

APÉNDICE TÉCNICO

Cálculo de la altura manométrica

Para evitar la formación de torbellinos es necesaria una sumergencia mínima dada por la expresión

Tuberías: conceptos, equivalencias y pérdidas de carga equivalente

Las condiciones de bombeo según el diseño adjunto son las siguientes:

Los reductores excéntricos deben colocarse con su parte plana abajo

Se quieren elevar $150 \text{ m}^3/\text{h}$ desde un pozo hasta un depósito situado en una cota más elevada

Equivalencias entre unidades (factores de conversión)

Selección de cables de alimentación

Velocidades

Cálculo de la altura manométrica

Tanto en impulsiones cortas como largas, el golpe de ariete puede alcanzar un valor superior a la presión estática y por consecuencia se produce una depresión en la tubería, por debajo de la presión atmosférica, con posible rotura de la vena líquida.

Conviene añadir que las tuberías están generalmente bien preparadas para resistir depresiones próximas a 1 kg/cm^2 muy superiores a las que en la práctica puedan producirse.

Pérdidas de carga





Índice

Equivalencias entre unidades (factores de conversión)	5
Conceptos básicos	6
Potencias y rendimientos	7
Tuberías; conceptos, equivalencias y pérdidas de carga equivalente	8
Pérdidas de carga	9
Cálculo de la altura manométrica	10
ANPA (NPSH)	12
Diseño de la aspiración	14
Equipos de presión	16
Relaciones fundamentales de las bombas centrífugas	18
Cálculo del volumen útil de un pozo de bombeo	19
Orificios y lanzas de agua	20
Bombeo de líquidos viscosos	21
Golpe de ariete	24
Selección de cables de alimentación	26

Equivalencias entre unidades (factores de conversión)

MEDIDAS DE:	PARA CONVERTIR	EN	MULTIPLICAR POR
LONGITUD	Pulgadas	Milímetros	25,401
	Pies	metros	0,3048
SUPERFICIE	Pulgada ²	cm ²	6,4516
	Pie ²	m ²	0,0929
VOLUMEN	Pulgada ³	Litros	0,01638
	Pie ³	Litros	28,3205
	Galones USA	Litros	3,785
	Galones IMP.	Litros	4,5454
CAUDAL	g.p.m (USA)	m ³ /h	0,2271
	g.p.m (IMP.)	m ³ /h	0,2727
PRESIÓN	Libras/pulgada ²	Kg/cm ²	0,0703
	Bar	kg/cm ²	1,0197
	Atmósferas	Kg/cm ²	1,033
	Kilo Pascal	metros c.a	0,10197
	Kilo Pascal	Kg/cm ²	0,010197
PESO	Libras	Kg	0,4536
	Onzas	Kg	0,02834
POTENCIA	Caballos vapor (CV)	Watios	736
	Horse power (HP)	Watios	746
	CV	HP	0,98644
TEMPERATURA	Fahrenheit	Centígrados	$^{\circ}\text{C} = \frac{5 \times (^{\circ}\text{F} - 32)}{9}$

MEDIDAS DE:	PARA CONVERTIR	EN	MULTIPLICAR POR
LONGITUD	Milímetros	Pulgadas	0,0394
	metros	Pies	3,2808
SUPERFICIE	cm ²	Pulgada ²	0,155
	m ²	Pie ²	10,7639
VOLUMEN	Litros	Pulgada ³	61,024
	Litros	Pie ³	0,03531
	Litros	Galones USA	0,2642
	Litros	Galones IMP.	0,22
CAUDAL	m ³ /h	g.p.m (USA)	4,4033
	m ³ /h	g.p.m (IMP.)	3,66703
PRESIÓN	Kg/cm ²	Libras/pulgada ²	14,2247
	kg/cm ²	Bar	0,9806
	Kg/cm ²	Atmósferas	0,968
	metros c.a	Kilo Pascal	9,8067
	Kg/cm ²	Kilo Pascal	98,005
PESO	Kg	Libras	2,2046
	Kg	Onzas	35,285
POTENCIA	Watios	Caballos vapor (CV)	0,00136
	Watios	Horse power (HP)	0,00134
	HP	CV	1,0139
TEMPERATURA	Centígrados	Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = \frac{9 \times ^{\circ}\text{C}}{5} + 32$

Conceptos básicos

CAUDAL (Q): Volumen de líquido elevado por la bomba en la unidad de tiempo; es independiente del peso específico y variable al bombear líquidos de viscosidad superior a la del agua.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA (P_a): Fuerza ejercida por la atmósfera por unidad de superficie.

PRESIÓN RELATIVA O EFECTIVA (P_r): Es la presión medida con relación a la presión atmosférica. Los manómetros miden presiones positivas. Los vacuómetros miden presiones negativas.

PRESIÓN ABSOLUTA (P_{abs}): Es la presión por encima del cero absoluto (vacío perfecto)

$$P_{abs} = P_a + P_r$$

PRESIÓN DE VAPOR (TENSIÓN DE VAPOR) (T_v): Es la presión a la que un líquido, a determinada temperatura, se halla en equilibrio con su fase gaseosa (vapor).

DENSIDAD: es la masa de una sustancia por unidad de volumen.

PESO ESPECÍFICO (γ): Es el peso de una sustancia por unidad de volumen.

$$\text{Peso específico} = \text{Densidad} \times \text{Gravedad}$$

INFLUENCIA DEL PESO ESPECÍFICO: Una bomba puede impulsar líquidos de distinto peso específico, por ejemplo agua, alcohol, ácido sulfúrico etc., a una misma altura, afectando tan sólo a la presión de descarga y potencia absorbida que se verán modificadas en relación directa al peso específico.

ALTURA DE ASPIRACIÓN (H_a): Es la altura geométrica medida desde el nivel mínimo del líquido al eje de la bomba (ver dibujo adjunto).

ALTURA DE IMPULSIÓN (H_i): Es la altura geométrica medida desde el eje de la bomba al nivel máximo de elevación (ver dibujo adjunto).

ALTURA GEOMÉTRICA TOTAL (H_t):

$$H_t = H_a + H_i$$

PÉRDIDAS DE CARGA (P_c): Es la altura que se pierde por los rozamientos que ofrecen al paso del líquido las tuberías, válvulas, filtros, curvas y otros accesorios.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (H_m): Es la altura total (presión diferencial) que ha de vencer la bomba. Responde a la ecuación.

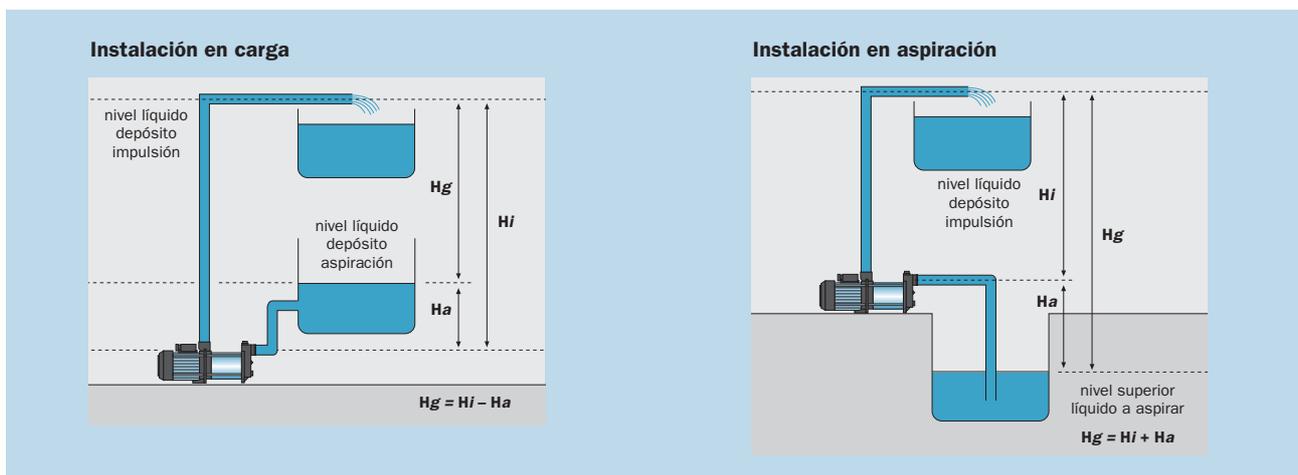
$$H_m = H_t + P_c + \frac{10}{\gamma} (P_1 - P_2)$$

P₁ : Presión en el depósito de impulsión

P₂ : Presión en el depósito de aspiración

Si se realiza el bombeo entre depósitos abiertos con la misma presión (presión ambiental) como sucede NORMALMENTE, el valor P₁-P₂= 0.

Es conveniente calcular por separado la altura manométrica de aspiración para comprobar que la bomba es capaz de aspirar sin dificultades.



Potencias y rendimientos

(P1) POTENCIA ABSORBIDA DE LA RED

Consumo de potencia o Potencia activa

Motores monofásicos

$$Kw = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

Motores trifásicos

$$Kw = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

(P2) POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR

La mayor potencia suministrada por el motor

Motores monofásicos

$$Kw = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_m}{1000}$$

Motores trifásicos

$$Kw = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_m}{1000}$$

(P3) POTENCIA ABSORBIDA POR EL EJE DE BOMBA

Para determinadas condiciones de servicio

$$Kw = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{367 \cdot \eta_h} \quad CV = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{270 \cdot \eta_h}$$

Siendo:

U : Tensión de servicio en V.

I : Corriente en el estator en Amp.

cos φ : Factor de rendimiento

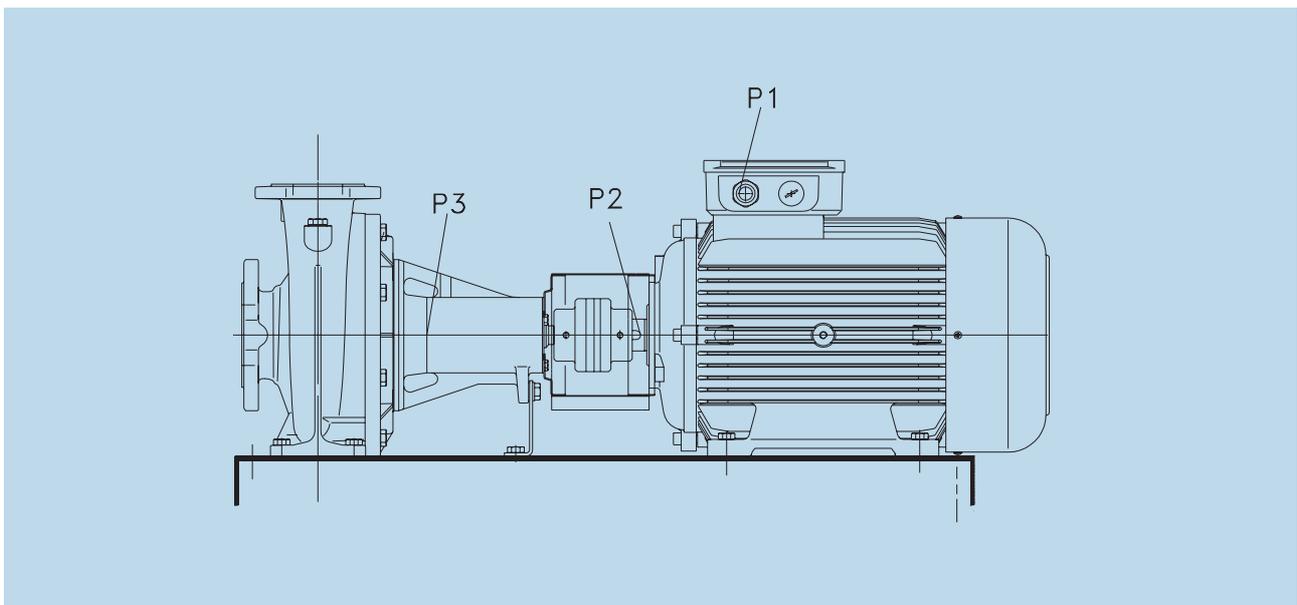
η_m : Rendimiento motor

Q : Caudal m³/h

H : Altura manométrica en metros columna de líquido

η_h : Rendimiento hidráulico en %

γ : Peso específico en kg/dm³



Tuberías

La elección de los diámetros de las tuberías es una decisión técnico-económica siendo aconsejable que las pérdidas de carga no sean excesivamente elevadas, con el fin de evitar un gasto excesivo de energía.

El tamaño de las bocas de aspiración e impulsión de las bombas sólo nos indica el tamaño mínimo de las tuberías. El dimensionado debe hacerse de forma que las velocidades sean como máximo las siguientes:

Tubería de aspiración: 1,8 m/s
Tubería de impulsión: 2,5 m/s

La velocidad del flujo es importante para la economía y duración del sistema de impulsión.

- Velocidades inferiores a 0,5 m/s originan normalmente sedimentaciones.
- Velocidades superiores a 5 m/s pueden originar abrasiones.

Las velocidades del líquido en las tuberías se determinan por las fórmulas siguientes:

$$V = \frac{21,22 \times q}{D^2} \quad \text{o bien} \quad V = \frac{354 \times Q}{D^2}$$

Siendo:

V : velocidad en m/s q : caudal en l/m
D : diámetro en mm Q : caudal en m³/h

Pérdidas de carga equivalente

Partiendo de esta última ecuación se establece la tabla adjunta que relaciona las equivalencias entre tuberías de diferentes diámetros.

	pulg	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
pulg	mm	13	19	25	32	38	50	64	75	100	125	150
1	25	3,7	1,8	1								
1 1/4	32	7	3,6	2	1							
1 1/2	38	11	5,3	2,9	1,5	1						
2	50	20	10	5,5	2,7	1,9	1					
2 1/2	64	31	16	8	4,3	2,9	1,6	1				
3	75	54	27	15	7	5	2,7	1,7	1			
4	100	107	53	29	15	10	5,3	3,4	2	1		
5	125	188	93	51	26	17	9	6	3,5	1,8	1	
6	150	297	147	80	40	28	15	9	5,5	2,8	1,6	1
7	175	428	212	116	58	40	21	14	8	4,2	3	1,4
8	200	590	292	160	80	55	29	19	10,9	5,5	3,1	2

OBSERVACIONES

El área de la tubería de mayor diámetro es menor que el área total de las tuberías de menor diámetro.

La velocidad de circulación del líquido en la tubería de mayor diámetro es mayor que la velocidad en las tuberías de menor diámetro.

Equivalencia entre tuberías

Las equivalencias entre tuberías permiten obtener datos sobre otros sistemas de tuberías.

Diámetro constante: La pérdida de carga es directamente proporcional al cuadrado del caudal:

$$\frac{P_c}{P_{c1}} = \frac{Q^2}{Q_1^2}$$

Caudal constante: La pérdida de carga es inversamente proporcional a la quinta potencia del diámetro de las tuberías:

$$\frac{P_c}{P_{c1}} = \frac{D_1^5}{D^5}$$

Caudal constante: La velocidad de circulación es inversamente proporcional a la sección de las tuberías:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{S_1}{S}$$

Pérdidas de carga constante: Los cuadrados de los caudales son proporcionales a la quinta potencia de los diámetros de las tuberías.

$$\frac{Q^2}{Q_1^2} = \frac{D^5}{D_1^5}$$

Pérdidas de carga

Pérdidas de carga en accesorios. Longitud equivalente de tubería recta en metros.

Diámetro del tubo	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Curva 90°	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,2	1,8	2	3	5	5	6	7	8	14	16
Codo 90°	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,7	2,5	2,7	4	5,5	7	8,5	9,5	11	19	22
Cono difusor	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Válvula de pie	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	45	55	60	75	90	100
Válvula de retención	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	50	60	75	85
V. Compuerta Abierta	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	2	2	2	2,5	3	3,5	4	5
V. Compuerta ³ / ₄ Abierta	2	2	2	2	2	2	4	4	6	8	8	8	10	12	14	16	20
V. Compuerta ¹ / ₂ Abierta	15	15	15	15	15	15	30	30	45	60	60	60	75	90	105	120	150

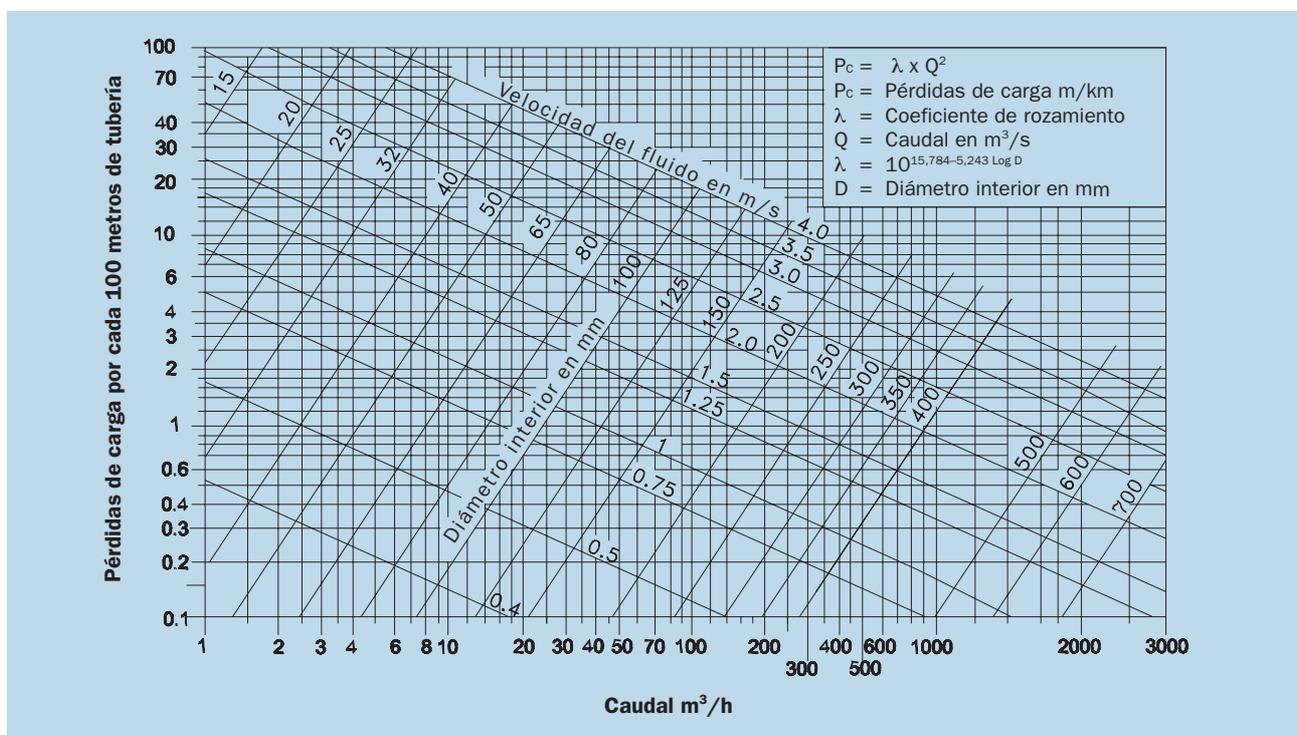
Valores aproximados, variables con la calidad de los accesorios.

Los fabricantes de válvulas que nos facilitan el kv, nos permiten determinar las pérdidas de carga, es de suma importancia utilizar válvulas con un alto coeficiente de caudal con el fin de reducir al mínimo las pérdidas de carga.

El coeficiente de caudal kv es el caudal de agua en m³/h que pasando a través de una válvula completamente abierta crea una pérdida de carga de 1 kg/cm².

Pérdidas de carga en tubería de hierro fundido

Diagrama para determinar la pérdida de carga y la velocidad del fluido en función del caudal y del diámetro interior de la tubería.



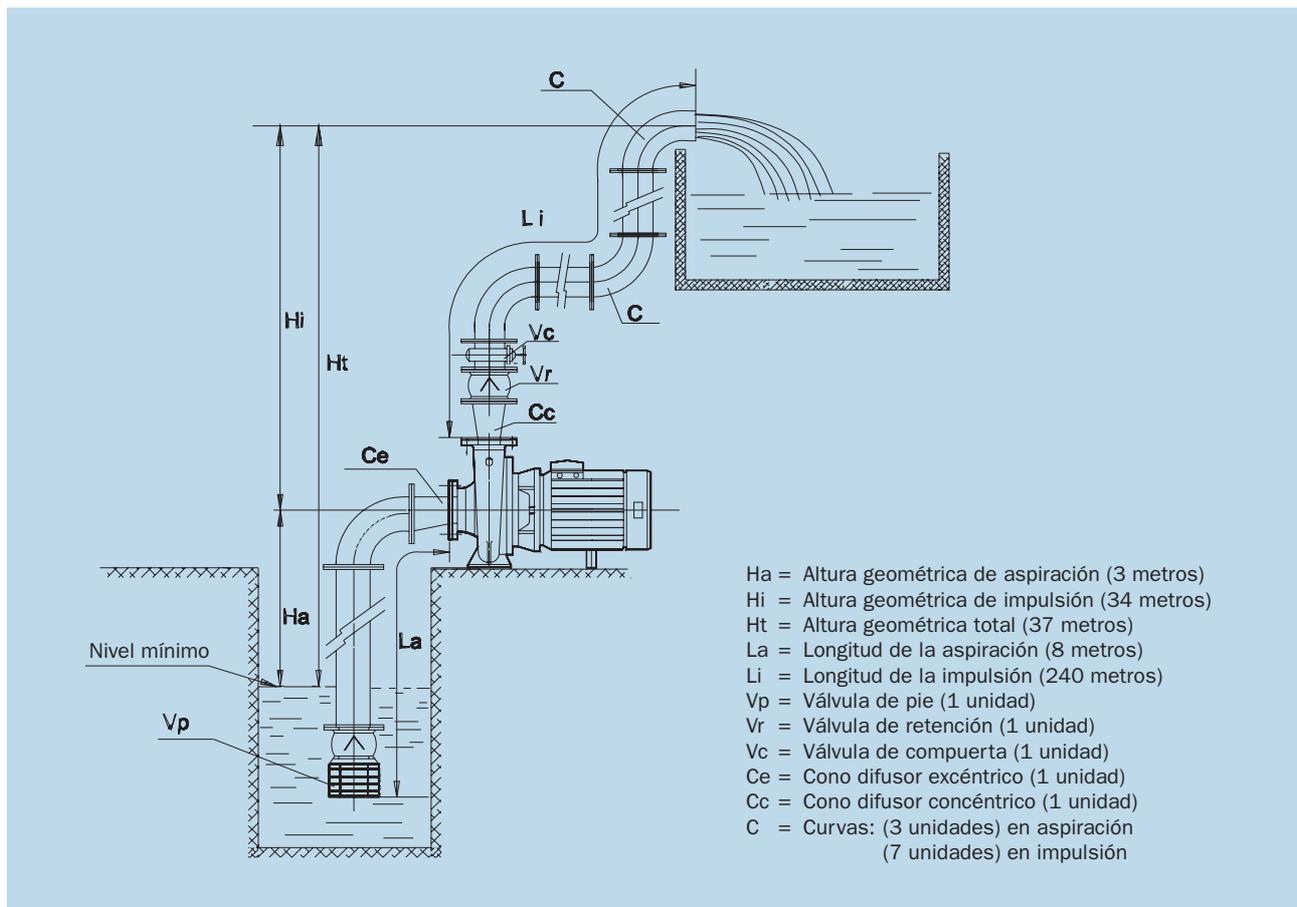
Coefficientes correctores para otras tuberías

PVC	0,6	Fibro-cemento	0,80	Forjada muy usada	2,10
Hierro forjado	0,76	Cemento (paredes lisas)	0,80	Hierro con paredes rugosas	3,60
Acero sin soldadura	0,76	Gres	1,17		

Cálculo de la altura manométrica

Ejemplo práctico

Se quieren elevar 150 m³/h desde un pozo hasta un depósito situado en una cota más elevada. Las condiciones de bombeo según el diseño adjunto son las siguientes:



Calculamos el diámetro de las tuberías basados en la fórmula:

$$v = \frac{354 \times Q}{D^2} \quad \text{y para velocidades de 1,8 y 2,5 m/s resulta}$$

$$D_a = \sqrt{\frac{354 \times Q}{1,8}} \quad 172 \text{ mm de diámetro, la más próxima comercial 200 mm.}$$

$$D_i = \sqrt{\frac{354 \times Q}{2,5}} \quad 146 \text{ mm de diámetro, la más próxima comercial 150 mm.}$$

Una vez fijados los diámetros de las tuberías en hierro fundido podemos determinar **las pérdidas de carga** según las tablas.

Aspiración tubería de 200 mm de diámetro para 150 m³/h aproximadamente 1%.

Impulsión tubería de 150 mm de diámetro para 150 m³/h aproximadamente 4%

Altura manométrica de aspiración

Altura geométrica _____	3 metros
Longitud equivalente	
Longitud de la tubería	8 metros
Válvula de pie (Equivalente)	30 metros
Curvas de 90° (3x3)	9 metros
Cono difusor	5 metros
Total	52 metros
Pérdidas de carga 52 metros x 1 % _____	0,52 metros
Altura manométrica total de aspiración _____	3,52 metros

Altura manométrica de impulsión

Altura geométrica _____	34 metros
Longitud equivalente	
Longitud de la tubería	240 metros
Cono difusor	5 metros
Válvula de retención	20 metros
Válvula de compuerta	1,5 metros
Curva de 90° (7x2)	14 metros
Total	280,5 metros
Pérdidas de carga 280,5 metros x 4% _____	11,22 metros
Altura manométrica total de impulsión _____	45,22 metros

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL	=	ASPIRACIÓN ALTURA GEOMÉTRICA PÉRDIDAS DE CARGA	+	IMPULSIÓN ALTURA GEOMÉTRICA PÉRDIDAS DE CARGA
---	----------	---	----------	--

Por lo tanto:

Altura manométrica = 3,52 + 45,22 =	48,74
Margen de seguridad (+5%)	2,44
Total	51,18 metros

Catálogo FHF / FHN

Es apropiada la electrobomba tipo FHF 80-200 con impulsor de 209 mm de diámetro capaz de elevar 150 m³/h a 52,5 metros.

OBSERVACIÓN

En el supuesto que la bomba trabajara a tan sólo 49 metros el NPSH requerido es de 4,3 metros; por lo tanto la bomba seleccionada es capaz de aspirar aproximadamente 5,5 metros y en nuestro caso al tener que aspirar tan sólo 3,52 metros tenemos un amplio margen de seguridad.

ANPA (NPSH)

Para que una bomba funcione correctamente ha de cumplirse la condición que el NPSH disponible sea mayor al NPSH requerido.

Como medida preventiva y de seguridad se recomienda añadir 0,5 m al valor de NPSH requerido, quedando:

$$\text{NPSH}_d \geq \text{NPSH}_r + 0,5 \text{ m}$$

Cuando la bomba opera con una aspiración excesiva se desarrolla una presión de succión baja en la entrada de la misma, la presión disminuye hasta que puede crearse un vacío y el líquido se convierte en vapor. Esta formación de burbujas, que colapsa en la entrada del impulsor, conduce al proceso de **cavitación**, que genera graves consecuencias en las partes mecánicas de la máquina. Los males comunes derivados de la cavitación son picaduras, vibraciones y ruidos. Una cavitación severa viene generalmente acompañada por un ruido excesivo y daños a la bomba; una cavitación moderada no puede producir más que una pequeña reducción del caudal, altura, rendimiento y un desgaste prematuro.

El NPSH (*Net Positive Suction Head*) o altura neta positiva de aspiración (ANPA) es la diferencia entre la presión del líquido referido al eje del impulsor y la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

Se consideran dos tipos de NPSH:

NPSH disponible: es una particularidad de la instalación e independiente del tipo de bomba se deduce aplicando el principio de conservación de la energía entre superficie libre del líquido y la aspiración:

$$\text{NPSH}_d = \frac{10 P_a}{\gamma} - H_a - P_{ca} - \frac{10 T_v}{\gamma}$$

NPSH requerido: es una característica de la bomba, siendo un dato a facilitar por parte del fabricante y responde a la expresión:

$$\text{NPSH}_r = H_z + \frac{V_a^2}{2g}$$

Capacidad de aspiración de una bomba conocido el NPSH_r

La expresión fundamental que representa el correcto funcionamiento de aspiración de una bomba es la siguiente:

$$10 P_a/\gamma \geq H_a + P_{ca} + H_z + V_a^2/2g + 10 T_v/\gamma$$

$$10 P_a/\gamma - 10 T_v/\gamma - H_z \geq H_a + P_{ca} + V_a^2/2g$$

$$\text{NPSH}_r = H_z + V_a^2/2g$$

$$H_z = \text{NPSH}_r - V_a^2/2g$$

$$10 P_a/\gamma - 10 T_v/\gamma - \text{NPSH}_r + V_a^2/2g \geq H_a + P_{ca} + V_a^2/2g$$

Finalmente:

$$H_a + P_{ca} \leq 10 P_a/\gamma - 10 T_v/\gamma - \text{NPSH}_r$$

Siendo:

H_a : Altura geométrica de aspiración en metros. *Lleva signo positivo cuando el nivel del líquido está por debajo del eje de la bomba y negativo cuando está por encima.*

P_a : Presión atmosférica o presión en el depósito de aspiración, en kg/cm².

P_{ca} : Pérdidas de carga en aspiración (tuberías, válvulas, curvas y accesorios, etc.), en m.

T_v : Tensión de vapor del líquido a temperatura de bombeo, en kg/cm².

γ : Peso específico del líquido, en kg/cm³.

$V_a^2/2g$: Altura dinámica correspondiente a la velocidad de entrada del líquido en la bomba, en m/seg.

H_z : Presión mínima necesaria en la zona inmediatamente anterior a los álabes del rodete, en m.

Ejemplo práctico

Se toma en consideración la misma bomba seleccionada en el ejemplo práctico de cálculo de la altura manométrica (pág. 8). Se desea trabajar con agua a 60°C y a una altura sobre el nivel del mar de 600 m. Basados en los datos calculados de altura manométrica de aspiración se obtiene:

T^a : 60 °C

T_v : 0,2031 kg/cm²

γ : 0,9831 kg/dm³

$P_a = 10,33 - 600/900 = 9,66$ mca

El NPSH_R obtenido de la curva correspondiente del catálogo técnico de ESPA de la bomba FHF 80-200/209 (2900 rpm), tiene un valor de 3,85 m.

$$H_a + P_{ca} \leq 10 P_a/\gamma - 10 T_v/\gamma - NPSH_R$$

$$3 + 0,46 \leq 9,66/0,9831 - 2,031/0,9831 - 3,85$$

$$3,46 \leq + 3,91$$

En conclusión, la bomba trabajará sin problemas en la instalación, aunque los valores son ajustados.

La tensión de vapor depende de la temperatura del líquido y de la situación sobre el nivel del mar, por lo que se requiere la tabla siguiente para un correcto cálculo:

Tensión del vapor y peso específico del agua según temperaturas

t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³
0	0,0062	0,9998	92	0,7710	0,9640	122	2,1561	0,9414
10	0,0125	0,9996	94	0,8307	0,9625	124	2,2947	0,9398
20	0,0238	0,9982	96	0,8942	0,9611	126	2,4404	0,9381
30	0,0432	0,9955	98	0,9616	0,9596	128	2,5935	0,9365
40	0,0752	0,9921	100	1,0332	0,9583	130	2,7544	0,9348
50	0,1258	0,9880	102	1,1092	0,9568	135	3,192	0,9305
60	0,2031	0,9831	104	1,1898	0,9554	140	3,685	0,9260
70	0,3177	0,9777	106	1,2751	0,9540	145	4,237	0,9216
75	0,3931	0,9748	108	1,3654	0,9525	150	4,854	0,9169
80	0,4829	0,9718	110	1,4609	0,9510	155	5,540	0,9121
82	0,5234	0,9705	112	1,5618	0,9495	160	6,302	0,9073
84	0,5667	0,9693	114	1,6684	0,9479	165	7,146	0,9023
86	0,6129	0,9680	116	1,7809	0,9464	170	8,076	0,8973
88	0,6623	0,9667	118	1,8995	0,9448	175	9,101	0,8920
90	0,7149	0,9653	120	2,0245	0,9431	180	10,225	0,8869

$$T_v \text{ (m.c.l.)} = T_v \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 10/\gamma$$

$$T_v \text{ (m.c.a.)} = T_v \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 10$$

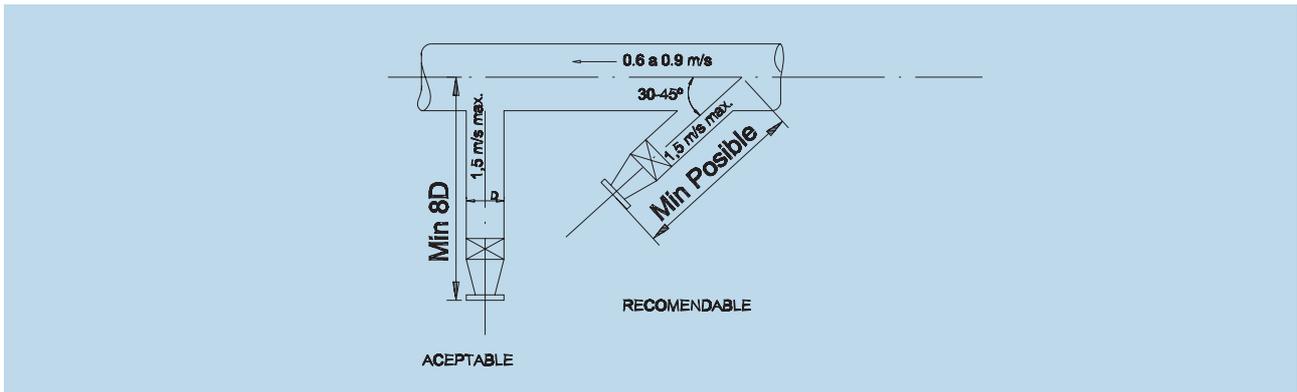
Efecto de la Presión atmosférica con la altitud

Se puede determinar con la fórmula siguiente:

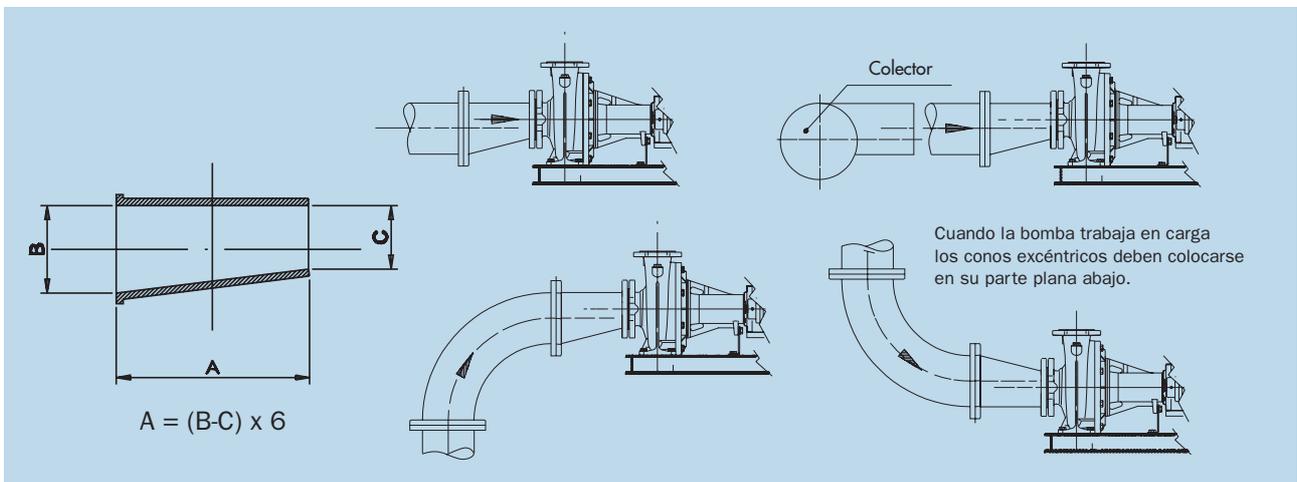
$$P_a \text{ (m)} = 10,33 - \text{Altitud (m)} / 900$$

Diseño de la aspiración

Un correcto dimensionado y diseño de las tuberías de aspiración influyen en el buen funcionamiento de la bomba. Las velocidades en una tubería de aspiración se recomienda que sean limitadas a 1,8 m/s si el caudal es uniforme. En un colector desde el cual aspiren dos o más bombas, el flujo principal no se recomienda que tenga una velocidad mayor de 0,9 m/s. Las conexiones laterales con un ángulo de 30° – 45° con respecto al flujo de la línea principal la velocidad recomendada puede aumentarse a 1,5 m/s.

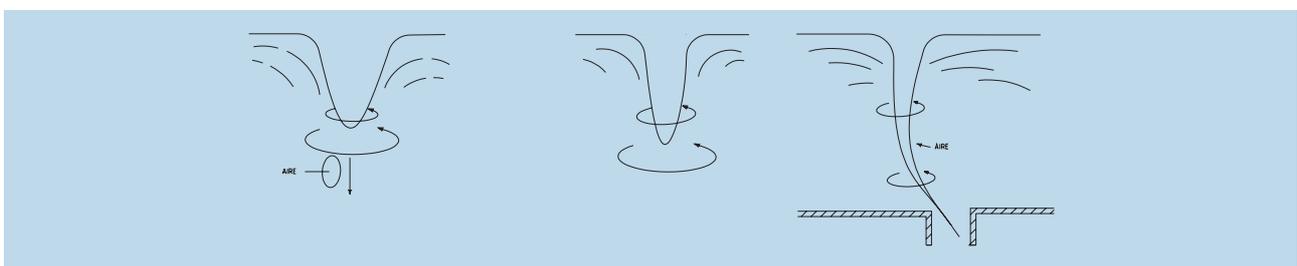


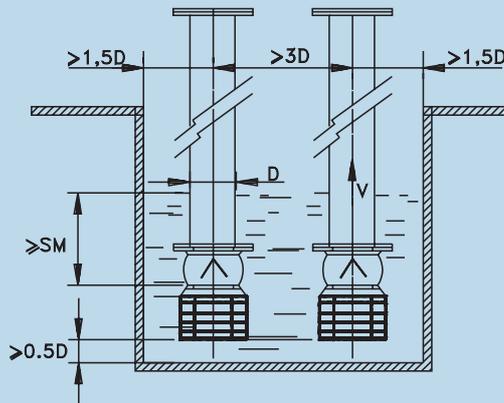
Cuando el diámetro de la boca de aspiración de la bomba es inferior al diámetro de la tubería de aspiración, es necesario instalar un cono difusor excéntrico con el lado recto en la parte superior de la tubería, se coloca con el lado recto hacia abajo cuando la fuente de suministro está por encima de la bomba.



Formación de torbellinos en el depósito de aspiración

Frecuentemente hay que aspirar con una bomba desde un depósito con la tubería de aspiración sumergida una mínima distancia.





Para evitar la formación de torbellinos es necesaria una sumergencia mínima dada por:

$$S_m = V^2/2g + 0,1$$

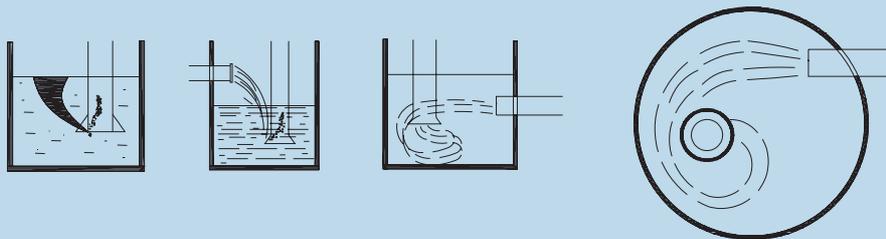
S_m : Sumergencia mínima (m)

V : Velocidad aspiración (m/s)

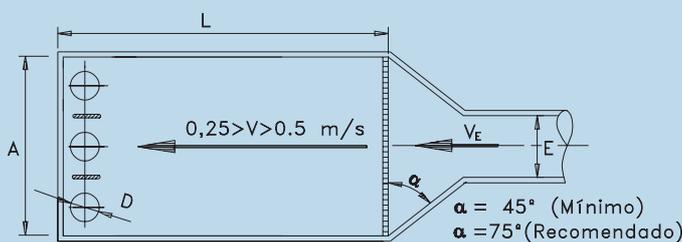
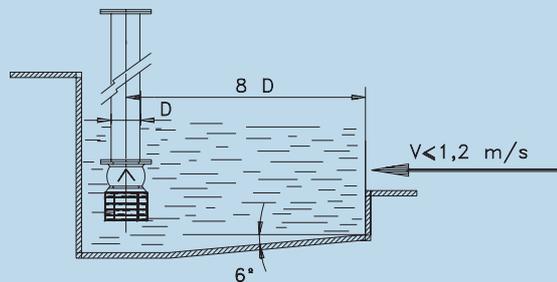
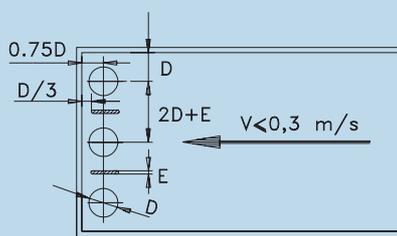
g : Gravedad (9.8 m/s²)

Si la tubería de suministro o retorno al pozo descarga sobre el nivel del líquido de forma radial existe el peligro de entrada de aire y generación de velocidades, lo que perjudica al buen funcionamiento de la bomba.

Cuando no es posible conseguir la altura del líquido necesaria, la instalación de tabiques separadores, placas antivórtice, separaciones y velocidades apropiadas, etc. pueden solucionar una gran parte de estos problemas.



Se deben evitar los cambios bruscos de sección entre la entrada y el pozo. El cambio debe ser gradual, con una conicidad de 45°, debiendo ser, en este caso, la velocidad en el pozo inferior a 0,3 m/seg. No es recomendable en especial el diseño a base de una tubería de pequeño tamaño conectada directamente al pozo, con bombas situadas cerca de la entrada. En este caso la corriente debe efectuar grandes cambios de dirección para llegar a todas las bombas. Tampoco es deseable centrar las bombas en el pozo ya que ello produce grandes zonas de torbellinos en la parte posterior.



A/E	1	1.5	2	4	10
L	3D	6D	7D	10D	15D
V_E	0.3	0.6	1.2	1.8	2.4

Equipos de presión

Diseño del Grupo de Presión de acuerdo a las Normas Básicas del Nuevo Código Técnico de la Edificación (art. 3 de la LOE), aplicable en España.

SUMINISTROS		TIPOS DE VIVIENDAS/CAUDALES									
		A	L/S	B	L/S	C	L/S	D	L/S	E	L/S
COCINA	LAVADERO	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
	FREGADERO	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
	LAVAVAJILLAS					1	0,2	1	0,2	1	0,2
OFFICE	GRIFO							1	0,15	1	0,15
LAVADERO	GRIFO			1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
BAÑO COMPLETO	WC	1	0,1			1	0,1	1	0,1	2	0,2
	LAVABO	1	0,1			1	0,1	1	0,1	2	0,2
	BAÑO					1	0,3	1	0,3	2	0,6
	BIDÉ					1	0,1	1	0,1	2	0,2
CUARTO DE ASEO	WC			1	0,1			1	0,1	1	0,1
	LAVABO			1	0,1			1	0,1	1	0,1
	DUCHA			1	0,2			1	0,2	1	0,2
TOTAL APARATOS-L/S		4	0,6	6	1	8	1,4	12	1,95	16	2,55

NOTA: En instalaciones con flúxores se requiere otro tipo de estudio.

NOTA: Se debe diseñar de tal forma que el grupo no se ponga en marcha en caso que la red sea suficiente. Serán equipos dobles para funcionamiento alterno, con bombas montadas en paralelo de iguales prestaciones. Se deben acompañar de depósitos de presión con membrana, conectados a dispositivos suficientes de valoración de la presión de la instalación, para su parada y puesta en marcha automática.

1. Caudal a bombear según tipo y número de viviendas

NÚMERO DE VIVIENDAS	VIVIENDA TIPO				
	A	B	C	D	E
	Caudal total de la(s) bomba(s) en m ³ /h				
0 - 10	1,5	2,1	3	3,6	4,5
11 - 20	2,4	3,6	5,1	6	7,5
21 - 30	3,6	4,5	6,6	8,4	10,8
31 - 50	5,4	9	10,8	13,2	16,8
51 - 75	9	13,2	15	17	19,2
76 - 100	12	16,2	17,4	19,2	
101 - 150	15	18	19,2		

NOTA: El número de bombas a instalar en un grupo convencional, excluyendo las de reserva, dependerá del caudal total del grupo. Se colocarán 2 bombas hasta un caudal de 10 l/s (36 m³/h), 3 bombas hasta 30 l/s (108 m³/h) y 4 bombas para caudales superiores a 30 l/s.

2. Cálculo de la presión

Presión de arranque: Altura geométrica + Pérdidas de carga totales de la instalación + Presión requerida en el punto más desfavorable.

Presión de parada: Presión de arranque + 15 a 30 metros.

PRESIÓN MÍNIMA DE ARRANQUE: Se obtiene añadiendo 15 metros a la altura geométrica desde el nivel mínimo del agua o base de las bombas, hasta el techo de la planta más alta que se tenga que alimentar más las pérdidas de carga.

$$P_b = H_a + H_g + P_c + P_r$$

Donde:

P_b = Presión mínima de arranque, H_a = Altura aspiración, H_g = Altura geométrica, P_c = Pérdida carga, P_r = Presión residual.

NOTA: Las pérdidas de carga deben fijarse sobre un 10 - 15 % de la altura geométrica.

PRESIÓN MÁXIMA DE PARADA: La presión de parada será entre 15 y 30 metros superior a la presión de arranque. La presión máxima en el punto de consumo no puede superar los 5 Kg/cm².

3. Capacidad del depósito según el tipo y número de viviendas

DEPÓSITO O ACUMULADOR	VIVIENDA TIPO				
	A	B	C	D	E
CON INYECTORES	40	50	60	70	80
DE MEMBRANA CON COMPRESOR	15	18	20	23	26

El volumen del depósito será igual o superior al que resulta de multiplicar el coeficiente por el número de viviendas. No se recomienda instalar inyectores para presiones de trabajo superiores a 8 kg/cm².

4. Depósito de rotura de presión

Atendiendo a Código Técnico de la Edificación (art. de la LOE), de aplicación en España, antes del

grupo de presión (en la aspiración) debe incluirse un depósito de RESERVA O ROTURA DE CARGA de la siguiente capacidad, y que se calcula según los requisitos de la norma UNE 100.030:2.005:

$$V = Q \times t \times 60$$

Donde: V = Volumen (l), Q = Caudal (l/s),
t = Tiempo (15 – 20 minutos)

Grupos de presión de accionamiento regulable:

Podrán prescindir del depósito auxiliar de alimentación. Deberán incluir un dispositivo que provoque el cierre de la aspiración y la parada de la bomba en caso de depresión en la tubería de alimentación.

Ejemplo de cálculo de un grupo de presión

Caudal

1. Calculamos el caudal instalado y el número de suministros por vivienda utilizando la tabla siguiente:

SUMINISTRO	CAUDAL L/S	SUMINISTRO	CAUDAL L/S
FREGADERO	0,2	LAVABO	0,1
OFFICE	0,15	WC CON DEPÓSITO	0,1
LAVADORA AUTOMÁTICA	0,2	BIDÉ	0,1
LAVAVAJILLAS	0,2	BAÑERA	0,3
FREGADERO HOTEL	0,3	DUCHA	0,2
VERTEDEROS	0,2	URINARIO GRIFO	0,05
FLÚXORES	1,25-2	URINARIO AUTOMÁTICO	0,1

2. El coeficiente de simultaneidad de una vivienda se puede determinar a partir de la fórmula

$$K = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

n: Número de suministros por vivienda

3. El caudal económico instalado de una vivienda será:

Caudal económico = K x Caudal instalado

4. Calculamos el coeficiente de simultaneidad para todas las viviendas mediante la fórmula:

$$K_v = \frac{19 + N}{10(N + 1)}$$

N: Número total de Viviendas

5. El caudal total para abastecer a todas las viviendas queda determinado por

Caudal total (L/S) =
Número de viviendas x Caudal económico x K_v

Depósitos

Volumen del depósito

$$V_d = k \frac{Q_m}{3N} \times \frac{P_p + 1}{P_p - P_a}$$

Donde:

k = 0,33 (para calderines de membrana)

k = 0,45 (para calderines galvanizados con compresor).

k = 1 (para calderines galvanizados con inyector).

y:

kW	N
$P_2 \leq 2,2$	30
$2,2 > P_2 \leq 5$	25
$5 < P_2 \leq 20$	20
$20 < P_2 \leq 100$	15

Volumen útil

$$V_u = 0,8 V_d \times \frac{P_p - P_a}{P_p + 1}$$

Siendo:

V_d : Volumen del depósito en m^3

V_u : Volumen útil del depósito en m^3

Q_m : Caudal medio ($Q_a + Q_p$)/2 en m^3/h

Q_a : Caudal a la presión de arranque en m^3/h

Q_p : Caudal a la presión de parada en m^3/h

P_p : Presión de parada en kg/cm^2

P_a : Presión de arranque en kg/cm^2

N : Frecuencia de arranques/hora

La precarga de aire en el depósito influye en el volumen del depósito y en el útil.

El control de la velocidad proporciona ahorro energético, reduce el espacio, evita desgastes prematuros y golpes de ariete.

El cálculo de un equipo de presión requiere un detallado estudio cuando se trata de calcular las necesidades de agua en:

Urbanizaciones	Colegios
Cuarteles	Hospitales
Riegos	Establecimientos comerciales
Mercados	Piscinas públicas
Plantas industriales	Depuradoras
Hoteles	Edificios de oficinas

Relaciones fundamentales de las bombas centrífugas

Variación con la velocidad

Cuando cambia la velocidad con diámetro de rodete constante, varían simultáneamente el caudal, presión y potencia según las **leyes de semejanza o leyes de afinidad** de acuerdo con las expresiones siguientes.

El caudal que eleva una bomba, aumenta o disminuye proporcionalmente al aumento o disminución de la velocidad.

$$Q_1 = Q \cdot \frac{n_1}{n}$$

La altura manométrica aumenta o disminuye con el cuadrado de la velocidad.

$$H_1 = H \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2$$

La potencia absorbida crece o disminuye con el cubo de la velocidad.

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3$$

El NPSH es proporcional al cuadrado de la variación de velocidad.

$$\text{NPSH}_{r1} = \text{NPSH}_r \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2$$

Estas relaciones no se cumplen exactamente si la relación de velocidad es mayor que 2.

Tampoco se cumplen si las condiciones de aspiración no son adecuadas.

La variación de velocidad es el medio más eficaz para variar las características de una bomba sujeta a condiciones de funcionamiento variables.

En aquellos casos en que se desee aumentar la velocidad en una bomba, es aconsejable consultar previamente con el fabricante, ya que el aumento de la velocidad puede estar limitado por los motivos siguientes:

- Resistencia mecánica del eje y rodamientos, ya que la potencia aumenta
- Resistencia a la presión del cuerpo de bomba, ya que igualmente, aumenta la presión.
- Modificación del poder de aspiración de la bomba, ya que el mismo no se mantiene proporcionalmente al aumento del caudal.

Variación con el diámetro del impulsor

Suponemos fija la velocidad. Al variar el diámetro del rodete varían proporcionalmente la velocidad tangencial y con ella el caudal, altura y potencia de acuerdo con las expresiones siguientes.

Caudal $Q_1 = Q \cdot \left(\frac{D_1}{D}\right)^2$

Altura manométrica $H_1 = H \cdot \left(\frac{D_1}{D}\right)^2$

Potencia absorbida $P_1 = P \cdot \left(\frac{D_1}{D}\right)^3$

Estas relaciones se pueden aplicar si se hacen sólo cambios menores en el diámetro del impulsor (disminución hasta un 15 – 20 % del máximo diámetro) y de los alabes.

Sólo es posible para impulsores radiales y para algunos de flujo mixto. En las bombas con difusor se mecanizan tan sólo los alabes hasta el nuevo diámetro.

En todos los casos se ha supuesto que el rendimiento sea constante, no obstante para las bombas de baja velocidad específica la disminución del rendimiento es pequeña, pero para las bombas con velocidades específicas mayores se producen disminuciones notables del rendimiento.

No es posible reducir el diámetro de los impulsores de canal lateral.

Se recomienda reducir gradualmente el diámetro del impulsor y probar la bomba para determinar si se han conseguido los efectos deseados.

Cálculo del volumen útil de un pozo de bombeo

El caso más desfavorable para el cálculo se obtiene cuando el caudal de llegada es igual a la mitad del caudal de la bomba.

El volumen de agua mínimo en el pozo depende de la frecuencia de arranques por hora del motor y del caudal de la bomba en servicio más grande, de manera que:

$$V_u = \frac{Q}{4 \cdot N}$$

Siendo:

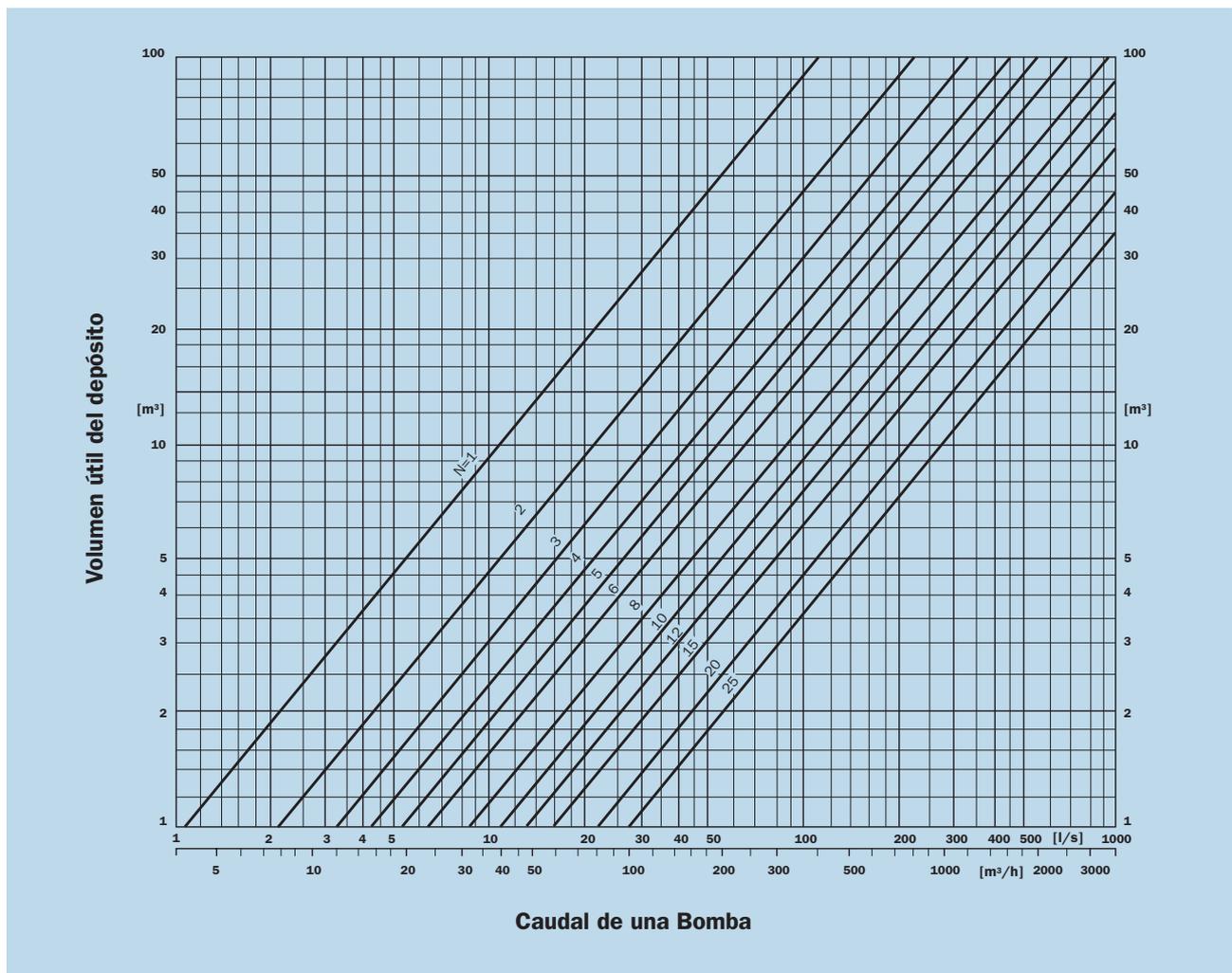
V_u : Volumen útil (m^3).

Q : Caudal de la bomba (m^3/h).

N : Frecuencia de arranque (arranques/hora).

kW	N
0 - 5	15
5 - 20	13
20 - 100	11
100 - 400	10

El pozo de bombeo debe tener un tamaño suficiente para el volumen útil y para que las bombas funcionen sin perturbaciones hidráulicas en la aspiración (ver páginas 14 y 15) y considerando las diferencias de niveles paro-marcha de las distintas unidades. La frecuencia de arranque será menor cuando dos o más bombas trabajen alternativamente.



Orificios y lanzas de agua

La salida de agua por un orificio se deduce de la fórmula:

Caudal: $Q = V \cdot S$ $Q = K \cdot S \cdot \sqrt{2gH}$

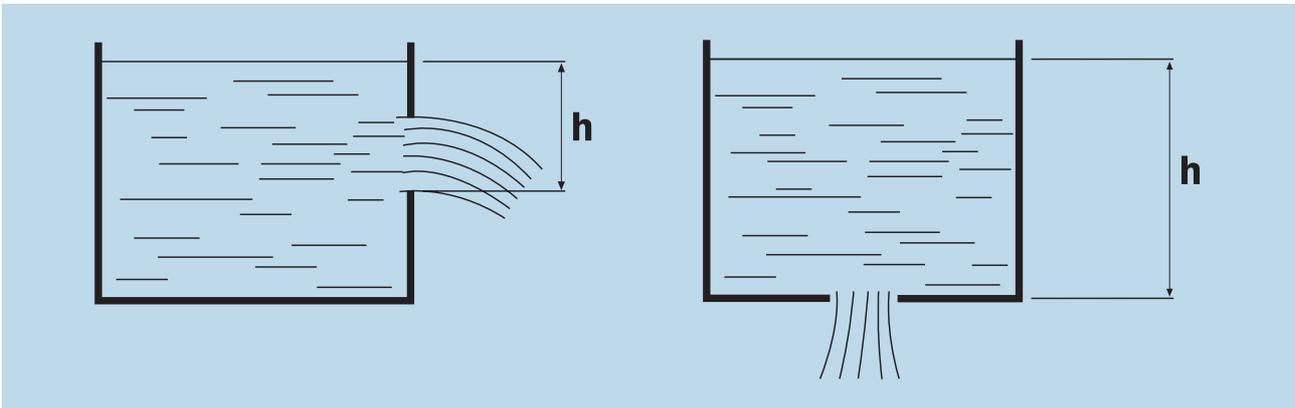
Velocidad $V = K \cdot \sqrt{2gH}$

- Siendo: Q : Caudal en m³/h
 V : Velocidad en m/s.
 S : Superficie del orificio m²
 H : Carga sobre el orificio en metros
 g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
 K : Coeficiente de salida ≈ 0,62

El gasto práctico si el orificio es circular, es aproximadamente el 62% del teórico.

Para K = 0,62 tenemos la fórmula simplificada

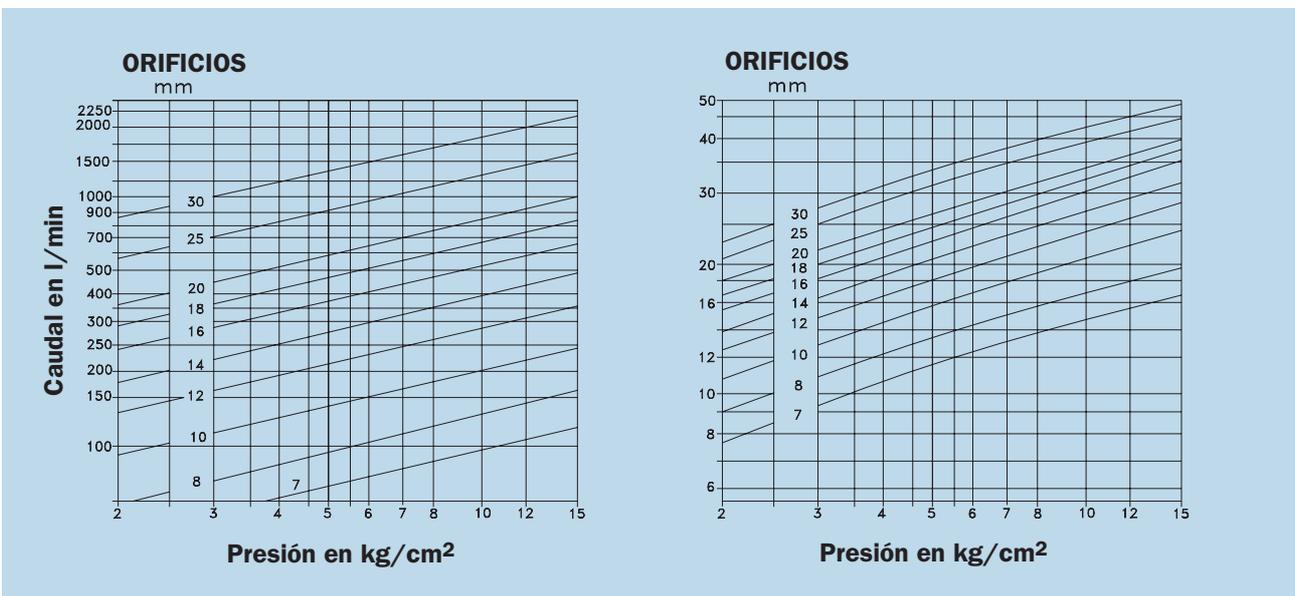
$$Q(\text{m}^3/\text{h}) = S (\text{cm}^2) \times \sqrt{H (\text{m.c.a.})}$$



En el caso particular de **lanzas de agua** con boquillas cónicas pulidas considerando un coeficiente de descarga de 0,97, para determinar los caudales a chorro lleno en función de las presiones utilizamos la fórmula:

$$Q(\text{l/min}) = 0,64D^2 (\text{mm}) \cdot \sqrt{H (\text{kg/cm}^2)}$$

Los alcances están obtenidos para una inclinación de 30° y viento en calma.



Bombeo de líquidos viscosos

Las curvas características de las bombas están basadas en agua, que tienen una viscosidad cinemática de 1 cSt aproximadamente. Un aumento de la viscosidad tiene un marcado efecto siendo necesario aplicar factores de corrección sobre el caudal, altura y rendimiento de la bomba, sobre las condiciones del fluido viscoso con el fin de hallar las características equivalentes al agua.

- El caudal y la altura no tienen una disminución perceptible por debajo de 43 cSt.
- La potencia aumenta a partir de 4,3 cSt.
- Cuando las pérdidas de carga en aspiración aumentan, deben emplearse bombas con NPSH requerido bajo.
- Generalmente, los factores de corrección obtenidos en los gráficos son lo suficientemente exactos para su aplicación.

Limitación de los gráficos

- Usarlos sólo para bombas con impulsores abiertos o cerrados de tipo radial, nunca con impulsores de flujo mixto o axial.
- En las bombas multietapa hay que utilizar para los cálculos, la altura de un impulsor; su exactitud se ve afectada debido a las pérdidas adicionales entre etapas.
- En bombas que tengan impulsores de doble entrada deben utilizarse, en los cálculos, la mitad del caudal.
- Al bombear líquidos altamente viscosos se recomienda estudiar los costos de funcionamiento para evaluar si otro tipo de bombas son más económicas, debido a la gran pérdida de rendimiento que se produce en las bombas centrífugas.
- Los factores de corrección solamente son válidos para líquidos Newtonianos homogéneos, no son válidos para líquidos gelatinosos, pasta de papel, fluidos con sólidos o fibras etc.

Ejemplo de utilización

- Conocidos el caudal y altura del fluido viscoso entrar en el gráfico y determinar los factores de corrección.
- Con estos datos determinamos los valores correspondientes para agua y seleccionamos la bomba.
- Utilizando la curva característica para agua, aplicar los factores de corrección correspondientes para obtener los nuevos valores para el fluido viscoso.

Determinar una bomba para elevar 150 m³/h de un fluido viscoso a una altura de 28,5 mca. Viscosidad 200 cSt , peso específico 0,9 kg/dm³.

Para determinar el factor de corrección de la altura se utiliza la curva 1,0 x Q.

$$f_Q = 0,95 \quad f_H = 0,91 \quad f_\eta = 0,62$$

Con estos factores calculamos los valores para agua.

$$Q = \frac{150}{0,95} = 158 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = \frac{28,5}{0,91} = 31,3 \text{ mca}$$

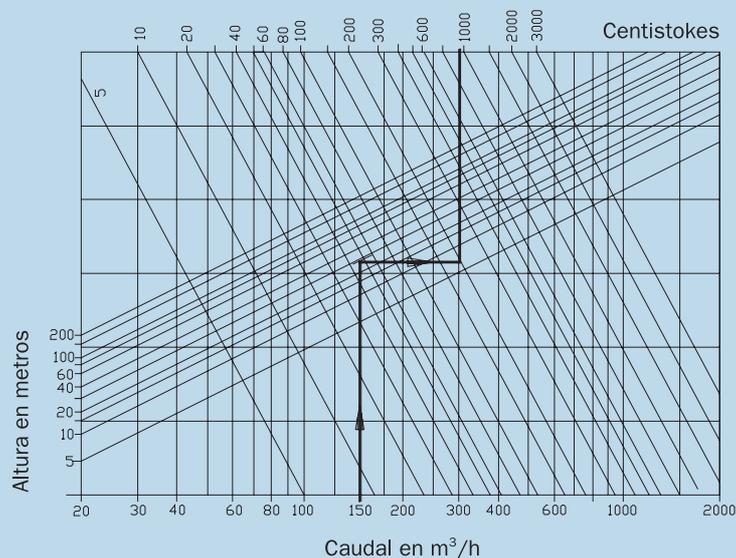
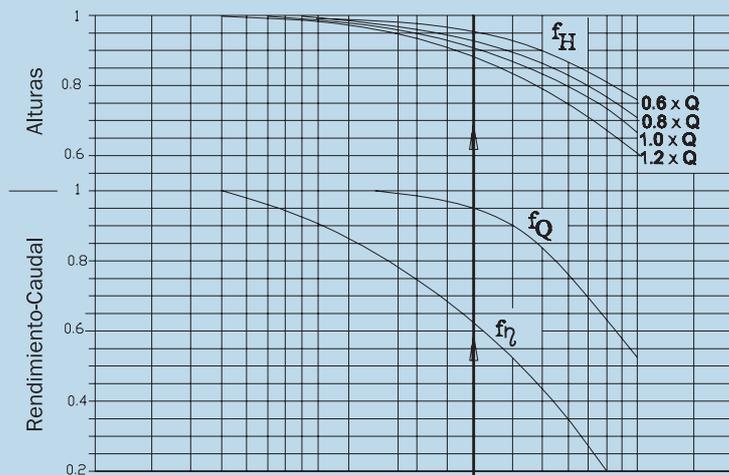
Partiendo de estos valores seleccionamos la bomba tipo FHF 80-160 con 173 mm de diámetro a 2.900 rpm, de la curva característica con agua determinamos los valores de caudal, altura y rendimiento.

Aplicando los distintos factores de corrección obtenemos las nuevas condiciones de servicio para el fluido viscoso.

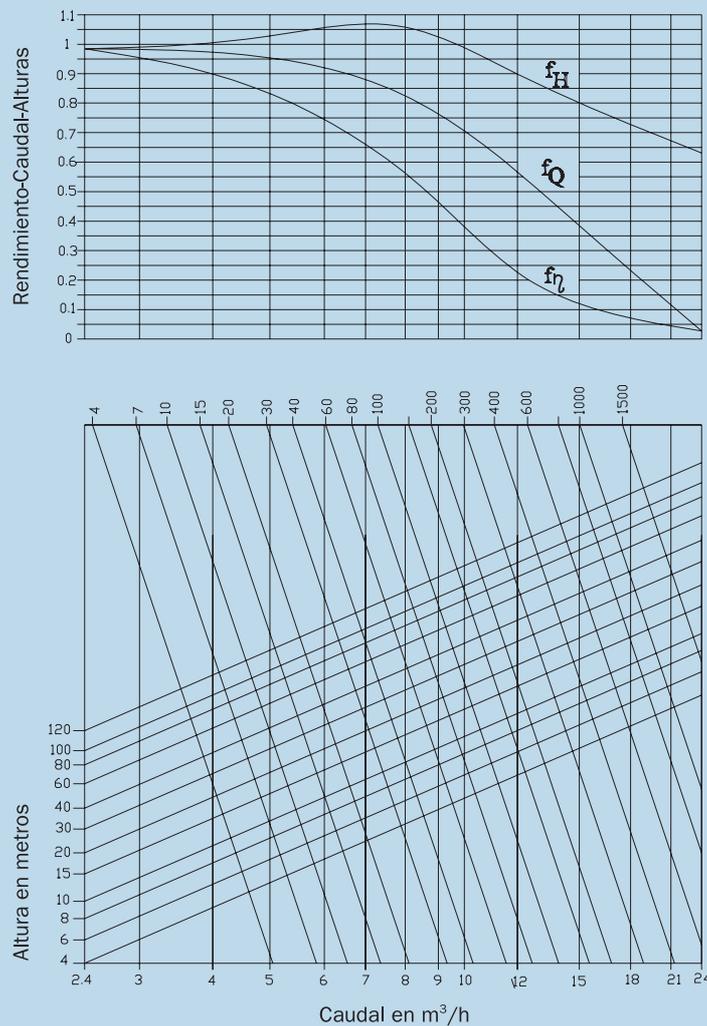
En el gráfico siguiente resumimos los cálculos.

		0,6 Q	0,8 Q	1 Q	1,2 Q
AGUA	CAUDAL (Q)	95	126	158	190
	ALTURA (H)	37,6	35	31,3	26,9
	RENDIMIENTO	71	78	81	78
VISCOSIDAD CENTISTOKES		200			
FACTORES DE CORRECCIÓN	f Q	0,95			
	f H	0,955	0,925	0,91	0,88
	f η	0,62			
LÍQUIDO VISCOSO	Q v	90	120	150	180
	H v	35,9	32,4	28,5	23,7
	η v %	41	48,4	50	48,4
	Peso específico (kg/dm ³)	0,9			
	Potencia absorbida (CV v)	0,9			
	$CV_v = \frac{Q_v \times H_v \times \gamma}{270 \times \eta_v}$	24,5	26,77	26,5	29,3

FACTORES DE CORRECCIÓN (según ejemplo)



FACTORES DE CORRECCIÓN



Conversión de viscosidades

Dentro de la calibración de los viscosímetros los siguientes factores dan una conversión aproximada entre viscosidades:

- SSU = CENTISTOKES x 4,62
- SSU = REDWOOD 1 (NORMAL) x 1,095
- SSU = REDWOOD 2 (ALMIRANTAZGO) x 10,87
- SSU = SAYBOLT FUROL x 10
- SSU = GRADOS ENGLER x 34,5
- SSU = SEGUNDOS PARLIN COPA N° 15 x 98,2
- SSU = SEGUNDOS PARLIN COPA N° 20 x 187,0
- SSU = SEGUNDO FORD COPA N° 4 x 17,4

$$\text{VICOSIDAD DINÁMICA (CENTISTOKES)} = \frac{\text{VICOSIDAD CINEMÁTICA (CENTIPOISES)}}{\text{PESO ESPECÍFICO}}$$

$$\text{CENTISTOKES} = \text{SSU} \times 0,21645$$

LAS VISCOSIDADES Y PESOS ESPECÍFICOS SE VEN AFECTADOS CONSIDERABLEMENTE POR EFECTO DE LA TEMPERATURA

Golpe de ariete

Se entiende por golpe de ariete a las sobrepresiones que se producen en las tuberías ante cualquier modificación de la velocidad de circulación del fluido que por ellas discurre (apertura o cierre de una válvula, arranque o parada de una bomba, etc.) y como resultado de la modificación de la energía cinética del fluido en movimiento.

En el caso de paro de la bomba, el golpe de ariete se manifiesta primero con una depresión seguida de una sobrepresión.

El tiempo de parada T es el tiempo transcurrido entre el corte de energía, apertura o cierre de válvula y el instante en que se anula la velocidad de circulación del líquido. La fórmula de Mendiluce nos permite calcular con estimada aproximación el tiempo de parada:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot V}{g \cdot H_m}$$

Siendo:

- L : Longitud de la conducción (m).
- V : Velocidad del líquido (m/s).
- g : Velocidad de la gravedad (m/s²).
- H_m : Altura manométrica (mca).

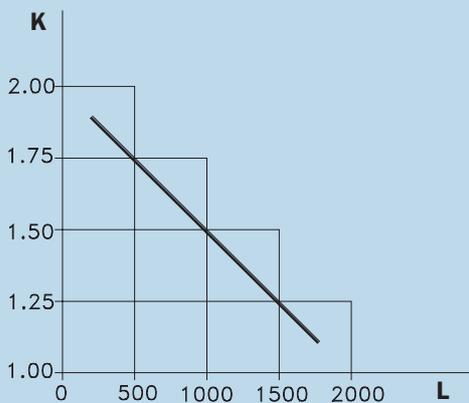
Para pendientes superiores al 50% debe tomarse gran precaución en el cálculo del golpe de ariete, siendo recomendable la aplicación exclusiva de la fórmula de Allievi, ya que en estos casos la parada es muy rápida.

Advertimos que la altura manométrica, que interviene en el cálculo de T ha de medirse inmediatamente aguas arriba de la bomba y por lo tanto ha de tenerse en cuenta la profundidad del nivel del agua, cuando se eleva mediante bombas sumergidas en pozos. L. Allievi dedujo que el golpe de ariete es un fenómeno oscilatorio que se propaga a lo largo de la tubería con una velocidad:

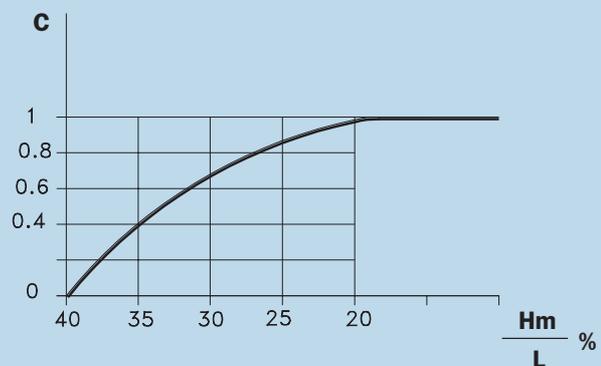
$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48 + K_1 \cdot \frac{D}{e}}}$$

Siendo:

- a : velocidad de propagación (m/s)
- D : diámetro de la tubería (mm.)
- e : espesor de la tubería en mm.



El coeficiente K representa principalmente el efecto de la inercia del grupo moto bomba y sus valores varían con la longitud de la impulsión.



El coeficiente C, nos fue impuesto por la experiencia y es función de la pendiente. (Hm/L)

Cálculo de K_1 :

$$K_1 = \frac{10^{10}}{E}$$

Donde

E: coeficiente de elasticidad de la tubería (kg/m²).

Valores prácticos de K_1 :

Acero	0,5
Fundición	1
Cemento	5
Fibro cemento	5,5
Poliéster	6,6
P.V.C.	33,3

Los tratados de hidráulica recomiendan utilizar para el cálculo de la sobrepresión las fórmulas siguientes:

Para $L < \frac{a \cdot T}{2}$ (impulsión corta),

fórmula de **Michaud**

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

Para $L > \frac{a \cdot T}{2}$ (impulsión larga),

fórmula de **Allievi**

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$$

En toda impulsión, aún cuando se cumpla

$$L > \frac{a \cdot T}{2}$$

y deba aplicarse por tanto la fórmula de **Allievi**, si se sigue la conducción en el sentido circulatorio del agua, siempre existirá un punto intermedio que cumplirá

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} \quad (\text{Longitud crítica})$$

y a partir de este, se tendrá

$$L_c < \frac{a \cdot T}{2}$$

debiendo aplicar en esta zona, la fórmula de **Michaud**.

La presión máxima alcanzada por la impulsión será igual a la suma de la presión estática o altura geométrica, con la sobrepresión máxima + ΔH .

$$H_{max} = H_g + \Delta H$$

La presión mínima será la diferencia entre la presión estática o altura geométrica y sobrepresión mínima - ΔH .

$$H_{min} = H_g - \Delta H$$

Tanto en impulsiones cortas como largas, el golpe de ariete puede alcanzar un valor superior a la presión estática y por consecuencia se produce una depresión en la tubería, por debajo de la presión atmosférica, con posible rotura de la vena líquida.

Conviene añadir que las tuberías están generalmente bien preparadas para resistir depresiones próximas a 1 kg/cm², muy superiores a las que en la práctica puedan producirse.

Protección contra el golpe de ariete

El golpe de ariete puede atenuarse o evitarse con sistemas concebidos al efecto tales como:

Volantes de inercia

Chimeneas de equilibrio

Depósitos de aire

Amortiguadores a vejiga

Válvulas de seguridad

Ventosas

Válvulas de retención

Válvulas de retención con by-pass diferencial

Válvulas de retención anti ariete

Moderadamente mediante arrancadores estáticos o variadores de velocidad

Selección de cables de alimentación

Para determinar el cable de alimentación debemos tener en cuenta los siguientes factores.

- La intensidad máxima admisible para conductos de cobre con aislamiento de EPDM según el reglamento para Baja Tensión.
- Máxima caída de tensión, la cual no debe superar el 3% del valor de la tensión nominal.
- $\cos \varphi$ 0,85
- Temperatura Ambiente 40 °C.

Para el cálculo utilizamos las siguientes fórmulas.

Corriente Monofásica

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot \Delta U}$$

Corriente Trifásica (Arranque directo)

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot \Delta U}$$

Corriente Trifásica (Arranque estrella - triángulo)

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sqrt{3} \cdot C \cdot \Delta U}$$

Siendo: S : Sección del cable en mm²
 I : Intensidad Nominal del motor en Amp.
 L : Longitud del cable en metros.
 $\cos \varphi$: Factor de potencia a plena carga.
 ΔU : Caída de tensión de la línea en 3%.
 Ejemplo: para 230 V = 6.9 V
 para 400 V = 12 V
 C : Conductividad eléctrica
 (56 m/mm² para Cu y 34 m/mm² para Al).

Máxima intensidad Admisible para un Cable TRIPOLAR o TETRAPOLAR Tipo H07RNF o similar (según R.B.T.)

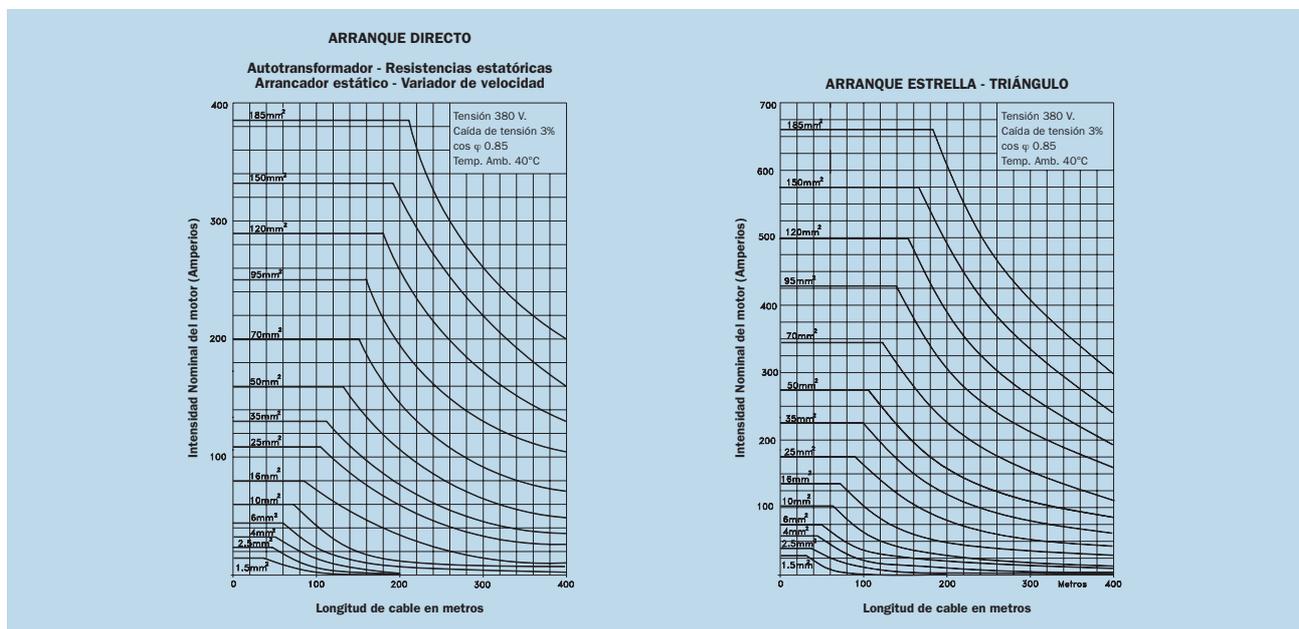
Sección (mm)	1,5	2,5	4	6	10	16	25
In. Max. (Amp.)	17	25	34	43	60	80	105

Sección (mm)	35	50	70	95	120	150	185
In. Max. (Amp.)	130	160	200	250	290	335	385

El incremento de la temperatura provocado por la corriente eléctrica no debe dar lugar a una temperatura en el conductor superior a la admitida por el aislamiento, es decir 90°C, para temperaturas ambientes superiores a 40°C se utilizarán los siguientes factores de corrección.

Temperatura °C	15	20	25	30	35	40	45	50
Factor de Corrección	1,22	1,18	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,9

Los cables se ven igualmente afectados por otras causas, cables expuestos directamente al sol (factor 0,9), cables instalados dentro de un tubo, al aire o empotrado (factor 0,8), agrupación de varios cables, etc.





Espa Group

Bombas de líquidos viscosos

Para evitar la formación de torbellinos es necesario una altura mínima para la expresión

Equipos de presión

Calculo del volumen de un pozo para bombeo

Relaciones fundamentales de las bombas de alta presión

Se puede elevar 150 m³/h desde un pozo hasta un depósito situado en una cota más elevada

Pérdidas y rendimientos (factores de conversión)

Los reductores excéntricos deben colocarse con su parte plana abajo

Calculo de la altura manométrica

Se deben evitar los cambios bruscos de sección entre la entrada y el pozo

Orificios y juntas de agua

Diseño de la tubería

de la vena líquida

Conviene añadir que las tuberías están generalmente bien protegidas por los equipos

Pérdidas de carga



www.espa.com

