lpm)	Bar	Bar	Bar
100	1,2	0,06	0,007
150	2,7	0,15	0,01
200	4,8	0,25	0,03
300	10,8	0,6	0,06
400	19,2	1	0.1

A todas estas pérdidas de carga habría que añadirles las perdidas singulares que son las ocasionadas por elementos de acople como reducciones, bifurcaciones, o las curvas y codos ocasionados en las mangueras, pero como esto es poco por no decir nada operativo solo mencionaremos las pérdidas que generan algunos accesorios.

Singulares (accesorios)	Reducciones	0.25
	Bifurcaciones	0.04
	Dosificadores	30 %

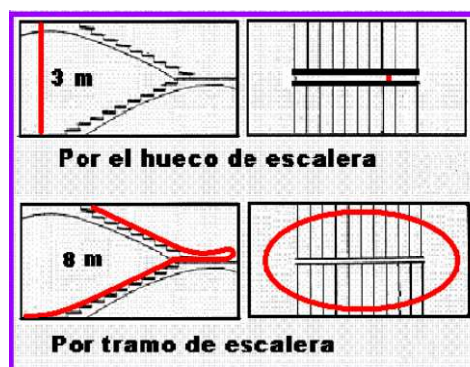
Otra de las cuestiones que hay que tener en cuenta a la hora de calcular las pérdidas de carga, es la cantidad de mangueras que nos harán falta para llegar al foco de incendio. Este apartado lo podemos denominar como pérdida de cargas según la distancia al foco.

Cuanto más lejos se encuentre el foco del cuerpo de bomba, mayores dificultades habrá a la hora de tender las líneas y mayor pérdida de carga presentará.

En edificaciones verticales de viviendas u oficinas, cada planta que se asciende en vertical supondrá tender unos **tres metros de manguera**, en este caso hablamos de **Escalera Abierta** al paso de mangueras.

Pero si la **Escalera es Cerrada** al paso de mangueras y la manguera debe ir apoyada sobre los peldaños de la escalera de cada planta habrá que desarrollar unos **ocho metros**.

Es decir, si queremos llevar el agua hasta la planta 20 tendiendo la línea en vertical, con escalera abierta, necesitamos unos 60 m de manguera y, si la escalera es cerrada y se hace recorriendo el tramo de escalera, se precisan unos 160 m.



Es evidente que aunque la altura es la misma, la pérdida de carga es mucho mayor cuando el tendido recorre los tramos de la escalera. Además los tendidos se tienen que ajustar a la distancia que hay desde el cuerpo de bomba al punto de ataque. En ocasiones se tienden tramos de mangueras excesivos, ocasionando una pérdida de carga elevada e innecesaria.

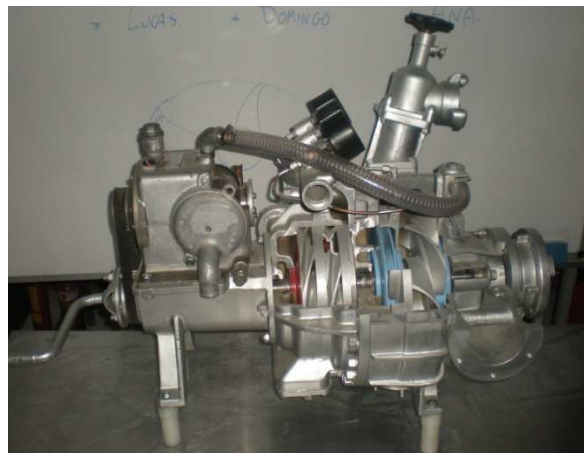
CAPITULO 4

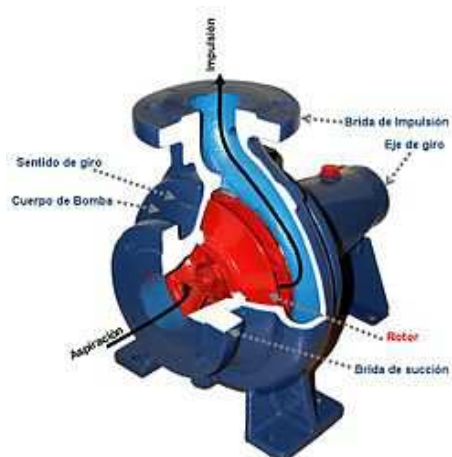
4 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.

4.1 CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA.

Las Bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor .

El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete se basa en la ecuación de Euler y su elemento transmisor de energía se denomina impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas y es este elemento el que comunica energía al fluido en forma de energía cinética.





La bomba, así descrita, corresponde a una bomba centrífuga de un solo rodete. Si a la salida se conecta otro rodete (acoplamiento en serie), haremos que el agua aumente más su presión.

Las bombas utilizadas en los servicios de bomberos son las denominadas bombas centrífugas (BC) que mediante la aceleración del motor agita el fluido sirviéndose de la fuerza centrífuga para darle velocidad, esta velocidad será mayor o menor en función de las etapas o rodetes que recorra el agua y de las revoluciones del vehículo.

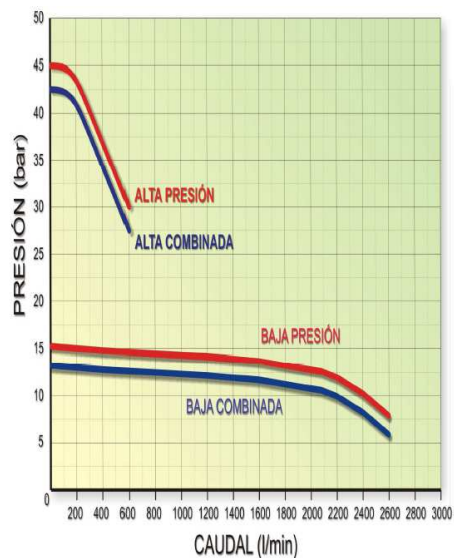
La norma UNE-EN 1028-1 define las bombas centrífugas contra incendios y la UNE-EN 1028-2 Las clasifica atendiendo a la presión que pueden suministrar en:

-Bomba de Presión Normal (FPN) son aquellas que con uno o varios rodetes, son capaces de dar presiones de funcionamiento hasta **20 bares**

-Bomba de Alta Presión (FPH) es una bomba que da hasta **54,5 bares**.

Se denomina **Bomba de Presión Combinada** a aquella que agrupa las dos clases de bomba en una sola máquina. Esto se consigue haciendo rodar sobre el mismo eje dos bombas conectadas en serie, que nos dan las dos gamas de presión alta y normal. En este tipo de bombas el rendimiento de la bomba baja del orden del 10%. Respecto a que no sea combinada.

En una bomba centrífuga contra incendios podemos distinguir las siguientes partes: **Colectores de aspiración**, desde donde se alimenta la bomba desde un depósito o por aspiración a través de un manguote, **cuerpo de la bomba**, **colectores de impulsión** donde se conectan las mangueras y los **elementos auxiliares**, tales como los manómetros, el cebador, válvulas, racores, etc.



Cada fabricante monta en sus vehículos un colector de impulsión con uno, dos, tres o cinco rodetes y en función de las características de los rodetes y las revoluciones del motor, es capaz de proporcionar más o menos caudal y presión.

Como hemos visto hasta ahora la presión que necesitamos tener a la salida de la bomba depende de la altura geométrica, la presión en punta de lanza y de las pérdidas de carga de la instalación.

La presión en punta de lanza depende del caudal y las pérdidas de carga también. Lo único que es fijo es la altura geométrica, por lo tanto la presión en punta a la salida de la bomba que se necesita depende del caudal. Esto quiere decir que: **para lanzar un caudal (Q) determinado, necesito tener una presión a la salida de la bomba (PB) determinada.**

Pero las bombas no dan todas las combinaciones posibles de presión y caudal, sino que la presión depende del caudal de agua que la atraviesa y de la velocidad de giro del motor que arrastra a la bomba.

Una bomba es una maquina hidráulica, y como tal no genera nada, sólo transforma un tipo de energía por unidad de tiempo (potencia) en otro. En este caso potencia mecánica en potencia hidráulica.

La **potencia mecánica** (P_{mec}) que suministra un motor depende de dos factores:

$$P_{mec} = M \cdot W$$

Donde M es lo que se conoce como par motor, que es una medida de la "fuerza" del motor y w es la velocidad de giro del motor, es decir las revoluciones.

El motor del camión esta unido a la bomba por medio de una toma de fuerza, por lo tanto M es constante, así que la única forma de variar la potencia que da el motor a la bomba es variando el numero de revoluciones del motor, es decir acelerando o desacelerando el motor.

Por lo tanto, si tenemos la bomba girando a un número de revoluciones determinado N, y no lo variamos, el motor está transmitiendo una potencia P_{mec} fija a la bomba. Esta potencia se transforma (no toda ya que la bomba posee pérdidas) en potencia hidráulica.

Y que es la **potencia hidráulica**, es la energía por unidad de tiempo que posee el fluido a la salida de la bomba, su expresión es:

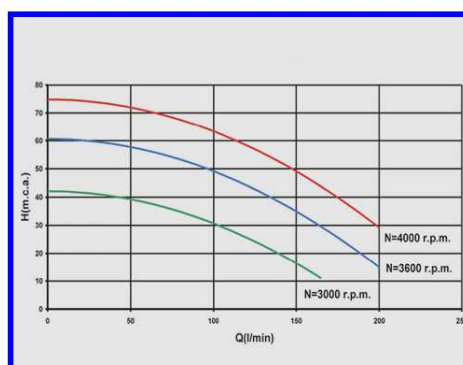
$$P_h = \gamma * Q * H$$

Donde γ gamma es el peso específico del agua, H es la presión a la salida de la bomba en mca y Q es el caudal en metros cúbicos por segundo. P_h en vatios.

Para entender lo que sucede, supongamos que tenemos una bomba que trasiega 100 lpm y a la salida de la bomba hay una presión de 10 bares. Para que esto ocurra el motor tiene que estar suministrando una potencia similar a la desarrollada en subir 100 litros de agua a 100 metros en un minuto, ese trabajo lo está desarrollando el motor de la bomba.

Figurados que ahora sin variar la potencia del motor, exigimos que la bomba trasiegue 200 lpm a 10 bar, es decir subir 200 litros de agua a 100 metros en un minuto, como no tenemos más potencia, tan solo podremos subir, como máximo, hasta 50 metros. Por esta razón las bombas dan menos presión cuando más caudal se les exige.

Para poder hacerlo tendríamos que acelerar la bomba es decir suministrarle más potencia mecánica. La **curva característica de la bomba** es decreciente con la presión, tal como se ve en la siguiente gráfica.



Los fabricantes de las bombas nos proporcionan la relación entre el caudal que circula por la bomba y la presión, así como la potencia en función del caudal, por medio de

una gráfica obtenida por medidas realizadas en un banco de ensayo. Esta serie de curvas, denominadas **curvas características**, nos muestra la capacidad de la bomba para generar energía hidráulica y también nos permitirá elegir qué tipo de bomba es adecuada en nuestra instalación

El significado de la curva **altura-caudal** es que la bomba girando con **N** revoluciones, solo podrá proporcionar los valores de presión y caudal contenidos en la curva correspondiente. Esto sucederá siempre que **N** no varíe, puesto que si esto ocurre la curva se desplazará hacia arriba, si aumenta **N** o hacia abajo en el caso que disminuya. Por lo tanto un aumento de las revoluciones, implica que para un mismo caudal, la bomba dará más presión. Por otro lado la curva potencia- caudal siempre es creciente con el caudal.

4.2 PUNTO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN

Como hemos visto, por un lado la presión a la salida de la bomba depende del caudal que estimemos necesario para el ataque al incendio de forma segura, ya que tanto la presión en punta de lanza como las pérdidas de carga varían con el caudal que necesitamos, por lo tanto si queremos que la lanza nos aporte un caudal **Q** deberá poseer un presión **PL** determinada y por tanto la ecuación de línea en función del caudal sale:

$$PB = PL + HG + PC$$

La presión en punta de lanza en función del caudal y de la sección de salida será:

$$PL = \frac{Q^2}{(KS)^2}$$

Por tanto si queremos que la lanza nos de un caudal **Q** determinado, deberemos saber el valor de la constante **KS** fijado por el fabricante para establecer la presión necesaria en **PL**.

Como las **PC** pérdidas de carga son :

$$PC = \frac{8f}{\pi^2 g} * \frac{L}{D^5} * Q^2$$

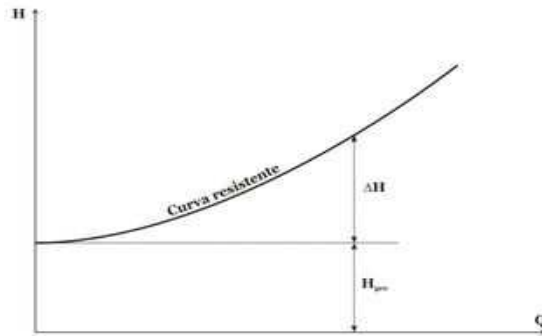
Suponiendo que las condiciones de la instalación (longitud, diámetro, materiales de las mangueras, etc.) no varían y que el factor **KS** del cuadalímetro de la lanza lo dejamos fijo, y como no variaremos los elementos de la instalación fijos, como son la **f**, **L** y **D** que permanecen constantes, por lo tanto podemos concluir que:

$$PC = Kj * Q^2$$

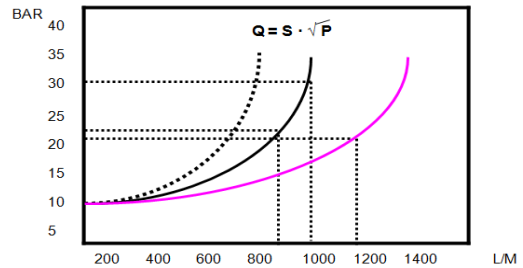
Donde **Kj** es una constante que depende de la instalación. Por tanto si sustituimos en la formula en función del caudal tendremos que:

$$PB = \frac{Q^2}{(KS)^2} + HG + Kj * Q^2 = HG + \left(\frac{1}{(KS)^2} + Kj \right) * Q^2$$

A esta expresión se le conoce como **curva resistente de la instalación** que es representado gráficamente en función del caudal y de la sección.



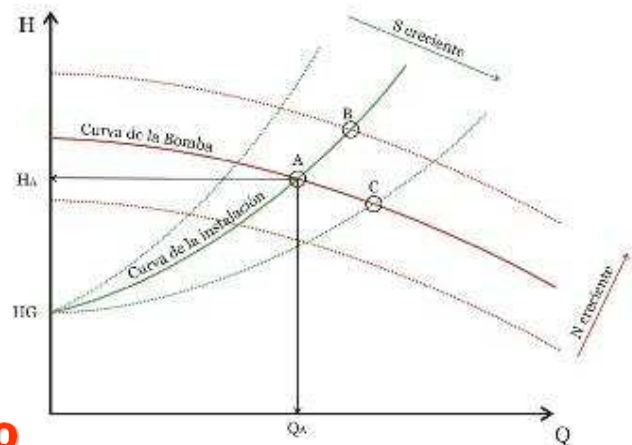
CURVA RESISTENTE



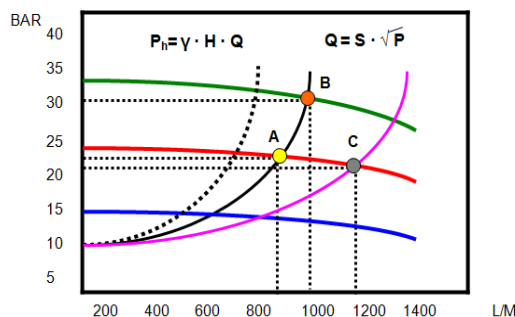
(Si para una instalación fija representamos la presión necesaria en la bomba en función del caudal, es decir la curva anterior, sale dibujada una curva, creciente con el caudal que es lo que se conoce como curva resistente.

La información que nos da esta curva es que si queremos lanzar un caudal Q a través de la lanza, la curva resistente nos da la presión PB que necesitamos en la bomba. Pero la presión que da la bomba hemos visto que depende del caudal y de la velocidad de giro del motor, por lo tanto habrá que acelerar la bomba hasta que la curva característica de la misma corte el punto de la curva resistente correspondiente al caudal Q y la presión PB necesaria. Este punto es el que se conoce como **punto de funcionamiento de la instalación**.

Si no variamos las condiciones de la misma, este punto no varía. Si queremos que aumente el caudal sin aumentar la sección, desplazaremos el punto de funcionamiento de la bomba al punto B acelerándola. En este caso aumentamos la presión en punta de lanza y por tanto el alcance.

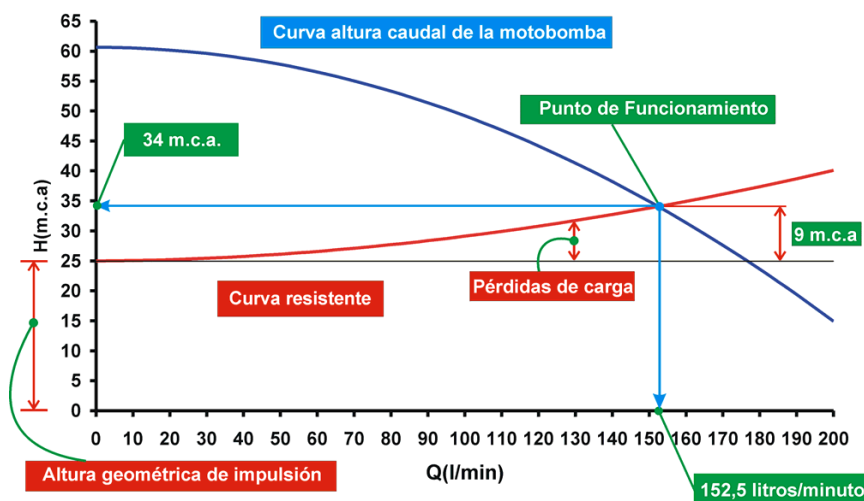


PUNTO FUNCIONAMIENTO



Si aumentamos el factor (K·S) de la lanza, la bomba trabajará en el punto C, aumentando el caudal y disminuyendo la presión de trabajo (PB). En este caso, la presión en punta de lanza (PL) disminuye también, ya que ha aumentado las pérdidas de carga (PC). El caudal extra que da la lanza lo obtenemos por aumento de sección. En cuanto a la velocidad de salida del agua ha disminuido

Punto de Funcionamiento de la instalación



Podemos concluir resumiendo, que se conoce como **curva resistente de una instalación** determinada a la combinación de presión y caudal que debe proporcionar la bomba para trabajar con las condiciones impuestas por la instalación hidráulica, es decir que exista una presión PL en punta de lanza y salga por la misma un caudal Q.

La **curva característica de una bomba**, nos da la presión en función del caudal y de su velocidad de giro. La intersección de ambas curvas nos da el denominado **punto de funcionamiento** de la instalación.

Situados en el **punto de funcionamiento** para aumentar el caudal sin variar la sección, aceleramos la bomba. En este caso aumentamos la presión en punta de lanza y por tanto el alcance.

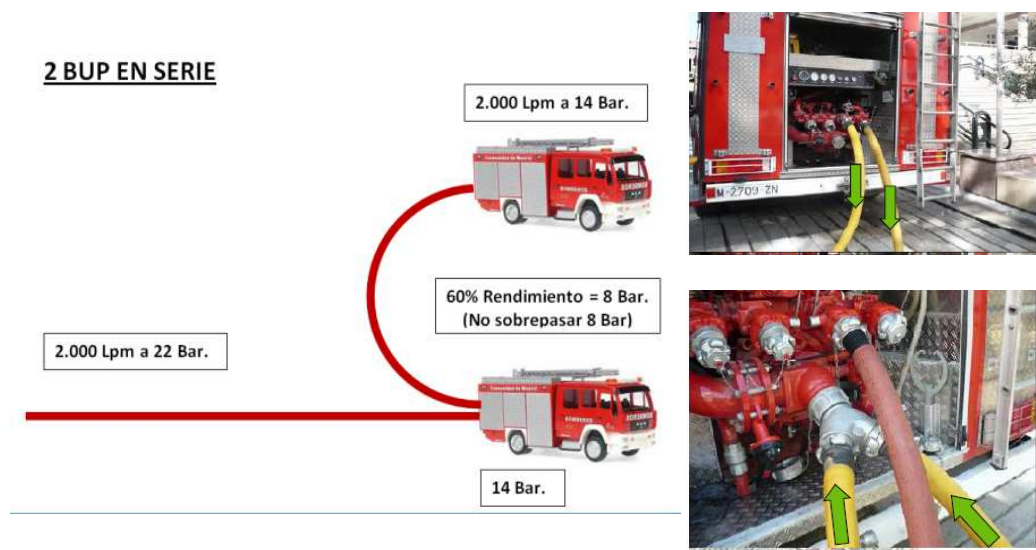
Por otro lado, Si aumentamos la sección de salida de la lanza, sin variar las revoluciones de la bomba, se aumenta el caudal y disminuye la presión en punta de lanza, ya que el caudal extra lo obtenemos por aumento de sección y por lo tanto necesitamos menos presión en la instalación, en cuanto a la velocidad de salida del agua, disminuye, obteniendo un menor alcance.

4.3 ACOPLAMIENTO DE BOMBAS

Las bombas contra incendios pueden trabajar conjuntamente para apoyarse en la lucha contra el fuego. El agrupamiento de bombas es usual en ciertos tipos de incendios como es el caso de los incendios en edificios de altura. La unión se puede realizar principalmente en los siguientes sistemas de acoplamientos:

- _ Acoplamiento en serie
- _ Acoplamiento en paralelo
- _ Acoplamiento en paralelo/serie

El **acoplamiento en serie** se realiza cuando la impulsión de la primera bomba se conecta a la alimentación de la segunda **para incrementar la presión**. Es decir, conociendo las características técnicas de caudal-presión de cada una de las bombas, para una velocidad de rotación dada, se afirma que la curva característica resultante del agrupamiento es del orden de un 60 ó 70 % más de presión según fabricante.

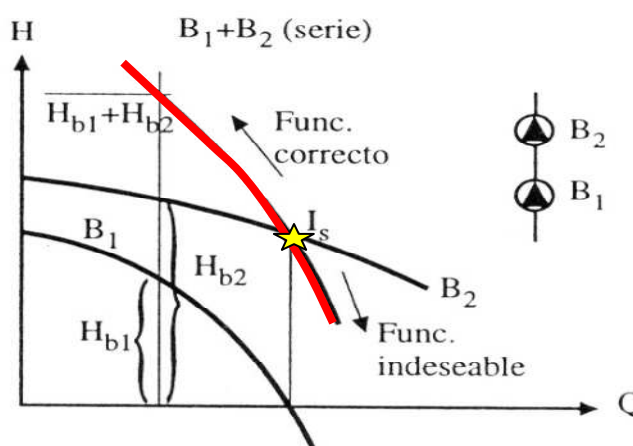


El principio del aumento de presión es el mismo que el aumento de rodetes en las bombas multietapas. Ahora bien, cuando se ponen en serie dos autobombas hay que estar seguros de que todos los elementos del cuerpo de bomba que trabajan en baja estén cerrados, si no es así, puede que no soporte la presión alcanzada y se rompan.

Además, todo el sistema del cuerpo de bomba se va a someter a unas presiones superiores a las de trabajo y no todos los fabricantes realizan la prueba de rotura correspondiente.

La curva característica del acoplamiento de las bombas la obtenemos sumando las alturas que nos proporcionan cada bomba para un caudal dado que circule por ellas.

Hay que tener cuidado cuando acoplemos bombas diferentes, ya que no todas las zonas de trabajo (Presiones y caudales utilizados) serán efectivas, o resultaran beneficiosas.



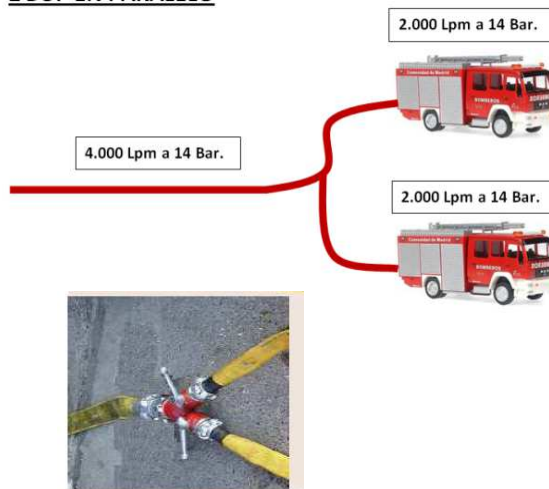
El punto de máximo caudal será el que marque la bomba con el mínimo caudal máximo.

Acoplamiento en paralelo. Se realiza cuando la impulsión de las dos bombas se agrupa en la misma conducción por lo que **se aumenta el caudal** suministrado. Conociendo las características técnicas de caudal-presión de cada una de las bombas, para una velocidad de rotación dada, se constata que la curva característica resultante del agrupamiento es la suma de los caudales.

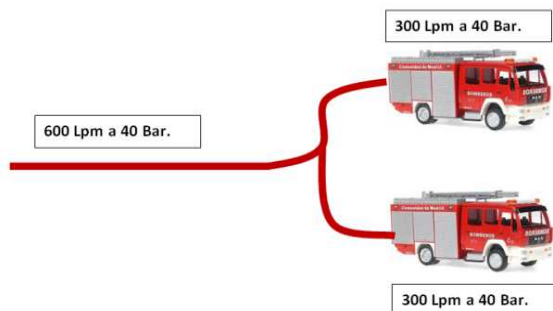
El acoplamiento en paralelo de dos o más autobombas se puede montar en baja o en alta.

En baja se colocaran en aquellas intervenciones donde necesitamos mucho caudal, como fuegos industriales, refrigeración de cisternas, alimentación a monitoras, etc.

2 BUP EN PARALELO

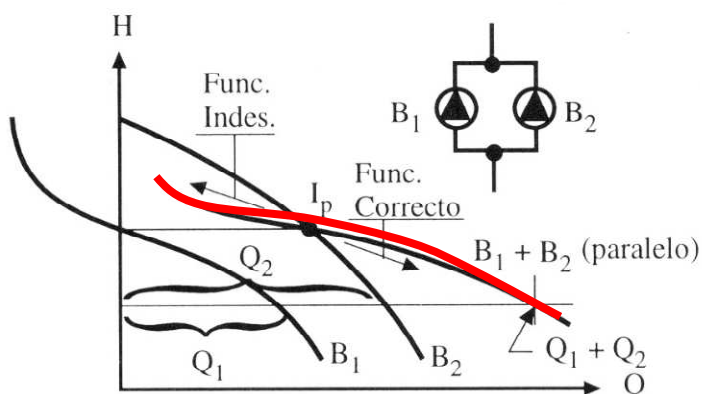


2 BUP EN ALTA Y PARALELO



En alta el caudal nominal que proporciona una autobomba es reducido e insuficiente para numerosas intervenciones en los EGAs, para garantizar y disponer de mayores caudales a elevada alturas es conveniente y necesario realizar esta operación.

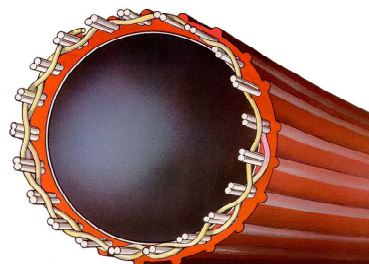
La curva de características de la asociación de bombas en paralelo la obtendremos con la suma para cada una de las alturas, de ambos caudales, proporcionando una nueva curva mas plana. Cuanto mas bombas mas plana sera la curva.



4.4 INSTALACIONES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Dadas estas posibilidades de acople de bombas con el consiguiente aumento de caudal o de presión en las líneas de ataque, tendremos que tener en cuenta cuales son las características de las mangueras con las que realizamos estas instalaciones y si son capaces de aguantar las presiones a las que van a ser sometidas, puesto que la rotura de una manguera en medio de un ataque al incendio puede ser fatal para los bomberos que lo realicen.

Cada fabricante presenta en el mercado mangueras con diferentes características como son la presión de prueba o de rotura, el peso, la rotura a tracción..además tenemos que considerar una realidad en los servicios y es que en los vehículos se mezclan diferentes tipos de mangueras de distinto fabricante, con diferentes características (3 o 4 capas) y con distinto uso y antigüedad, racorado de las mismas....etc, por lo que no deberemos tener como tope las presiones que nos dé el fabricante de una manguera concreta y nueva, sino del conjunto de todas ellas en una instalación, por lo que intentaremos trabajar con márgenes de seguridad, es decir que la línea soporte una presión bastante inferior a la de rotura de la misma.



	Presión de prueba (Kg/cm ²)	Presión de rotura (Kg/cm ²)
ARMTEX (3 Capas)		
25 mm	40	80
45 mm	30 (17)	55
70 mm	25 (17)	50
BLINDEX (4 Capas)		
25 mm	40	100
45 mm	30	60
70 mm	25	50
GOMDUR 4 K		
25 mm		
45 mm	80	120
70 mm	60	90



Actualmente se comercializa las mangueras Gomtex hi-rise que duplican las presiones de rotura de las más utilizadas en los servicios de bomberos. Por lo que son ideales para EGA's

CAPITULO 5

5 EL AGUA

5.1 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DEL AGUA

La primera pregunta que nos tenemos que plantear es cuál es el objetivo de instalación de agua que montamos a la hora de intentar extinguir un incendio.

El objetivo es proyectar sobre el fuego un caudal Q de agua con unas características determinadas con el fin de **neutralizar la potencia de fuego a la que nos enfrentamos**. Por lo tanto la lanza debe estar dando un caudal Q , y nosotros debemos lanzarlo de la forma más correcta, para que esto ocurra.

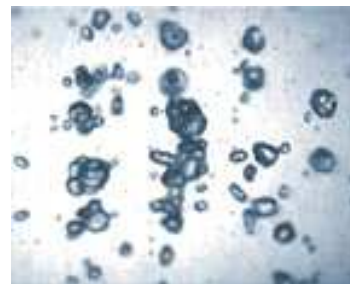
Se denomina **potencia de fuego** a la energía por segundo que esta desprendiéndose en un incendio. Se mide en MJ por segundo que es igual a MW. Para que se pueda extinguir el mismo tiene que ser compensada con una **potencia de extinción**, que será la energía que absorbe el agua al ser aplicada sobre el fuego.

Esta planteamiento trata de ser el punto de partida para una reflexión sobre el rendimiento, capacidad y necesidades del agua y lo más importante, la **capacidad de realizar estimaciones de estas necesidades**.

Una llama puede extinguirse aportándole una sustancia extraña a la mezcla de combustible y aire. Para que la combustión prosiga, el suplemento (medio extintor) que se le agrega debe ser calentado al igual que la mezcla de combustible y aire. La cantidad de calor necesaria puede ser tan grande que toda la mezcla deje de ser combustible con lo cual la llama se extingue. Esto es en otras palabras una refrigeración de la llama.

Una gota de agua puede ser un ejemplo de partícula fría. Si se pudiese obtener gotas de agua lo suficientemente pequeñas y compactas que se situasen entre sí en la llama, ésta se extinguiría.

Teóricamente se necesitarían 200.000.000 de gotas por m³ de llama para extinguirla según el efecto descrito. Si las gotas se mueven rápidamente enfriaran un volumen mayor al extinguir en surco en la llama. Este efecto comienza a notarse en gotas con un diámetro igual o menor a 0,3 mm. El efecto es comparable a la extinción con polvo, y la llama se extingue inmediatamente.



Las lanzas más modernas que se emplean en los incendios de interiores utilizan el efecto refrigerante de las gotas de agua en la llama. Este método se llama **extinción ofensiva** a diferencia de la **extinción indirecta** en que gotas de agua más grandes primero deben ser convertidas en vapor sobre superficies calientes en el recinto.

La cantidad de agua necesaria para extinguir un incendio depende del calor desprendido por el mismo. La velocidad de extinción depende de la rapidez en la aplicación del agua, del caudal y del tipo de agua que se aplique.

Se debe tener en cuenta la duración del contacto del agua con el fuego, y esto es debido a una propiedad física del agua: el **calor específico del agua** que establece que cuando un gramo de agua se eleva la temperatura en un grado, absorbe una caloría. El agua pasa de 10° a 11 °C o de 88 a 89 °C no cambia el robo de energía al incendio: este aumento siempre consumirá la misma energía, **una caloría por gramo de agua que suba su temperatura en un grado centígrado, $c=4,183 \text{ kJ/kg}$**

Sin embargo, el paso de este líquido de agua en el agua "gas" (vapor), es decir, el cambio de estado físico de la materia, consumirá una energía mucho mayor: así un gramo de agua a 100 ° C que pasará al estado vapor absorberá 540 calorías, que es su **calor latente de vaporización**. La extinción es por lo tanto por el aumento de la temperatura del agua, pero la mayoría de la extinción es haciendo consiguiendo que el agua se convierta en vapor.

Puesto que el agua eleva su temperatura y a continuación, se vaporiza, es necesario dejarle la máxima cantidad de tiempo en suspensión. De lo contrario, el agua subirá la temperatura y luego abandonará la zona de calor sin haber tenido tiempo para vaporizar, causando un rendimiento deficiente de nuestro agente extintor.

La siguiente cuestión que se plantea es, cuál es el rendimiento de una instalación de agua. Se estima que el rendimiento de una pulsación de agua en forma ofensiva pulverizada tiene un rendimiento del 70% según Paul Grimwood. Este dato es necesario tenerlo en cuenta para poder prever cual será el impacto en la capacidad de extinción de un instalación de agua concreta. Sin embargo, con una lanza en chorro solido, podemos estimar que sólo el 20% del agua tendrá el tiempo y la superficie de contacto suficiente para calentar y vaporizar correctamente el agua.

Podremos entonces realizar unos cálculos para determinar la magnitud de nuestras instalaciones. El calor latente de vaporización es la cantidad de calor que debe proporcionarse para convertir un líquido en vapor (cambio de estado) sin cambiar la temperatura. Para el agua, estos datos son: **$L_v= 2.257 \text{ kJ/kg}$** . Pero el agua no llega

directamente a su punto de ebullición por lo que es necesario tener en cuenta además el calor específico del agua para realizar el cálculo de absorción térmica de un litro de agua.

Cantidad de calor absorbida por 1 kg de agua (por lo tanto un litro) inicialmente a 18 ° C si completamente se convierte por calentamiento de vapor a 100 ° C.

$$Q = 4,183 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg}) \times (100^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) + 2.257 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg})$$

$$Q = 343 \text{ kJ} + 2.257 \text{ kJ} = 2.600 \text{ kJ}$$

Q = 2.6 MJ es decir 2.6 MW (Kilo-julios/segundos)

Como medio extintor, el agua tiene una capacidad de enfriamiento teórica de 2,6 MW por litro y por segundo si la aplicación fuese efectiva al 100%, aunque en la aplicación práctica de un **ataque directo**, esta capacidad es más probable que sea de alrededor de **0,84 MW** por litro y por segundo.

Poniendo tales cifras en perspectiva, el bombero es capaz de apreciar el verdadero potencial de extinción de las líneas de agua en cualquier situación específica. Como ejemplo tenemos que el **Rango de Desprendimiento de Calor (RDC)** estimado para una silla cubierta de espuma está normalmente entre 4-500 Kw., mientras que un pequeño aparador desprenderá unos 1.8 MW. Sin embargo, fuegos más grandes tales como aquellos que envuelven modernos puestos de trabajo en oficinas, compuestos por mobiliario, material de escritorio y terminales de ordenador, pueden presentar un gran desafío y RDCs de 1.7 MW en cinco minutos y 6.7 MW en nueve minutos. Un sofá de tres plazas desprenderá unos 3.5 MW y una litera de pino alcanzará los 4.5 MW.

El simulador de Flashover del sistema sueco normalmente alcanza los 3 MW, mientras que en el incendio de Interstate Bank en Los Angeles, en 1988, se estimó que 10 MW de fuego existieron dentro de los dos o tres minutos del inicio.



Por tanto serán necesarias grandes cantidades de agua para manejar tales producciones de calor. Para el bombero esto significa que la lanza que debe usar tiene que tener una capacidad práctica de enfriamiento máxima y se deben realizar estimaciones fiables de su poder. Se puede ver que 0,85 MW por litro y por segundo es la capacidad de enfriamiento práctica del agua y que es alrededor del 33 por ciento de su capacidad teórica (un tercio). Eso significa que aproximadamente el 70 % (dos tercios aproximadamente) del agua aplicada a un fuego normalmente tiene poco o ningún efecto si es lanzada incorrectamente.

	Ataque directo 33 %	Ataque Ofensivo 70 %
50 lpm	0,71 MW	1,51 MW
100 lpm	1,43 MW	2,95 MW
150 lpm	2,13 MW	4,45 MW
200 lpm	2,84 MW	5,91 MW
300 lpm	4,26 MW	8,9 MW
500 lpm	7,15 MW	16,3 MW

¿Cuál es el **rendimiento** de una instalación de agua? Se estima que el rendimiento de una pulsación de agua en forma pulverizada y mediante una aplicación de ataque ofensivo, tiene un rendimiento del 70% según Paul Grimwood. Este dato es necesario tenerlo en cuenta para poder prever cual será el impacto en la capacidad de extinción de una instalación de agua concreta. Sin embargo, con una lanza en chorro solido, podemos estimar que sólo el 20% del agua tendrá el tiempo y la superficie de contacto suficiente para calentar y vaporizar correctamente el agua.

Lo más efectivo es descargar agua de manera que absorba el máximo calor. Esto sucede cuando se transforma en vapor y se consigue con mayor facilidad si se aplica pulverizada en vez de un chorro compacto, en el caso pueden alcanzarse rendimientos del 70 al 80 %.

Veamos el rendimiento de nuestras instalaciones. Supongamos que tenemos un litro de agua a 18 °C . como anteriormente hemos calculado:

Cantidad de calor absorbida por 1 kg de agua (por lo tanto un litro) inicialmente a 18 ° C si completamente se convierte por calentamiento de vapor a 100 ° C, será:

$$Q = 4.183 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg}) \times (100^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) + 2,257 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg})$$

$$Q = 343 \text{ kJ} + 2,257 \text{ kJ} = 2,600 \text{ kJ}$$

$$Q = 2.6 \text{ MJ es decir } 2.6 \text{ MW (Kilo-julios/segundos)}$$

DH1 = 343 KJ es la energía empleada en elevar el agua de 18 °C a 100°C y DH2= 2.257 KJ es el calor latente de vaporización. Luego la energía total será:

$$DH1 + DH2 = 2600 \text{ KJ}$$

Si además consideramos que el vapor a 100°C se calienta por ejemplo hasta 300°C. podemos estimar que un caudal de agua Q de un litro de agua por segundo tiene una potencia extintora de aproximadamente 3400 KJ = 3,4 MW. Veamos como:

$$Q = C_e m \Delta T^a$$

Donde el ejemplo es $Q = 1 \times 1000 \times 200 = 200000$ calorías $\times 4.18 \text{ J/Cal} = 836000$ Julios = 0.836 Megajulios entonces son 0,8 MW mas

Por tanto un **litro de agua por segundo** tiene una potencia de refrigeración de aproximadamente 3400 KJ = **3,4 MW**

Ahora bien, estamos suponiendo un comportamiento ideal, es decir que toda el agua proyectada en un incendio se evapora, la realidad demuestra que tan solo un 20% de la potencia extintora del agua es eficaz para un chorro compacto o ataque directo, por lo tanto podemos ver que según la tabla anterior, una instalación de agua de 150 l/m lanzado en chorro solido solamente será capaz de refrigerar 2,10-2,88 MW. Si la potencia liberada en la combustión de un colchón de espuma es de unos 3 MW o un sofá de tres plazas (3,5 MW) o una litera de pino (4,5 MW). Por lo tanto vemos la importancia de disponer de un caudal adecuado para la extinción.

Eso quiere decir que dependiendo del incendio debemos ser capaces de disponer de un determinado caudal.

En 1998, Stefan Sårdqvist realizó un estudio sobre incendios en estructuras en la ciudad de Londres (Real Fire Data Fires in non-residential premises in London 1994-1997). En cada incendio se tomaron datos de la superficie afectada, así como del tiempo de intervención y de otros factores, y pudo constatar que, en el 25% de los casos, estos incendios se desarrollaban de forma muy violenta. También se demostró que, en el **25% de los casos, los medios hidráulicos eran insuficientes** para detener la progresión del incendio, o lo que es lo mismo, para detener la propagación en un momento concreto. Finalmente se conseguía la extinción del incendio, pero solo cuando la curva de progresión del incendio estaba en la parte decreciente, o sea cuando ya se había producido la propagación y el desarrollo total del incendio.

Por lo tanto, se concluye, que existe una **“necesidad de disponer de un Caudal Táctico para poder desarrollar una técnica de ataque al incendio que sea efectiva dentro del procedimiento de extinción a implantar en la táctica de ataque a incendios confinados”**.

Hay que hacer hincapié en que estas las fórmulas que utilizemos se conviertan en una herramienta fácil y sencilla para poder aplicar una respuesta con mínimas garantías para poder dar respuesta contundente en un incendio. Para ello hay que ser consciente de los medios con los que el equipo de trabajo cuenta y barajar las posibilidades de buscar agua mediante los hidrantes públicos o el apoyo de un vehículo nodriza.

En la bibliografía podemos encontrar varias formulas descritas para el cálculo de este caudal táctico:

Para Paul Grimwood, oficial de bomberos de Londres. Tras analizar muchos incendios, estableció una fórmula empírica que se puede aplicar en incendios de hasta una extensión de hasta 600 m², para Grimwood, el caudal necesario para conseguir atacar un incendio es:

$$QT = f \times S$$

Donde: QT es el Caudal Táctico.

S superficie del incendio en metros cuadrados y al factor “f” se le da unos valores según el tipo de incendio, así:

- Se da un **valor 6** para una carga de fuego elevada o en situaciones en las que el fuego se ha propagado más allá del recinto original del fuego y afecta a elementos estructurales.
- Se da un **valor 4** para un riesgo ordinario (oficina o una vivienda).
- Se da un **valor 2** en caso de una baja carga de fuego.

En el caso de los Sapeurs Pompiers franceses, Pierre Louis Lamballais nos indica que las instalaciones que se deben montar para la extinción de este tipo de incendios para trabajar con la seguridad suficiente serán instalaciones capaces de aportarnos un caudal de **500 litros por minuto**.

Del mismo modo, establece un caudal tipo para estas intervenciones J. Miguel Basset en su manual de flashover: desarrollo y control, cuando nos indica que el caudal óptimo para enfrentarnos a estos incendios con seguridad debe ser de al menos **300 litros por minuto**.

Si os dais cuenta estamos hablando de caudales por encima de los 300 lpm, quede claro que disponer de este caudal implica que en "pulsaciones" de un segundo se dispone de 5 litros de agua pulverizada, capaz de absorber 10 MW, si se evapora a 60 % y 8,5 Mw si tenemos un rendimiento del 50 %.

Consideramos que el caudal apropiado para enfrentarnos a los incendios estructurales que de forma más o menos habitualmente nos enfrentamos y haciéndolo con un margen de seguridad adecuados será **un caudal mínimo de 150 lpm** (4,5 MW) para incendios de poca carga de fuego, o localizados en recintos pequeños y será de un **mínimo de 300 lpm** para el resto de incendios de viviendas, locales comerciales de pequeña o mediana entidad así como todo tipo de intervención en la que al menos se prevea la necesidad de disponer de un caudal táctico que sea capaz de refrigerar 9,1 MW en caso de necesidad.

Una vez fijado esto debemos preguntarnos: ¿Seremos capaces de disponer de este caudal con los medios técnicos que contamos (bomba, lanza y manguera), en cualquier sitio donde se pueda producir un incendio?

Esta pregunta es la que debemos plantearnos a partir de este acuerdo de caudal táctico mínimo de 300 lpm para incendios descontrolados por ventilación, con riesgo de flashover, backdraft, o explosión de gases de incendio e incendios de alta carga de fuego, y un caudal de 150 lpm para incendios con menos carga de fuego.

Veamos un ejemplo para observar que cuando se produce un incendio en una vivienda, por ejemplo, debemos tener en cuenta la necesidad de estos caudales y los medios que debemos disponer realizar la intervención con seguridad y de forma efectiva.

Imaginemos un incendio en un séptimo piso con una **carga de fuego baja** (incendio de campana de una cocina) y que tiene el hueco de la **escalera abierta** (posibilidad de desplegar la manguera en vertical). Se estima un caudal de ataque de 150 lpm.

Si por procedimiento se establece el ataque con alta presión y mangueras de 25 mm de diámetro con lanza automática de 25 mm con en posición de caudal 150 lpm..



El desarrollo de la instalación se hace con tres mangueras de 20 m cada una (60 m). Una de 20 m de aproximación al portal, otra de 20 m en vertical para acceder a la planta siniestrada o inferior a esta, y otra de 20 m para el acceso a la vivienda y ataque al incendio.

Como vimos al hablar de las lanzas, se necesita que exista una presión en punta de lanza PL (establecida por el fabricante) y que la misma disponga de una apertura (KS), así la presión necesaria será:

$$Q = KS * \sqrt{PL} = KS * \sqrt{7} = 150 \text{ Lpm}$$

Luego tenemos una conclusión importante, en una instalación hidráulica, quién fija el caudal es la lanza y para ello necesita una presión en punta de lanza (PL) y una apertura (KS).

El KS nos lo da la posición del caudalímetro de la lanza y es fijado por el fabricante, pero PL lo tiene que proporcionar la bomba.

Calcularemos que la presión en bomba según la ecuación de descarga será :

$$PB = PL + HG + PC$$

PL es 7 bar (según fabricante), HG es 2 (aproximadamente 20 metros de altura), y la pérdida de carga será con Q 150 lpm entonces 2,7 bar por cada manguera, por tanto tendremos que:

$$PC = 7 + 2 + (2,7 * 3) = 7 + 2 + 8,1 = 17,1 \text{ Bar}$$

Como podemos observar es factible este tipo de ataque al incendio, tal como lo hemos calculado y estimado, con un caudal de 150 lpm y poder de 4,5 MW.

Pero la realidad en la mayoría de los servicios de bomberos, es que este mismo procedimiento es el que se utiliza para cualquier incendio que se desarrollase en este ejemplo dado, es decir que ante el aviso de un incendio de vivienda en un séptimo piso montaríamos una instalación de ataque al incendio con alta presión y sección de 25 mm y lanza de 25 mm (muchas veces sin cambiar el selector al caudal adecuado).

Veamos por tanto este mismo ejemplo con unas variantes que muchas veces no se tienen en cuenta a la hora de decidir los medios hidráulicos adecuados para el tipo de incendio.

En este caso el incendio esta descontrolado por ventilación, es decir que observamos que se está desarrollando al exterior y tiene todo el oxigeno que necesite el incendio para seguir propagándose. El incendio nos han comunicado que se ha producido en el salón, por lo tanto la carga de fuego será posiblemente alta y además observamos que ya ha afectado al resto de la vivienda, hay bastante acumulación de gases de incendio, y por lo tanto estimamos necesario disponer de un caudal Q de 300 lpm para el ataque al mismo.



Como hemos visto antes para disponer de 300 lpm en una lanza con selector de caudal de 150 lpm debemos cuadruplicar la presión para doblar el caudal, ya que no variamos el factor KS de la lanza. Por lo tanto en PL necesitaremos disponer de 28 bares, además que las PC perdidas de carga por tramo de manguera serán de 10,8 bar para un caudal de 300 lpm, con lo que la presión de PB bomba será ahora de:

$$PB = PL + HG + PC$$

$$PC = 28 + 2 + (10,8 * 3) = 28 + 2 + 32,4 = 62,4 \text{ Bar}$$

Como vemos la presión en bomba debería ser 62,4 bar , ¡¡¡Que bomba lo soporta!!! No es posible disponer de esta presión, por lo tanto no tendremos este caudal en PL, con lo que nos exponemos a unos riesgos sin saberlo, puesto que atacaremos el incendio con un caudal del todo insuficiente para realizar la intervención con seguridad.

Este último ejemplo aun puede empeorarse si no tenemos en cuenta un detalle a la hora de montar nuestra instalación, y no es otro que por donde discurre las mangueras. Como vimos anteriormente si lo hacen en vertical serán necesarios 3 m por planta pero si discurren por los tramos de escalera serán necesario 8 m por planta de promedio (5 mangas), por lo que si el caso fuese ese la PB ahora se dispararía a presiones imposibles para nuestras bombas .



La elección de la sección del mangaje a utilizar vendrá determinada por factores como:

- La carga térmica del local
- El riesgo inminente de Flashover
- La necesidad de ligereza de la instalación
- La disponibilidad de lanzas y bombas de alta presión

Como ya hemos visto, se necesita disponer de un caudal de 300 l/min. para trabajar con seguridad. Sobre todo cuando se trate de un incendio de interior en el que la carga térmica pueda ser importante, por ejemplo una planta baja comercial, taller, garaje, etc.

En muchos incendios de vivienda, menospreciando los riesgos que puede conllevar un incendio generalizado, se eligen instalaciones de 25 mm por la comodidad que conllevan para su manejo. Los caudales que podemos obtener con ellas en condiciones favorables son de 150 l/min., del todo insuficientes para hacer frente a un posible Flashover.

Siempre el inicio de la instalación se hará evitando las pérdidas de carga innecesarias. En el tramo final se montará una bifurcación (como punto de reunión) y se bifurcará la instalación hasta conseguir dos líneas de la sección deseada. Una será de ataque, y la otra de protección o SOS. La de ataque la portará el binomio de ataque y será con la que realicen el rastreo y la extinción. La de protección quedará presurizada y preparada para su uso por el equipo SOS con el objetivo de proteger a los bomberos, o para sustitución de la de ataque en caso de fallo.

Debido a la constante presurización de las instalaciones durante la intervención, y a que seguramente habrá periodos en los que no se lance agua al incendio, se producirá un calentamiento de la bomba y del agua de extinción. El conductor que maneja la bomba abrirá un poco la llave del retorno para que produzca un recirculación de agua fresca en el interior de la bomba y esta se refrigere. También vigilará el nivel de

remanente de agua, avisando a su mando directo, y en su caso se procurará el abastecimiento del vehículo.

5.2 PROCEDIMIENTOS DE ACTUACIÓN

Visto todo lo anterior, creemos que es necesario establecer en cada servicio de bomberos según la disposición de materiales y personal que cada uno tenga, unos procedimientos de actuación de determinación de medios hidráulicos que establezcan según el caudal de ataque que se estime necesario para cada tipo de incendio, cual debe ser la instalación que se debe montar y podamos conseguir con ella ese caudal táctico establecido de antemano.

Esto se puede conseguir desarrollando un estudio de medios disponibles, llegar a un acuerdo de caudal tácticos necesarios para cada tipo de incendio y que cada servicio debe considerar, e instalaciones que sean factibles de desarrollar para obtener aquellos márgenes de seguridad que nos hemos propuesto como servicio. Después se realizaran unas tarjetas de trabajo para los integrantes del servicio en el que se muestran de forma sencilla e identificable la instalación que hay que montar y la presión en bomba que se requiere para cada caso.

Por ejemplo se pueden establecer un procedimiento base que indique como implementar una instalación hidráulica para el incendio de vivienda según el piso siniestrado y el caudal táctico elegido y establecido en **150 o 300 lpm** según el incendio al que nos enfrentemos.

Inicialmente se establecen el tipo de instalación que se debe montar que será o en vertical por **escalera abierta** o sobre los tramos con **escalera cerrada**. (como en el ejemplo). Esta información la dará el cabo o bombero que primero acceda al hueco de escalera del inmueble.

Posteriormente se ha calculado una aproximación de mangueras necesarias en cada caso para llegar al incendio, estableciendo que se necesitaran unos 15 m para llegar al portal y otros 15 m para el acceso a la vivienda. En total 30 metros más de los necesarios para la instalación por el interior del edificio.

En el primer ejemplo se realizan los cálculos con línea de **25 mm (identificado en amarillo)** y posteriormente se realizan con línea de **45 mm (identificado en rojo)**.

PB: ESCALERA ABIERTA
SECCION 25 MM

1 m
Por el hueco de escalera

ESCALERA ABIERTA			
Mangas (20m)	Piso/Caudal	150 Lpm (4,5 MW)	300 Lpm (9 MW)
2	1°-3°	14 Bar	50 Bar
3	4°-6°	18 Bar	62 Bar
3	7°-9°	19 Bar	63 Bar
4	10°-12°	24 Bar	75 Bar
5	13°-15°	25 Bar	91 Bar

PB: ESCALERA ABIERTA
SECCIONES 25/45 mm

1 m
Por el hueco de escalera

ESCALERA ABIERTA			
Mangas (20m)	Piso/Caudal	150 Lpm (4,5 MW)	300 Lpm (9 MW)
2	1°-3°	14 Bar	10 Bar
3	4°-6°	18 Bar	11 Bar
3	7°-9°	19 Bar	12 Bar
4	10°-12°	24 Bar	14 Bar
5	13°-15°	25 Bar	15 Bar

PB: ESCALERA CERRADA
SECCION 25/45 MM

1 m
Por tramo de escalera

ESCALERA CERRADA			
Mangas (20m)	Piso/Caudal	150 Lpm (4,5 MW)	300 Lpm (9 MW)
3	1°-3°	16 Bar	10 Bar
4	4°-6°	20 Bar	12 Bar
5	7°-9°	24 Bar	13 Bar
6	10°-12°	27 Bar	15 Bar
7	13°-15°	31 Bar	16 Bar

Una vez observados los datos y comprobadas las presiones que somos capaces de obtener y cuáles no con cada una de las instalaciones y nuestras bombas de los vehículos, establecemos un procedimiento de intervención identificando en color amarillo cuando la instalación es en alta presión y diámetro 25 mm y en color rojo cuando es en baja presión y 45 mm, según el caudal táctico establecido y la posibilidad de obtenerlo.

Esto debe acometerse junto con una mentalización de la necesidad de trabajar con seguridad y efectividad, por encima de realizar un trabajo cómodo, que es lo que en muchas ocasiones prima sobre el resto de las cuestiones.

Se deberán realizar todo tipo de prácticas de montaje de instalaciones, cálculos de caudales y presiones de trabajo para distintos supuestos y realizar pruebas que nos muestren de forma positiva que los cálculos realizados son correctos y efectivos.



CAPITULO 6

6 INSTALACIONES DE ESPUMA

6.1 INSTALACIONES DE EXTINCIÓN CON ESPUMA

Además del agua como agente extintor, los servicios de extinción de incendios utilizamos la generación de espumas de distinta expansión para realizar dicha extinción en el caso de líquidos e incluso sólidos involucrados en un incendio.

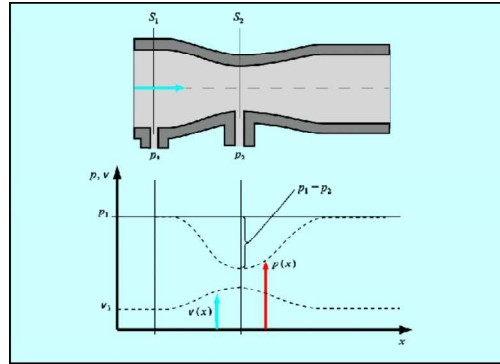
En este apartado no pretendemos exponer como se obtiene la espuma a partir de un espumógeno, agua y aire, ni establecer cuáles son los índices de expansión de las espumas según las distintas normativas existentes. En este apartado pretendemos analizar las instalaciones hidráulicas de producción de las espumas, los rendimientos y el poder de extinción de las mismas, y establecer herramientas que nos sirvan para implementar el desarrollo de este tipo de instalaciones.

Para intentar conseguir este objetivo lo primero que debemos conocer es cómo funcionan las herramientas que nos permiten formar la espuma.

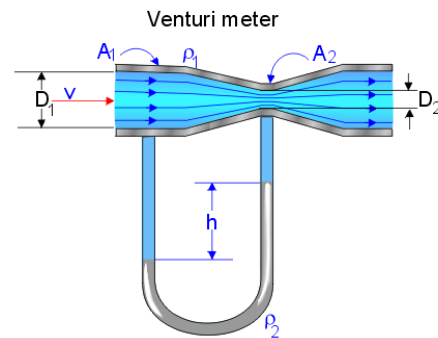
6.2 PROPORCIONADORES O DOSIFICADORES DE ESPUMA

Actualmente la aportación del espumógeno en la instalación se puede realizar directamente en la bomba mediante los proporcionadores electrónicos que se montan en algunas bombas, y como tradicionalmente se han venido realizando, por medio de los proporcionadores portátiles que se intercalan en medio de la instalación y que por efecto venturi introducen el porcentaje de espumógeno establecido a la línea de agua.

El **método venturi** es el método más usado por la simpleza del funcionamiento. La reducción del área de S_1 (A_1) a S_2 (A_2), produce un incremento en la velocidad en el punto 2, y por consiguiente un disminución en la presión, este efecto hace que el espumógeno sea succionado por la corriente de agua, e introducida en ésta. El proporcionador extrae el espumógeno de un recipiente o deposito por efecto venturi, utilizando la presión de trabajo de la corriente de agua que pasa por la manguera en el que está instalado, volviendo a inyectar el concentrado espumante en la línea de agua.



Los proporcionadores o dosificadores son los elementos de una instalación mediante la cual se consigue la mezcla de agua y espumógeno mediante este efecto venturi.



La variación de la proporción del espumógeno se consigue actuando sobre el volante adosado lateralmente al proporcionador entre el 1% y 6% en los tipo Z y en modelos como los Kugell Bypp que nos aportan una proporción fija, su modificación se realiza cambiando la cánula de dosificación del 3% al 6%.

El principio de funcionamiento de los proporcionadores es que el caudal de agua que penetra por boca de entrada se ramifica en dos circuitos: uno, a través de la boquilla que se comunica con la cámara de mezcla y otro, por el conducto que se comunica directamente con la salida a través de la válvula de compensación.

La reducción de sección de la boquilla trae como consecuencia que la velocidad de circulación del agua por la cámara de mezcla sea elevada provocando una depresión (vacío) en la misma –efecto Venturi- trasladándose dicha depresión hacia la línea de succión.

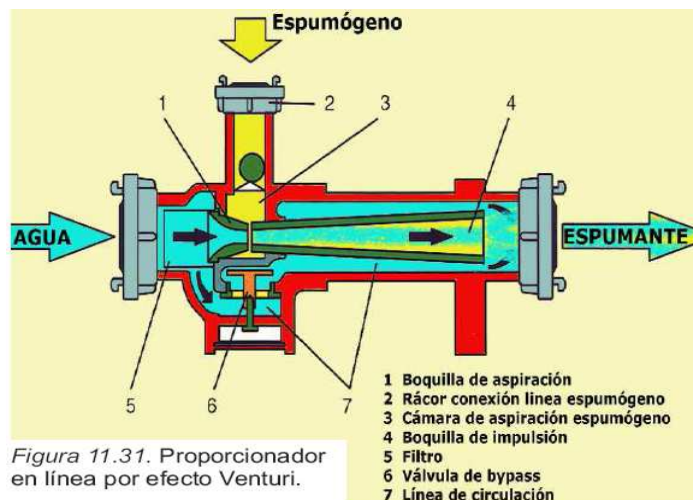


Figura 11.31. Proporcionador en línea por efecto Venturi.

Si dicha línea de succión está comunicada con una garrafa de espumógeno a través de una manguera, se producirá la circulación del líquido emulsor hacia la cámara de mezclas.

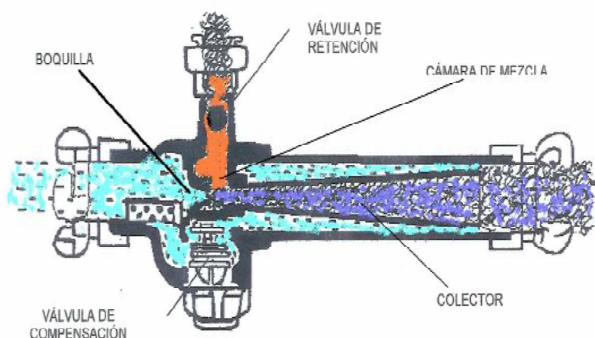
La válvula de compensación juega un papel fundamental en la obtención de espumas de baja y media expansión ya que permite indirectamente que por la boquilla del hidromezclador circule aproximadamente el mismo caudal de agua en ambos casos; no alterando de esta, forma los porcentajes de mezcla. El comportamiento de la válvula de compensación es como sigue:

La presión de trabajo en una lanza de media expansión es de aproximadamente 3 kg/cm² siendo las de baja expansión de aproximadamente 6 kg/cm², despreciando la pérdida de carga de la manguera conectada en la salida del hidromezclador, resulta que la presión en el punto A sería de 3 kg/cm² y 6 kg/cm² en una instalación de media y baja expansión respectivamente.



Esta diferencia de presión, salvando las pérdidas de carga propias del proporcionador se mantienen en el punto B, por lo cual la presión en la entrada del proporcionador es distinta cuando se trabaja con una instalación de baja o de media expansión, siendo aproximadamente el doble en el caso de baja expansión.

De no existir la válvula de compensación, se alterarían de forma excesiva los porcentajes de mezcla en función del tipo de instalaciones de espuma que se llevará a término dado que si en B hay diferentes presiones, los caudales por la sección de la boquilla serán distintos y en consecuencia la velocidad de circulación y la depresión creada en la cámara de mezclas.



La válvula de compensación se comporta de forma que al incrementarse la presión en el punto B se produce una mayor apertura de la misma y en consecuencia mayor sección del conducto en que se halla instalada, incrementándose el caudal de agua

que pasa por el mismo dirigiéndose directamente a la salida del proporcionador. Con ello se consigue que el caudal que circula por la boquilla sea constante, con independencia de la presión de entrada, y en consecuencia los porcentajes de mezcla se mantengan para instalaciones de baja y media expansión.

6.2.1 Características técnicas de los proporcionadores

Veamos algunos datos técnicos de los proporcionadores más utilizados en nuestros servicios. El modelo que del que más disponen los servicios de bomberos es el proporcionador Tipo Z.



Modelo Tipo Z-2 y Z-4.

Modelo	Presión de entrada	Caudal	Perdida de carga
	Bar	Lpm	
Z-2	5-12	200	38%
Z-4	5-12	400	38%



Modelo Kugel-Bypp

Modelo	Presión de entrada	Caudal	Perdida de carga	
	Bar	Lpm	Espuma	By-pass
BYPP-200	7	176	33%	14%
	10	214	33%	14%
BYPP-400	7	360	30%	16%
	10	429	30%	16%

Los proporcionadores KUGEL-BYPP les tenemos de 200 y 400 lpm, así como del 3 y 6% . Disponen de un by-pass en el mando el cual nos combina el poder lanzar agua o espuma a nuestra elección.

Como podemos observar los proporcionadores generan una **pérdida de presión entorno al 30-40%** respecto de la presión de entrada en el mismo, lo que supone que es necesario aumentar la presión de la bomba del vehículo en las instalaciones en las que el proporcionador se monte en medio de la instalación.

El proporcionador succionara espumógeno siempre y cuando la presión de salida, sea inferior al 65 o 70 % de la de entrada (dependiendo diseño). Es importante tener en cuenta este dato a la hora de realizar los cálculos de las presiones en bomba necesarias para nuestras instalaciones de espuma.

Como referencia podremos decir que la pérdida media de los proporcionadores en las instalaciones de espuma de media y baja expansión oscila entre:

Expansión	Perdida de carga
MEDIA	2,5 bar
BAJA	4 bar

Luego veremos algunos ejemplos de este tipo de instalaciones.

6.3 LAS LANZAS DE ESPUMA

Existe una gran diversidad de modelos de lanzas de espuma, cuya función es aportar la cantidad de aire adecuada a la mezcla de agua y espumógeno y lanzarla al exterior emulsionándola en forma de espuma compacta.

Para que la lanza independientemente de su forma y modelo , proporcione una espuma adecuada deberá ser del mismo caudal nominal que el proporcionador al que está conectada por la línea de agua y además deberá estar trabajando a la presión adecuada de diseño del fabricante. Por ello es muy importante conocer cuáles son estas presiones de trabajo de las lanzas de espuma y tener en cuenta que las presiones de las lanzas de espuma de baja y media expansión son muy diferentes.

Las lanzas de espuma que aquí mencionaremos son las de baja y media expansión, dejando aparte los generadores de alta expansión como el Agnus Formex que trabaja a presiones de 10 bares y que incorpora su propio hidromezclador en su interior.

Las lanzas de espuma de los servicios de bomberos las agrupamos por su nivel de expansión y por su caudal nominal y de esta forma tenemos lanzas de espuma de baja y media expansión y de caudales de 200, 400 y hasta 800 lpm.

Lanzas de baja expansión

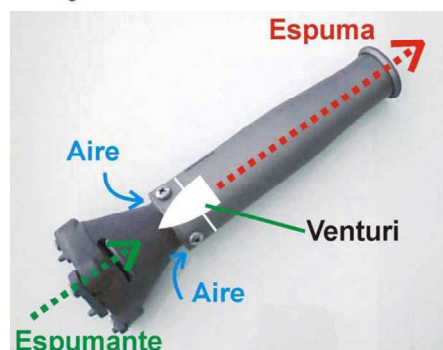
	F-225 (200 LPM)	F-450 (400 LPM)
Tiempo de actuación	1	1
Espuma producida (m3)	1,2 a 3	2,4 a 6
Consumo de agua (lts)	194	388
Concentrado (lts)	6	12
Expansion	(- 20)	(- 20)
Rendimiento (m3/min)	1,2 a 3	2,4 a 6
Alcance (mts)	10 a 20	15 a 25
Presión de trabajo	5-7 Bar	5-7 Bar



Las espumas AFFF de baja expansión, (también las de media con el adaptador) pueden ser lanzadas con este tipo de lanzas de baja expansión y también pueden utilizarse lanzas de agua convencionales con regular de caudal para adaptar el caudal de salida de la lanza al caudal nominal del proporcionador.



Además para aumentar la eficacia de la espuma lanzada con estas lanzas de agua existen en el mercado adaptadores de muy sencilla colocación para permitir una mejor introducción del aire en la mezcla espumante, haciendo así una espuma de baja expansión de mejor calidad y resistencia.



La adquisición por parte de los servicio de estos adaptadores permite que en incendios de garajes, derrames, incendios industriales, donde se requiera de la protección del agua en caso de necesidad y de la extinción con espumas de baja expansión o espumógeno clase A, con una misma línea de ataque se puede adaptar desde la punta de lanza simplemente colocando el adaptador si la instalación esta preparada para lanzar espuma.



Lanzas de media expansión

6.3.1 Modelo	M-2	M-4	M-8
Presion de trabajo	3-5 bar	3-5 bar	3 bar
Tiempo intervencion	4	2	1
Espuma producida (M ³)	52	52	52
Consumo de agua (litros)	776	776	776
Concentrado (litros)	24	24	24
Expansion	1:65	1:65	1:40
Rendimiento (M ³ /Minuto)	13	26	32
Alcance	3 a 8 metros	5 a 10 metros	8 a 12 metros

Si se utiliza un proporcionador intercalado en la línea, será necesario que su **caudal nominal coincida con el de la lanza** que se utilice, de no ser así no se conseguirá la espuma adecuada.

Dado que la experiencia nos ha hecho comprobar que algunas veces hay confusión en la elección de estos proporcionadores y sus lanzas adecuadas, para que no existan confusiones en el momento de utilizar los equipos formadores de espuma, estos deberán ir identificados por colores. Un código de colores aceptado es el que se muestra a continuación.

La **identificación de los elementos de una instalación de espuma** será:

-De color totalmente **AMARILLO O FRANJA AMARILLA** corresponde a elementos de caudal nominal 200 l/min.

-De color totalmente **ROJO O FRANJA ROJA** corresponde a elementos de caudal nominal 400 l/min.

- De color totalmente **AZUL O FRANJA AZUL** corresponde a elementos de caudal nominal 800 l/min.

Código de identificación de lanzas de espuma:

200 LPM	400 LPM	800 LPM
AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO
AMARILLO	ROJO	AZUL
AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO



Código de identificación de proporcionadores de espuma

Z-2	Z-4	Z-8



Una vez vistos los medios con los que vamos a generar las espumas y sus características de trabajo , intentaremos poner unos ejemplos prácticos para afianzar mejor los conocimientos del funcionamiento correcto de estas instalaciones y así evitar , como sucede en algunas intervenciones que no salga espuma por la lanza o que la espuma no tenga las propiedades adecuadas.

Antes debemos recordad cuales eran las pérdidas de carga en mangueras de 20 metros para los caudales nominales con los que estamos trabajando.

MANGA 20 M	CAUDAL		
DIAMETRO	200 lpm	400 lpm	800 lpm
25 mm	4,8 bar		
45 mm	0,25 bar	1 bar	
70 mm	0,02 bar	0,1 bar	0,5 bar

6.4 INSTALACIONES BÁSICAS DE ESPUMAS. CALCULO DE PRESIONES.

La generación de espuma de baja, media y alta expansión se puede conseguir mediante dos tipos de instalaciones; siendo su diferencia básica el hecho de que dicha instalación incorpore o no proporcionador portátil en la misma o el proporcionador este instalado en el vehículo.

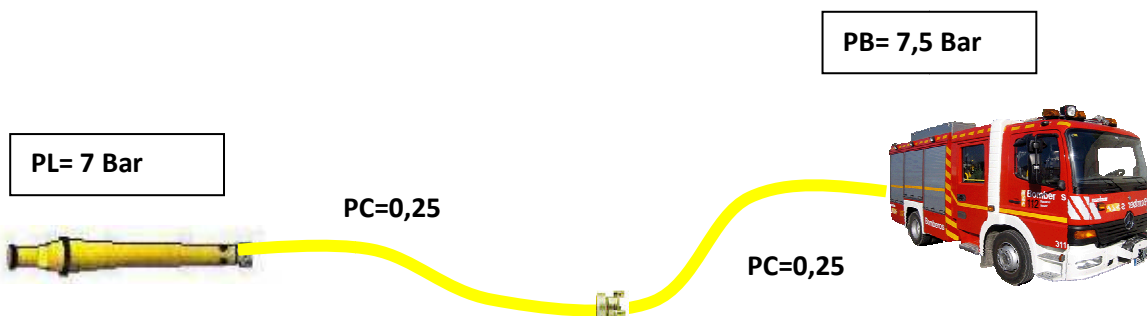
Asimismo las presiones de trabajo en los vehículos para baja, media y alta expansión vienen influenciadas por el hecho de la incorporación o no de proporcionador en la instalación como mencionamos antes que deberíamos tener en cuenta.

Como ya se ha dicho en el apartado del proporcionador, la utilización del mismo puede llegar a representar una pérdida de carga del 35% de la presión de entrada al mismo.

Las instalaciones básicas que podemos realizar son:

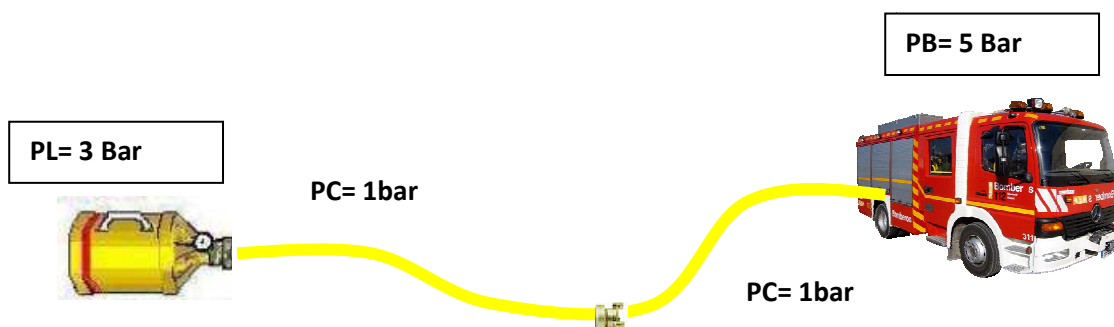
- Instalación con alimentación de espumógeno directa a través de vehículo. En este caso deberemos calcular las pérdidas de carga por tramo de manguera y la presión de trabajo de la lanza como realizábamos en el caso de las instalaciones de agua.

Ejemplo: Instalación directa de baja expansión, 200 lpm y ataque al fuego con proporcionador incorporado en el vehículo. Se instalan 2 mangueras de 45 mm de 20 metros de longitud cada una.



$$PB = PL + HG + PC = 7 + 0 + (0,25 \times 2) = 7,5 \text{ Bar}$$

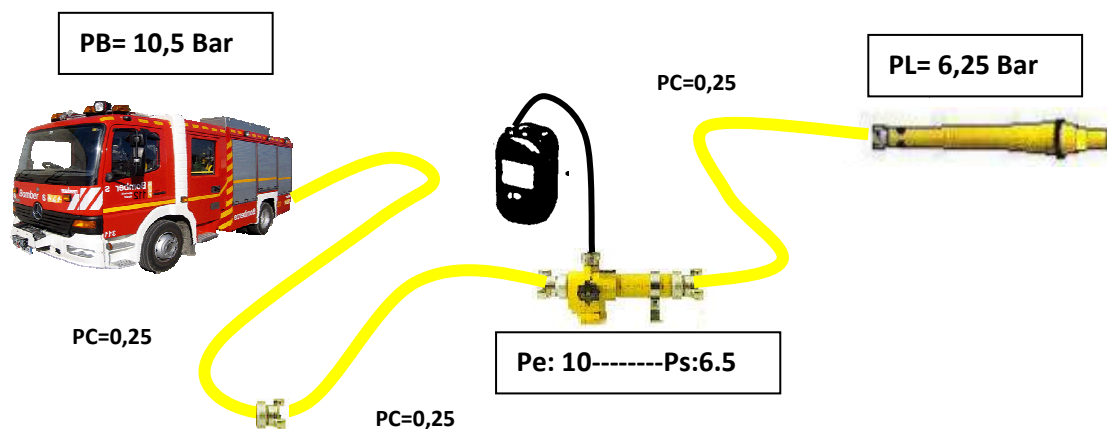
Ejemplo: Instalación directa de media expansión, 400 lpm y ataque al fuego con proporcionador incorporado en el vehículo. Se instalan 2 mangueras de 45 mm de 20 metros de longitud cada una.



$$PB = PL + HG + PC = 4 + 0 + (1 \times 2) = 6 \text{ Bar}$$

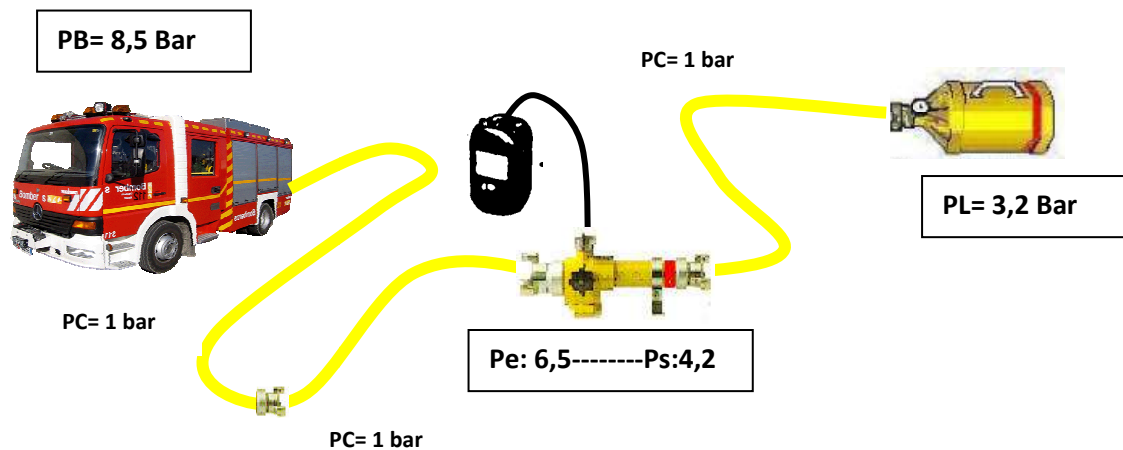
- Instalación con alimentación de espumógeno a través de proporcionador intercalado entre los tramos de manguera. En este caso causara una pérdida de carga del 35% como hemos mencionado.

Ejemplo: Instalación de espuma de baja expansión de 200 lpm. Se montan 2 mangas de 45 mm antes del proporcionador y una posterior de 20 metros cada una. Se considera una pérdida de carga en el proporcionador del 35%.



$$PB= PL+HG+PC= 6,25+0+(0,25 \times 3 + 35\% Pe)= 10,5 \text{ Bar}$$

Ejemplo: Instalación de espuma de media expansión de 400 lpm. Se montan 2 mangas de 45 mm antes del proporcionador y una posterior de 20 metros cada una. Se considera una pérdida en el proporcionador del 35%



$$PB= PL+HG+PC= 3,2+0+(1 \times 3 + 35\% Pe)= 8,5 \text{ Bar}$$

Como podemos observar el desarrollo de estas instalaciones hay que realizarlas teniendo muy en cuenta cuales son las presiones de trabajo, tanto de los proporcionadores como de las lanzas de espuma, para que el sistema funcione y la espuma obtenida sea de la calidad necesaria para la extinción.

Por lo tanto vamos a realizar unas tablas que nos faciliten el cálculo de la presión en bomba necesaria en cada caso, para esta obtención de una espuma adecuada y que cada material trabaje en las condiciones que nos indica el fabricante.

Para ello utilizaremos la siguiente formula.

$$PB = PL + PC + HG$$

En las **instalaciones de baja presión de 200 lpm** quedara:

$$(PB - (0,25 * A)) * 0,65 - 0,25 = 6 \text{ bar}$$

Vamos a denominar "A" al número de mangas de 20 metros que se instalan antes del proporcionador, y establecemos 6 bar como la presión de trabajo optima de las lanzas de baja presión. De esta forma la formula quedaría para instalación de 45 mm..

$$PB = \frac{6,25 + 0,162A}{0,65} = 9,6 + 0,25 A$$

La presión en bomba será 9,6 bar más 0,25 por el número de mangas antes del proporcionador.

Calculo de presiones para Baja expansión y caudal de 200 lpm

PB	PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PC ₄₅ * A 200 lpm	Presion Entrada Z-2	Presion Salida Z-2	PL Baja Expansion L-2	B- mangas después de Z-2
10-11 bar	9,85	1	0,25	9,6	6,25	6	1
	10,1	2	0,50	9,6	6,25	6	1
	10,35	3	0,75	9,6	6,25	6	1
	10,60	4	1	9,6	6,25	6	1
	10,60	5	1,25	9,6	6,25	6	1
	10,85	6	1,50	9,6	6,25	6	1
11-12 bar	11,10	7	1,75	9,6	6,25	6	1
	11,35	8	2	9,6	6,25	6	1

Comprobamos que cada 6 mangas es necesario subir 1 bar la presión en bomba desde los 9,6 bares de partida por tanto podemos reducir la tabla a:

PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PL baja Expansion	B- mangas después de Z-2
10-11 bar	1 a 6	6	1
11-12 bar	7 a 12	6	1
12-13 bar	13 a 19	6	1

Para las instalaciones de **Baja Expansión de 400 lpm** tendríamos la siguiente tabla teniendo en cuenta que la pérdida de presión por cada manga de 20 metros es de 1 bar:

$$(PB - (1 * A)) * 0,65 - 1 = 6 \text{ bar}$$

$$PB = \frac{7 + 0,65A}{0,65} = 10,8 + A$$

La presión en bomba será 10,8 bar más 1 bar por cada manga antes del proporcionador.

PB	PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PC ₄₅ * A 400 lpm	Presión Entrada Z-2	Presión Salida Z-2	PL Baja Expansión L-2	B- mangas después de Z-2
12-13 bar	11,8	1	1	10,8	7	6	1
	12,8	2	2	10,8	7	6	1
14-15 bar	13,8	3	3	10,8	7	6	1
	14,8	4	4	10,8	7	6	1

Observamos que por cada manga es necesario subir 1 bar la presión en bomba desde los 10,8 bares de partida por tanto ya poco podemos reducir la tabla

Tabla resumen de BAJA EXPANSIÓN y caudales de 200 y 400 lpm:

PB	A-Nº mangas antes de Z-2 200 lpm	A-Nº mangas antes de Z-2 400 lpm	PL Baja Expansión L-2	B- mangas después de Z-2
10-11 bar	1 a 6		6	1
11-12 bar	7 a 12		6	1
12-13 bar	13 a 19	1 a 2	6	1
14-15 bar		3 a 4	6	1



En las **instalaciones de media presión de 200 lpm** quedara:

$$(PB - (0,25 * A)) * 0,65 - 0,25 = 3,5bar$$

Vamos a denominar "A" al número de mangas de 20 metros que se instalan antes del proporcionador, y establecemos 3,5 bar como la presión de trabajo optima de las lanzas de media presión. De esta forma la formula quedaría para instalación de 45 mm..

$$PB = \frac{3,75 + 0,162A}{0,65} = 5,8 + 0,25 A$$

La presión en bomba será 5,8 bar más 0,25 por el número de mangas antes del proporcionador.

Calculo de presiones para Media expansión y caudal de 200 lpm

PB	PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PC ₄₅ * A 200 lpm	Presion Entrada Z-2	Presion Salida Z-2	PL Medida Expansion M-2	B- mangas después de Z-2
6-7 bar	6	1	0,25	5,75	3,74	3,5	1
	6,3	2	0,50	5,8	3,77	3,5	1
	6,55	3	0,75	5,8	3,77	3,5	1
	6,8	4	1	5,8	3,77	3,5	1
7-8 bar	7,05	5	1,25	5,8	3,77	3,5	1
	7,3	6	1,50	5,8	3,77	3,5	1
	7,55	7	1,75	5,8	3,77	3,5	1
	7,80	8	2	5,8	3,77	3,5	1

Como podemos comprobar cada 4 mangas es necesario subir 1 bar la presión en bomba desde los 6 bares de partida por tanto podemos reducir la tabla a:

PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PL Media Expansion	B- mangas después de Z-2
6-7 bar	1 a 4	3,5	1
7-8 bar	5 a 8	3,5	1
8-9 bar	9 a 12	3,5	1
9-10 bar	13 a 16	3,5	1
10-11 bar	17 a 20	3,5	1

Para las **instalaciones de media expansión de 400 lpm** tendríamos la siguiente tabla teniendo en cuenta que la perdida de presión por cada manga de 20 metros es de 1 bar:

$$(PB - (1 * A)) * 0,65 - 1 = 3,5bar$$

$$PB = \frac{4,5 + 0,65A}{0,65} = 6,9 + A$$

La presión en bomba será 6,9 bar más 1 bar por cada manga antes del proporcionador.

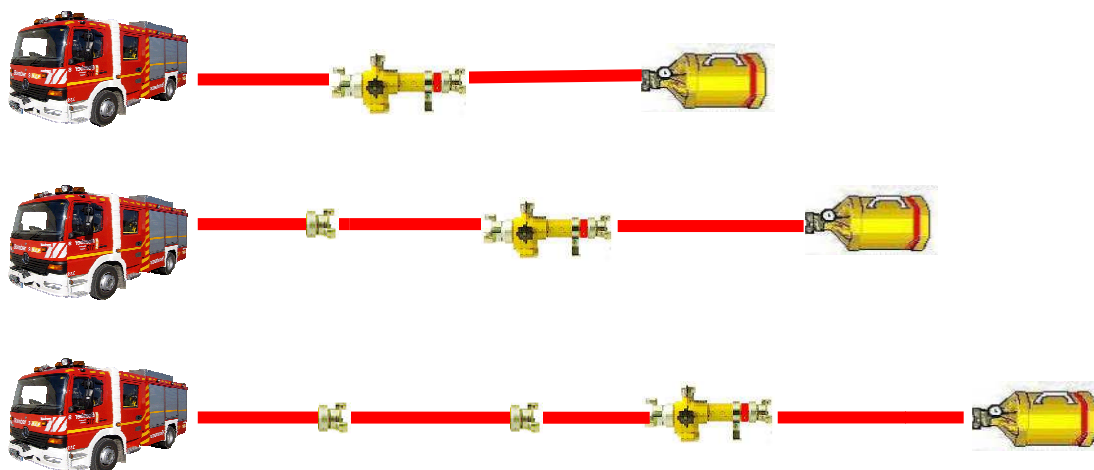
PB	PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PC ₄₅ * A 400 lpm	Presión Entrada Z-2	Presión Salida Z-2	PL Media Expansión M-2	B- mangas después de Z-2
8-9 bar	7,9	1	1	6,9	4,5	3,5	1
	8,9	2	2	5,8	4,5	3,5	1
10-11 bar	9,9	3	3	5,8	4,5	3,5	1
	10,9	4	4	5,8	4,5	3,5	1
12-13 bar	11,9	5	5	5,8	4,5	3,5	1
	12,9	6	6	5,8	4,5	3,5	1
14-15 bar	13,9	7	7	5,8	4,5	3,5	1
	14,9	8	8	5,8	4,5	3,5	1

Por cada manga es necesario subir 1 bar la presión en bomba desde los 6,9 bares de partida por tanto podemos reducir la tabla a:

PB	A-Nº mangas antes de Z-2	PL Media Expansión	B- mangas después de Z-2
8-9 bar	1 a 2	3,5	1
9-10 bar	3 a 4	3,5	1
10-11 bar	5 a 6	3,5	1
12-13 bar	7 a 8	3,5	1
14-15 bar	9 a 10	3,5	1

Tabla resumen de MEDIA EXPANSIÓN y caudales de 200 y 400 lpm:

PB	A-Nº mangas antes de Z-2 200 lpm	A-Nº mangas antes de Z-2 400 lpm	PL Media Expansión M-2	B- mangas después de Z-2
6-7 bar	1 a 4		3,5	1
7-8 bar	5 a 8		3,5	1
8-9 bar	9 a 12	1 a 2	3,5	1
9-10 bar	13 a 16	3 a 4	3,5	1
10-11 bar	17 a 20	5 a 6	3,5	1
12-13 bar		7 a 8	3,5	1
14-15 bar		9 a 10	3,5	1



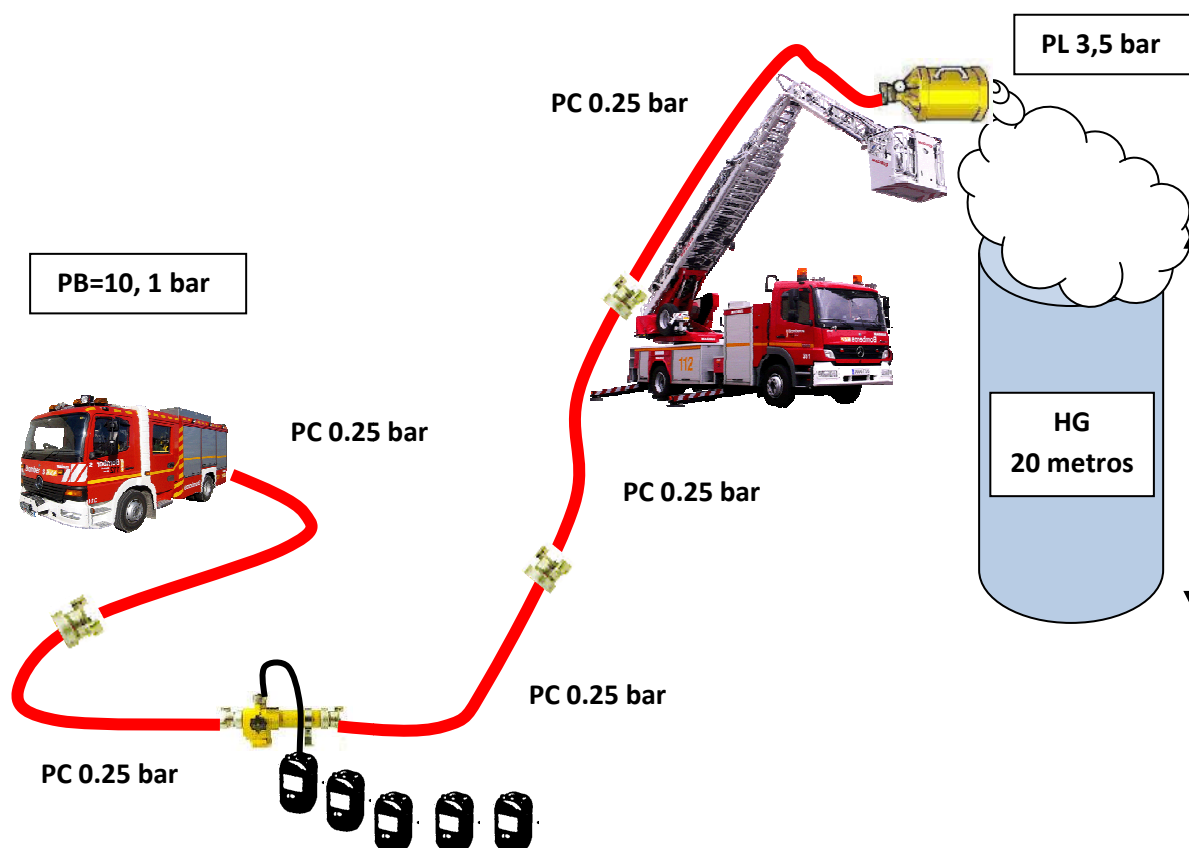
Pero hay que tener en cuenta que como los proporcionadores pueden trabajar desde presiones de 5 bar a 12 bar según modelo y estos mismos sirven tanto para instalaciones de baja como para media expansión, cabe la posibilidad de otros desarrollos de instalaciones en media expansión, como es que si aumentamos la presión en bomba el exceso de presión a la salida del proporcionador podrá ser utilizado en pérdida de carga de las mangueras después el proporcionador o incluso en HG subir una altura geométrica determinada con la lanza de media expansión.

Pongamos un ejemplo de estos casos. Imaginemos que tenemos que cubrir con espuma de media expansión, un depósito elevado a 20 metros de altura y lo vamos a realizar desde la AEA pero deseamos que las garrafas se vayan sustituyendo junto a la BUP.

Veamos cómo.

PB	A-Nº mangas antes de Z-2	$PC_{45} * A$ 200 lpm	Presión Entrada Z-2	Presión Salida Z-2	B- mangas después de Z-2	$PC_{45} * B$ 200 lpm	Perdida altura HG	PL Media Expansión M-2
10.1 bar	2	0.5	9,6	6,25	3	0.75	2	3,5

Montando una instalación de espuma de media expansión con 2 mangueras de 45 mm, antes de proporcionador que se sitúa en la parte baja donde se realiza el acopio de garrafas necesarias para la extinción. Posteriormente se utilizan 3 mangueras de 45 mm, siendo elevada la instalación a una altura geométrica de 20 metros, que genera una pérdida de carga de 2 bar. A la lanza le llega una presión de 3,5 bares que es una presión de trabajo óptima para este tipo de lanzas.



¿Podríamos entonces llevar espuma a distancia teniendo las garrafas cerca de la BUP para ir sustituyendo las que se terminen? ¿Hay que poner solamente una manga después del proporcionador? Hagamos las pruebas empíricas que necesitamos para confirmar que nuestros cálculos son correctos.

6.5 CALCULO DEL CONSUMO DE ESPUMÓGENO

Como es bien sabido los espumógenos se diseñan para ser mezclados con el agua en los porcentajes especificados por el fabricante. Así los espumógenos del 6 % se mezclan con el agua en una proporción de 94 litros de agua por cada 6 litros de espumógeno y del mismo modo un espumógeno del 3 % se mezclara en una proporción de 97 litros de agua por cada 3 de espumógeno.

Una vez realizada la espuma no se apreciara la diferencia entre uno y otro, simplemente el espumógeno del 3 % es mas concentrado que el del 6 %. Esto es algo a tener muy en cuenta a la hora de la adquisición de espumógenos por parte de los servicios de bomberos.

Los espumógeno suministrados normalmente en garrafas de 20-25 litros de espumógeno se disponen en los vehículos de lucha contra incendios, ocupando un espacio casi siempre escaso en



dichos vehículos. Por ello la tendencia de la industria es reducir los porcentajes de los espumógeno tan bajos como sea posible, para si reducir la cantidad de espacio dedicado al almacenaje del producto concentrado o también con el mismo espacio aumentar la capacidad de producción de espuma con la misma cantidad de litros de espumógeno transportados en los vehículos.

En los servicios de bomberos actualmente se disponen de espumógeno concentrados que trabajan en una proporción del 3 % de forma habitual existiendo también espumógeno clase A al 0,1 %. Pero también nos encontramos con que aun existen en vehículos garrafas de espumógeno del 6 %, como es el caso de los espumógeno para líquidos polares al 6 % y de hidrocarburos al 3%.

La tendencia es que los servicios de bomberos dispongan de **espumógeno polivalentes tanto para hidrocarburos como para líquidos polares y de dosificación al 3 %** como así nos encontramos en las nuevas formulaciones de espumógeno AFFF-AR.

En este apartado no vamos a hacer mención de la clasificación de las espumas, características, usos y demás contenidos que como bomberos conocemos. Haremos hincapié en el cálculo del consumo de espumógeno según la tasa de aplicación para cada incendio, así como de la necesidad de hacer unos cálculos de cual es la operatividad de nuestro servicio, vehículos y de esta forma facilitar la toma de decisiones a la hora de realizar la extinción de un incendio mediante este agente extintor.

6.6 TASAS Y TIEMPO DE APLICACIÓN DE ESPUMAS

En la aplicación de las espuma para la lucha contra los incendios se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales a la hora de inicial un ataque con espuma. La primera es saber cuál es la tasa de aplicación de espuma para el tipo de combustible al que nos enfrentamos y segundo cuanto es el tiempo recomendable que debemos estar aplicando esa tasa de espuma para lograr la extinción del incendio.

Las tasas de aplicación de aplicación de las espumas pueden variar desde los 4 a los 10 litros por minuto y por metro cuadrado de la superficie a cubrir.

La cantidad exacta dependerá del producto involucrado, del tipo y calidad del espumógeno y espuma generada así como del método de aplicación.

La norma NFPA-11 editada por la National Fire Proteccion Association establece las tasas mínimas de aplicación de espumante y el tiempo recomendado de aplicación de la espuma.

Si no disponemos del espumógeno suficiente para realizar la extinción, la mejor decisión puede ser esperar a que llegue el espumógeno necesario para comenzar la aplicación de la espuma según la tasa de aplicación recomendada para el tipo de incendio. Si la espuma no es la suficiente para provocar la extinción, esta será consumida por el incendio mientras llega mas espumógeno, debiendo empezar de nuevo la aplicación de la espuma como si no se hubiera iniciado esta.

La NFPA establece varias tasas de aplicación según el riesgo a proteger como pueden ser tanques de techo fijo o techo flotante, cubetos o áreas represadas. Nosotros tendremos en cuenta la tasa de aplicación recomendada para áreas de derrame no represadas.

Las **áreas de derrame no represadas** son aquellas donde podría ocurrir un derrame de líquido inflamable o combustible, sin contención por zanjas, paredes de dique o paredes de cuarto o edificación. De esta forma la norma establece las siguientes tasas:

NFPA-11

Derrames	Tipo de espuma	Régimen mínimo de aplicación (l/min.m2)	Tiempo mínimo de descarga (min)	Derrame previsto de producto
Equipos Mviles	P, FP	6,5	15	hidrocarburos
	AFFF, FFFP resistentes al alcohol	4,1	15	hidrocarburos
	P, FP	Consultar fabricante		Líquidos polares

*P: proteínica, FP fluoroproteínica, AFFF formadora de película acuosa, FFFP proteínica formadora de película acuosa,

La norma europea **UN EN 1568** establece una clasificación de las espumas actuales de mejores calidades, de tal forma que varía la tasa de aplicación de las mismas. Establece los ensayos de clasificaciones las espumas para **media expansión EN-1568-1 (aplicación de 1,7 l/min.m2)** y espumas de **baja expansión en hidrocarburos EN-1568-3 (aplicación de 2,5 l/min.m2)** y en **líquidos polares EN-1568-4 (aplicación de 6,5 l/min.m2)**

UNE-EN 1568

	Tasas de aplicación	Dosificación
EN-1568-1 Hidrocarburos Media expansión	1,7 l/min	3%
EN-1568-3 Hidrocarburos Baja expansión	2,5 l/min (heptano)	3%
EN-1568-4 Liq. Polares Baja expansión	6,5 l/min (acetona)	3%

Imaginemos por tanto que debemos proceder a la extinción de un derrame de unos 70 m² de un hidrocarburo.

Si la tasa de aplicación recomendada para nuestro espumógeno AFFF es de 2,5 l/mi.m2 de agente espumante y la aplicación se debe prolongar durante unos 15 minutos , la cantidad de agente espumante que debemos crear será:

$$\text{Espumante: } 2,5 \times 70 = 175 \text{ l/min}$$

Por lo tanto montaremos una instalación de 200 l/min de espuma AFFF. Que tendrá un consumo de espumógeno de 6 l/min.

Si la aplicación debe perdurar durante 15 minutos, la cantidad de espumógeno necesario para dicho derrame de 70 m2 con tasa de aplicación de 2,5 l/min.m2 será de:

$$\text{Espumogeno } 3\% = 6 \times 15 = 90 \text{ litros}$$

Si consideramos que las garrafas de espumógeno son de 20 litros (Tipo polyfoam 3/3 AFFF-AR) con este espumógeno necesitaríamos disponer en el vehículo de al menos 5 garrafas de espumógeno AFFF, que no siempre se disponen en los vehículos de primera intervención. (En el caso de espumógeno al 6% se debería disponer de 10 garrafas, algo poco habitual en los vehículos de primera intervención).

Si por el contrario el producto involucrado es un líquido polar la tasa de aplicación será de 6,5 l/min por tanto ahora tendremos:

$$\text{Espumante} = 6,5 \times 70 = 455 \text{ l/min}$$

Como podemos apreciar ahora será necesario montar una línea de espuma de 400 l/min o dos de 200 l/min, para proceder a la extinción de este tipo de producto. Ahora la cantidad de espumógeno al 3% para una línea de 400 l/min será de 12 l/min de espumógeno. Por lo tanto en una aplicación de 15 minutos.

$$\text{Espumogeno} \cdot \% = 12 \times 15 = 180 \text{ litros}$$

Por ello es necesario establecer la operatividad de nuestros recursos en este tipo de incendio, disponiendo de las garrafas necesarias para un tipo de incendio dado, que el personal sepa identificar perfectamente y así poder solicitar más medios si son necesarios antes de iniciar la extinción.

Para conseguir este objetivo podemos disponer de unas tablas de necesidades de espumógeno según tipo de incendio y superficie afectada, teniendo en cuenta las características de nuestro agente espumógeno.

Por ejemplo si disponemos del espumógeno Polyfoam 3/3 polivalente al 3% tanto para líquidos polares como para hidrocarburos, con tasas de aplicación distintas, siendo de 2,5 l/min para hidrocarburos y de 6,5 l/min para líquidos polares en baja expansión. Podríamos disponer de unas tablas de este tipo:

BAJA EXPANSIÓN / CONSUMOS DE ESPUMÓGENO 15 MIN				
Superficie m ²	Hidrocarburos 2,5 l/min	Garrafas 20 L	Líquidos Polares 6,5 l/min	Garrafas 20 L
20	50 / 1,5	2-(22,5 L)	130 / 3,9	3-(58,5 L)
30	75 / 2,25	2-(33,75 L)	195 / 5,85	5-(87,75 L)
40	100 / 3	3-(45 L)	260 / 7,8	6-(117 L)
50	125 / 3,75	3-(56,25 L)	325 / 9,75	7-(146,25 L)
60	150 / 4,5	4-(67,5 L)	390 / 11,70	9-(175,5 L)
70	175 / 5.25	4-(78,75 L)	455 / 13.65	10-(204,75 L)
80	200/6	5-(90 L)	520 / 15,6	12-(234 L)

Como podemos observar en la tabla si en el vehículo se dispone de por ejemplo **5 garrafas de espumógeno AFFF polyfoam 3/3**, es decir de **100 litros de espumógeno** al 3%, la operatividad de nuestra dotación con respecto a este tipo de incendios de derrames sería de entre **80-90 m²** de superficie afectada por **hidrocarburos**, pero de solamente **30-40 m²** de superficie afectada por **líquidos polares**.

Además observamos que la extinción del hidrocarburo la podemos realizar con línea de 200 l/min (amarilla) y en cambio para líquidos polares los primeros 30 m² se podrán extinguir con línea de 200 l/min pero a partir de ahí deberemos disponer de una línea de 400 l/min (roja).

7 CONCLUSIONES

Después de haber intentado analizar las necesidades de agua, presión, caudal, de comprobar cuales son las pérdida de carga de cada una de nuestras instalaciones, de ver la operatividad de nuestros vehículos en la extinción con espumas, de comprobar cómo debemos desarrollar las instalaciones para conseguir disponer del agente extintor necesario para que nuestra intervención sea efectiva y segura, cabe hacer una reflexión final:

¿Debemos dejar todos estos cálculos a la improvisación o al momento de la intervención?

¿Seremos capaces de analizar nuestras necesidades operativas y desarrollar herramientas que faciliten nuestro trabajo?

Si nuestra respuesta es afirmativa es el momento de realizar un pequeño esfuerzo para consensuar dentro de nuestro servicio cuáles son nuestras necesidades dependiendo de nuestro entorno de intervención (EGA's), cual puede ser nuestra operatividad de cada una de las unidades de intervención (BUP o BUL) y desarrollar herramientas de trabajo que nos faciliten nuestra intervención haciéndola a la vez más segura y efectiva.

BIBLIOGRAFIA

- **Basset Blesa J.Miguel.** Flashover. Desarrollo y control.
- **Bermejo Martin, F.** Manual del bombero profesional 2011
- Brigade de Sapeurs-Pompier de Paris. BSP 200.1. 2009
- **Botta. Nestor Adolfo.** Los agentes extintores. La espuma. 2011
- **Campos Bonet, Guillermo.** Calculo de instalaciones hidráulicas para bomberos. www.cihbomberos.es
- **Crespo Urbano, Cristobal.** Bombas centrifugas. Curso de extinción en incendios industriales. ENPC-2009
- Hidraulica-Intervencion en EGA's. Curso de Jefes de Grupo 2009 del Cuerpo de bomberos del Ayuntamiento de Madrid
- **J.R.Carme Luesma.** Las espumas en la extinción de incendios. 2003.
- Norma NFPA 11. Norma para espumas de baja, media y alta expansión
- **P Grimwood** – Firefighting Flow-rates – Firetactics.com
- **P Grimwood** – Flashover & Nozzle Techniques 1999 –
- **Salazar, Juan.** Hidráulica aplicada a la intervención de los bomberos. Jornada nacional de ASELF 2011
- **Suay Belenguer J.M.** 2008. Conceptos básicos de hidráulica para bomberos..

Fuentes de internet

- www.es.wikipedia.org
- www.aptb.org
- www.tipsa.com
- www.zapater.org
-

Este manual que ahora ponemos a vuestra disposición, no podría haber sido posible sin la formación que hemos recibido de parte de los autores de los manuales y libros antes mencionados, así como de los documentos que han elaborado y divulgado. Agradecer a todos los formadores con los que he coincidido desde Basset, Suay, Crespo, El trabajo de Campos y tantos otros, que comparten la ilusión por la formación en un área tan importante para nosotros los bomberos, como es la extinción de incendios.



BOMBEROS



Junta de Castilla y León

Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Agencia de Protección Civil

FERNANDEZ LORENZO, JOSE LUIS

Jefe de Equipo-Cabo del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

BALBAS MADRAZO, JOSE FELIX

Jefe de Subgrupo-Sargento del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

BARRIOS LUENGOS, JESUS CARLOS

Jefe de Grupo-Suboficial del S.E.I.S. del Ayto. de Valladolid

