

JORNADAS TÉCNICAS SOBRE ESTACIONES DE BOMBEO

“Introducción y diseño de instalaciones de bombeo para riego.”

5 de Mayo de 2010

Javier Borso di Carminati Guerra

Índice

- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.

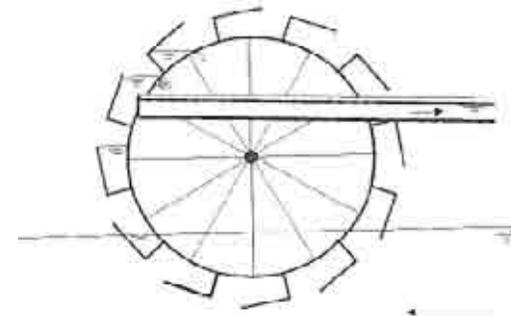
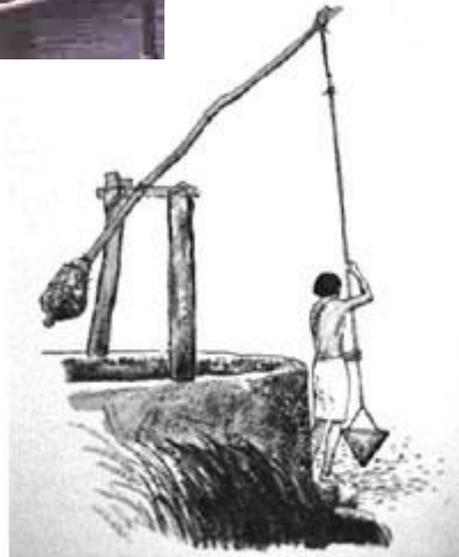
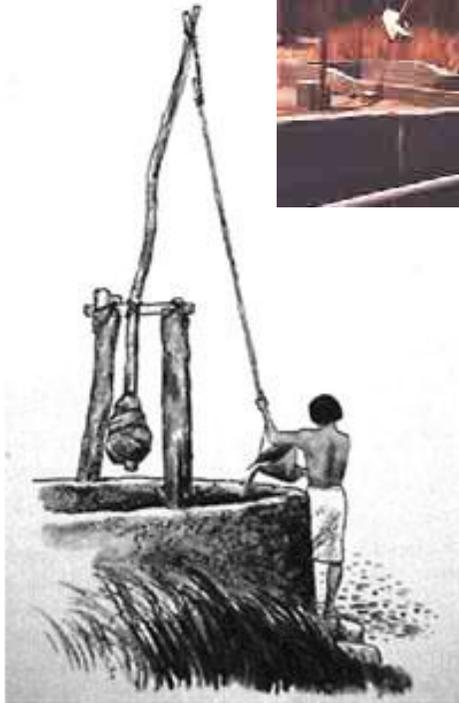


Índice

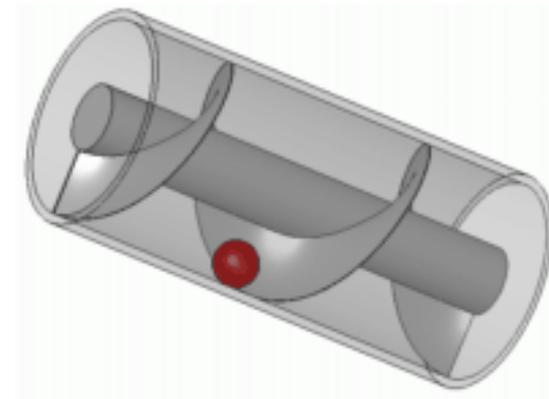
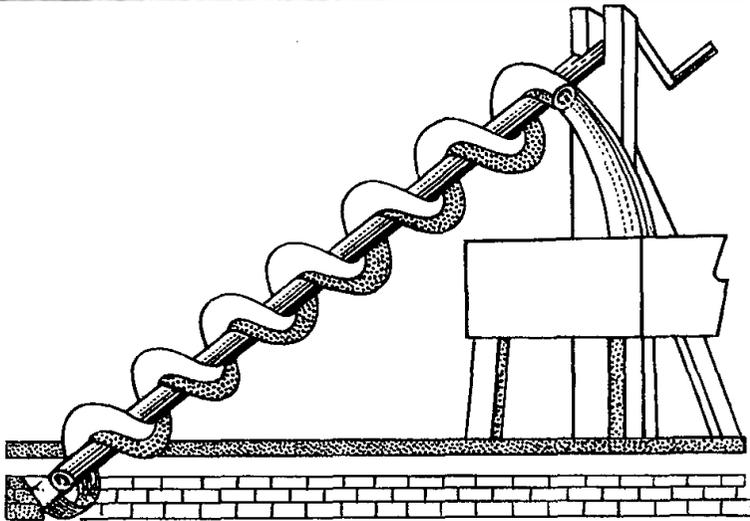
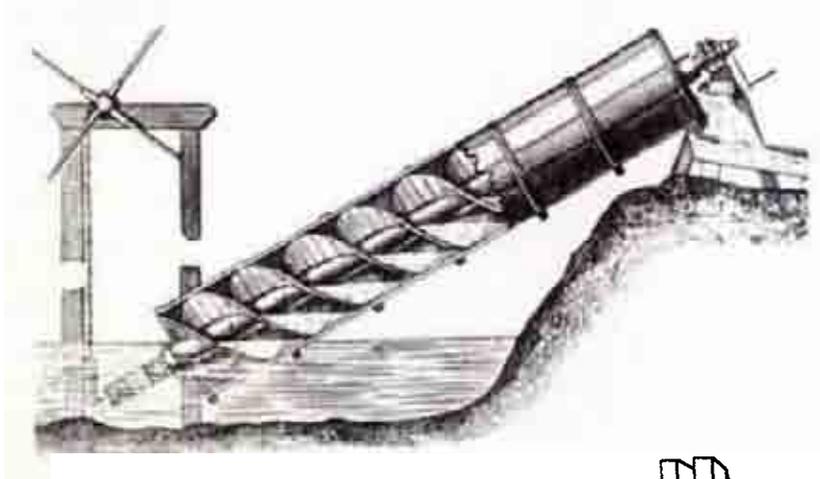
- **Introducción. Necesidad de las bombas.**
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.



Necesidad de bombeo



Necesidad de bombeo

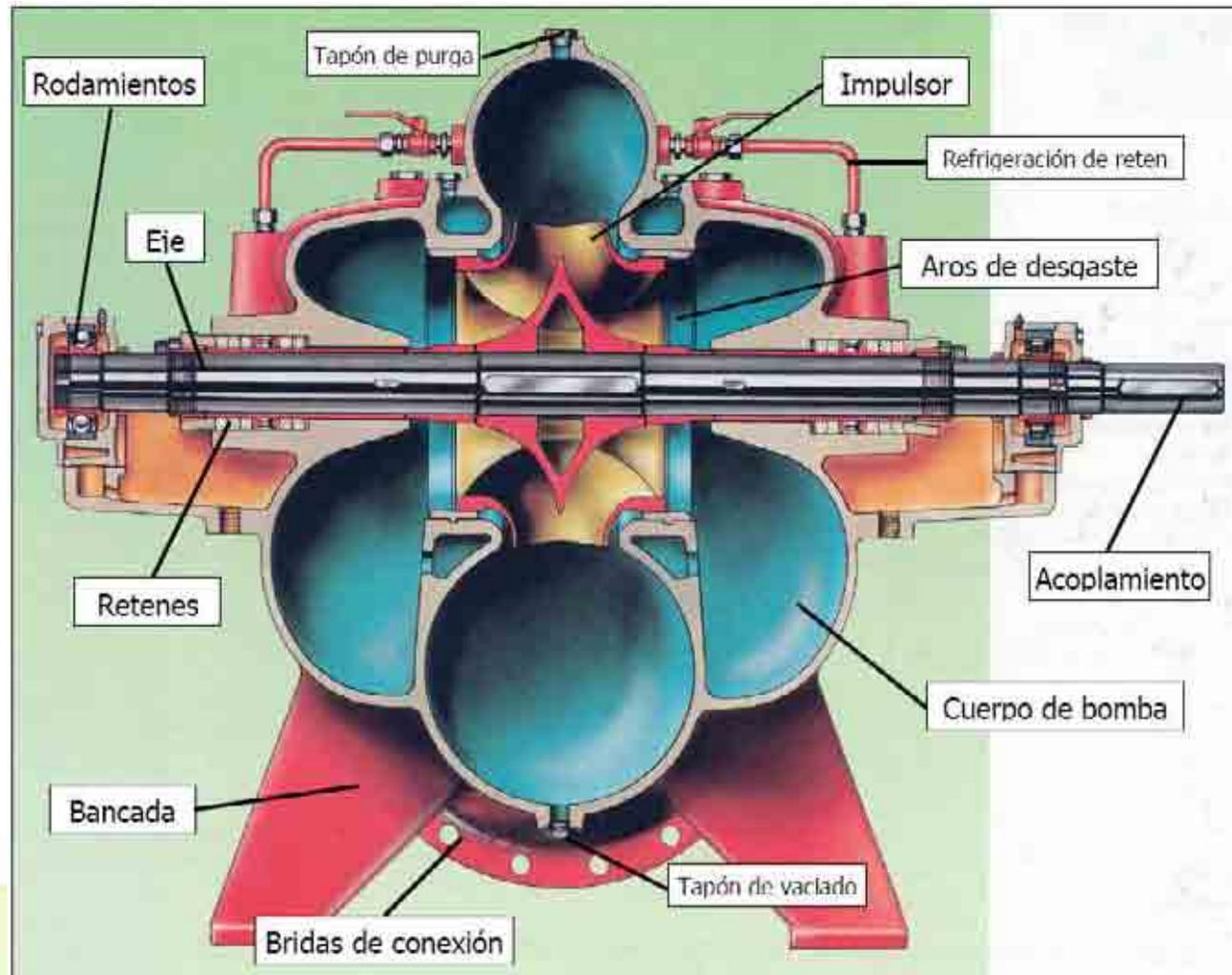


Índice

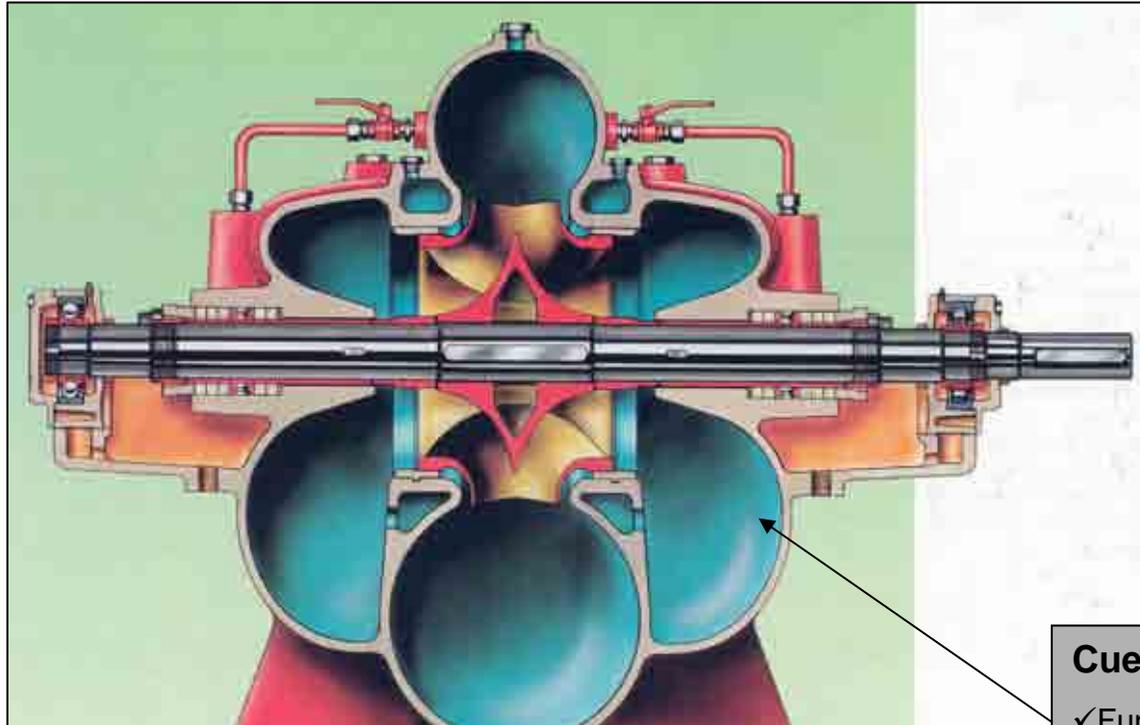
- Introducción. Necesidad de las bombas.
- **Partes de una bomba.**
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.



Partes de una bomba



Partes de una bomba



Cuerpo de la bomba

- Función hidráulica: conduce fluido a tubería de impulsión
- Función mecánica: soporta y transmite los esfuerzos (y presión agua)
- Bombas grandes: difusor (transición velocidad a la salida del rodete)
- Sufre poco desgaste durante su vida útil

Cuerpo de bomba

- ✓ Fundición gris o nodular
- ✓ Bronce o inox. (muy raro)

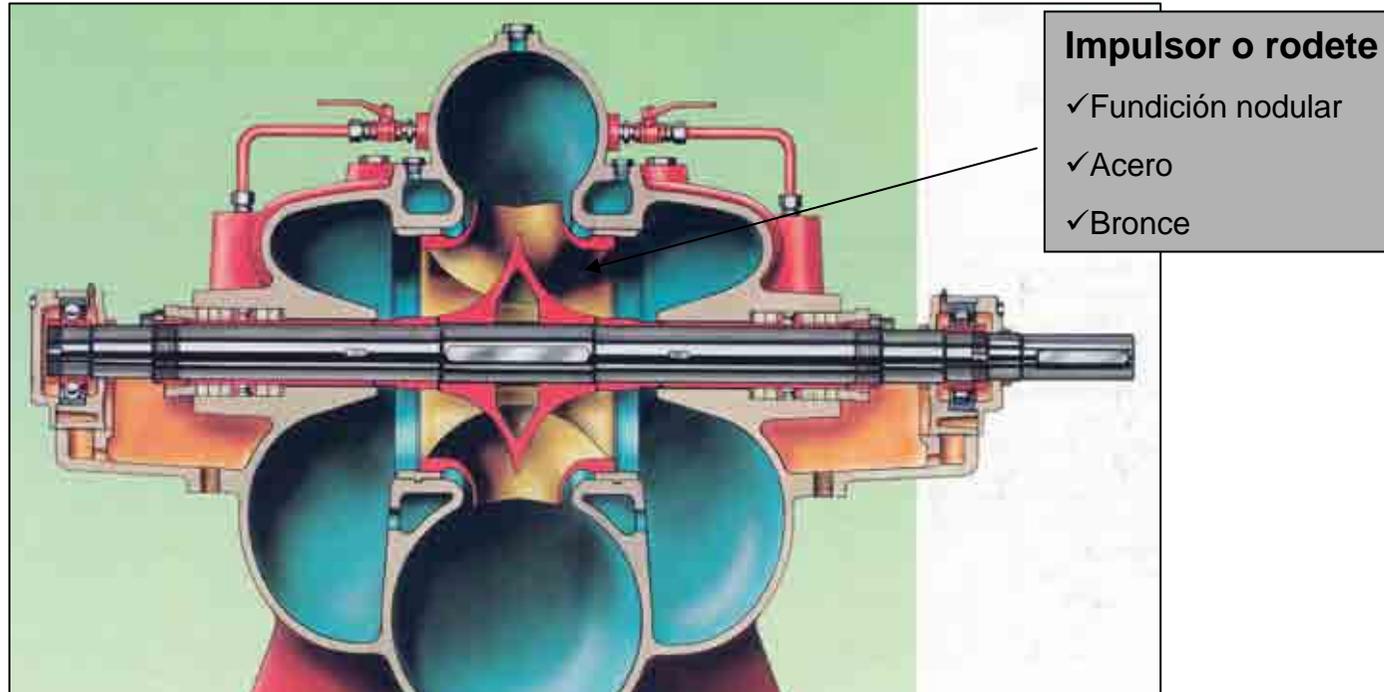
Partes de una bomba



Partes de una bomba



Partes de una bomba



Impulsor o rodete

- ✓ Transforma la potencia que recibe del eje (solidariamente acoplado) y la transforma en energía hidráulica
- ✓ Su geometría define el rendimiento y comportamiento de la bomba
- ✓ Parámetro de diseño: diámetro final del impulsor
- ✓ Sufre gran desgaste (pérdidas rendimiento y modificación del pto funcionamiento)

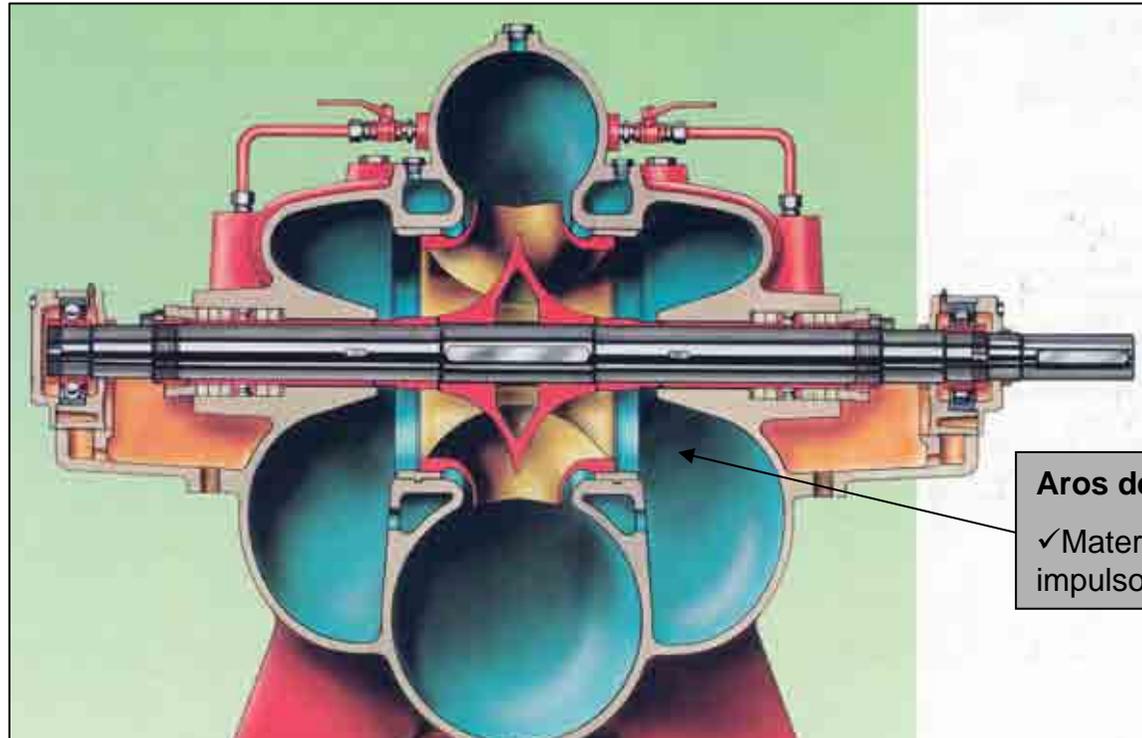
Partes de una bomba



Partes de una bomba



Partes de una bomba



Aros de desgaste

- ✓ Material más blando que el impulsor

Aros de desgaste

- ✓ Garantizan la estanqueidad a ambos lados del impulsor, minimizando el retorno
- ✓ Los aros se sitúan entre impulsor y cuerpo, siendo fácilmente sustituidos en el mantenimiento

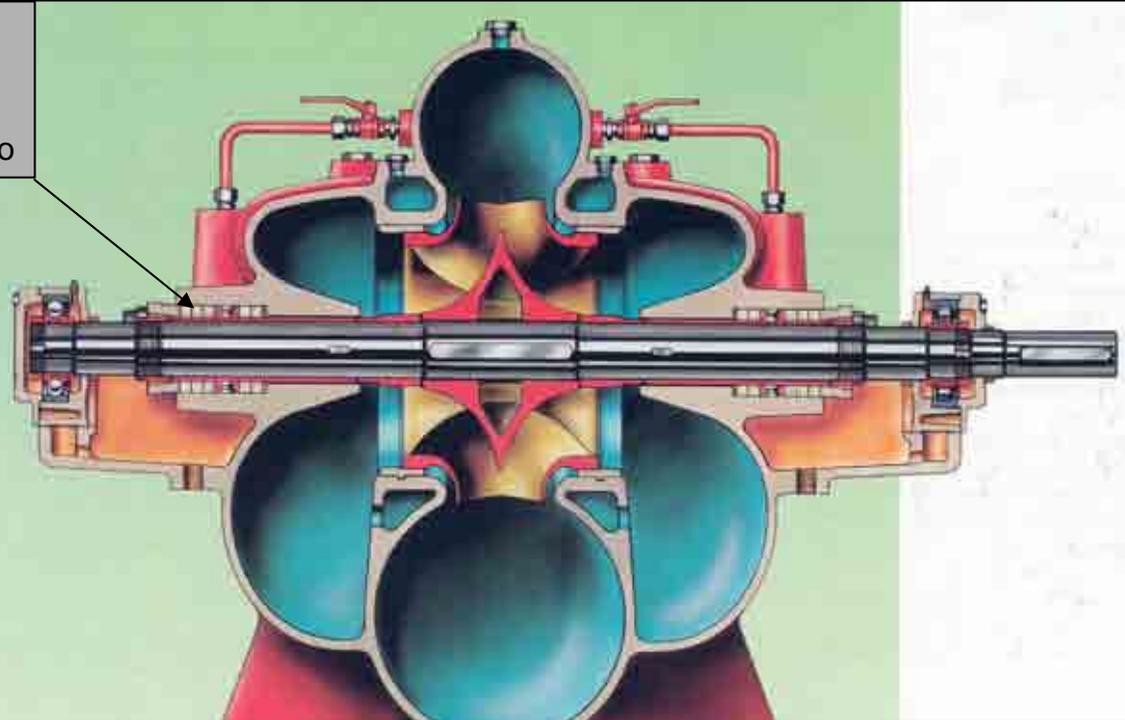
Partes de una bomba



Partes de una bomba

Retenes

- ✓ Prensa-estopa
- ✓ Cierre mecánico



Retenes

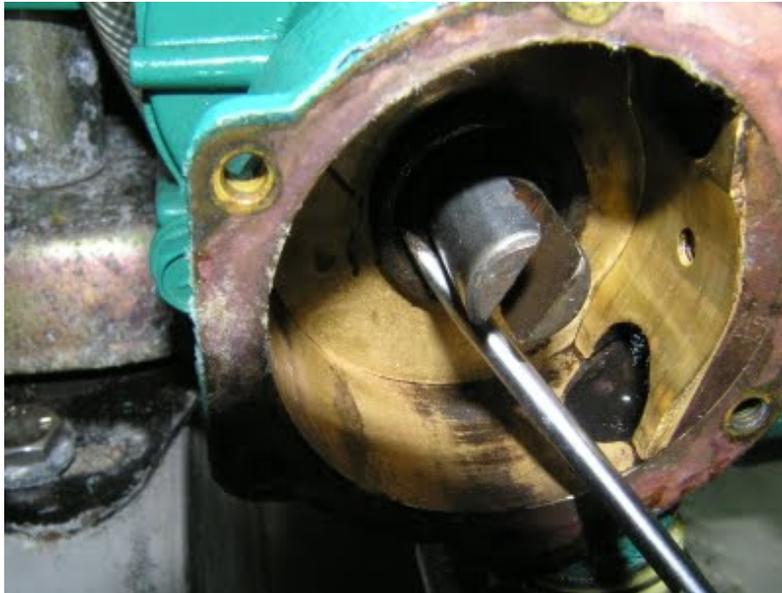
- ✓ Prensa-estopa:

Cordones trenzados de fibra vegetal o mineral con amianto y grafito para facilitar el deslizamiento del eje. Un anillo metálico empujado por tornillos presiona el cordón.

- ✓ Cierre mecánico

Formado por platos, unos fijos al cuerpo de la bomba y otros que giran con el eje, de materiales duros y de gran precisión

Partes de una bomba



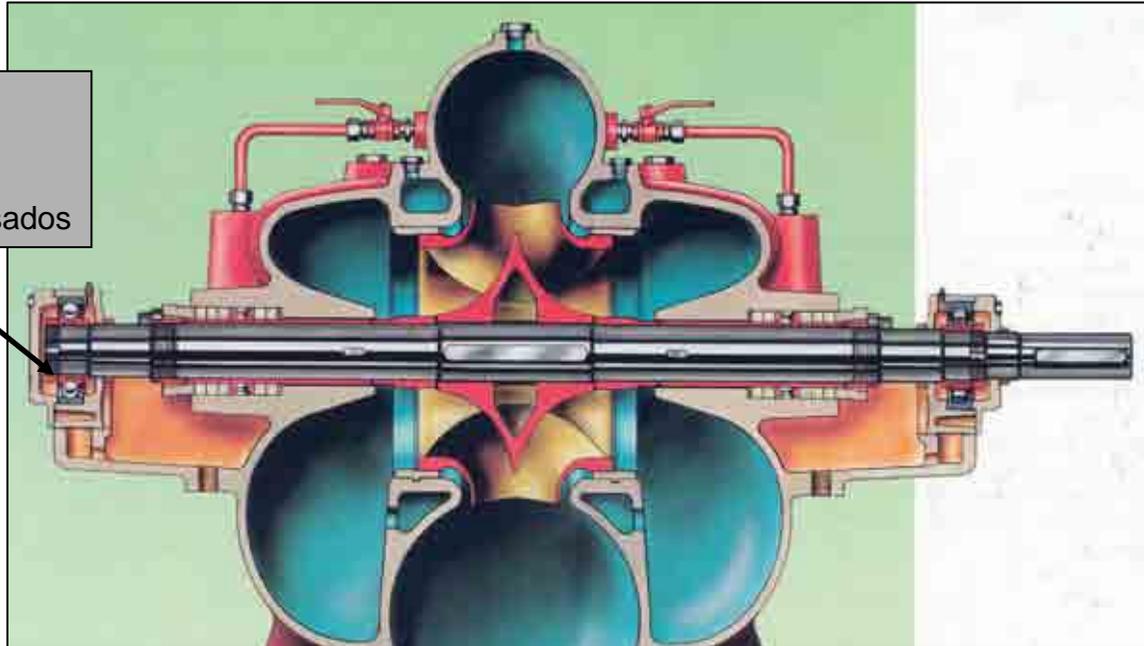
Partes de una bomba



Partes de una bomba

Rodamientos

- ✓ Bolas o cilindros
- ✓ Lubricados y engrasados



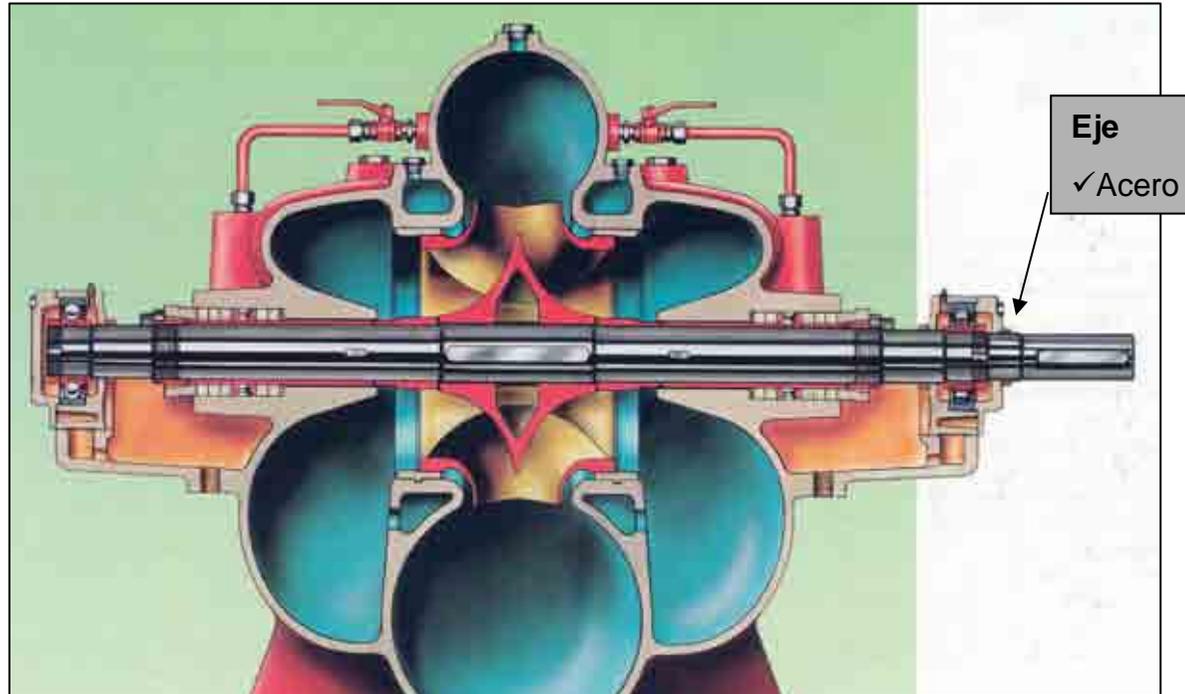
Rodamientos

- ✓ Permiten el apoyo del eje en el cuerpo y el giro libre del mismo
- ✓ Soportan, aparte de los esfuerzos de la rotación, otras sollicitaciones.
- ✓ Bombas de voluta: eje trabaja como ménsula empotrada en un gran rodamiento que tiene en el extremo la carga radial. También soporta componente axial
- ✓ Bombas verticales: todo el esfuerzo es de tracción
- ✓ Bombas de cámara partida: en ambos extremos del eje, aunque los esfuerzos axiales se anulan practicamente. También carga central del impulsor

Partes de una bomba



Partes de una bomba



Eje de la bomba

- ✓ Transmite al impulsor la potencia de rotación recibida por el motor
- ✓ Transmite al cuerpo a través de los rodamientos esfuerzos y cargas que se producen en el impulsor
- ✓ Dos elementos de acoplamiento: motor e impulsor
- ✓ Inciden en el eje los elementos de estanqueidad
- ✓ Fabricación a partir del mecanizado de precisión de barras de acero
- ✓ Importante alineado dinámico del conjunto para evitar vibraciones

Partes de una bomba



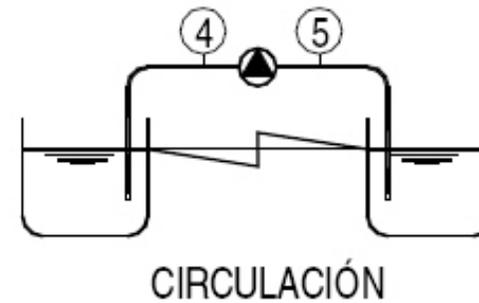
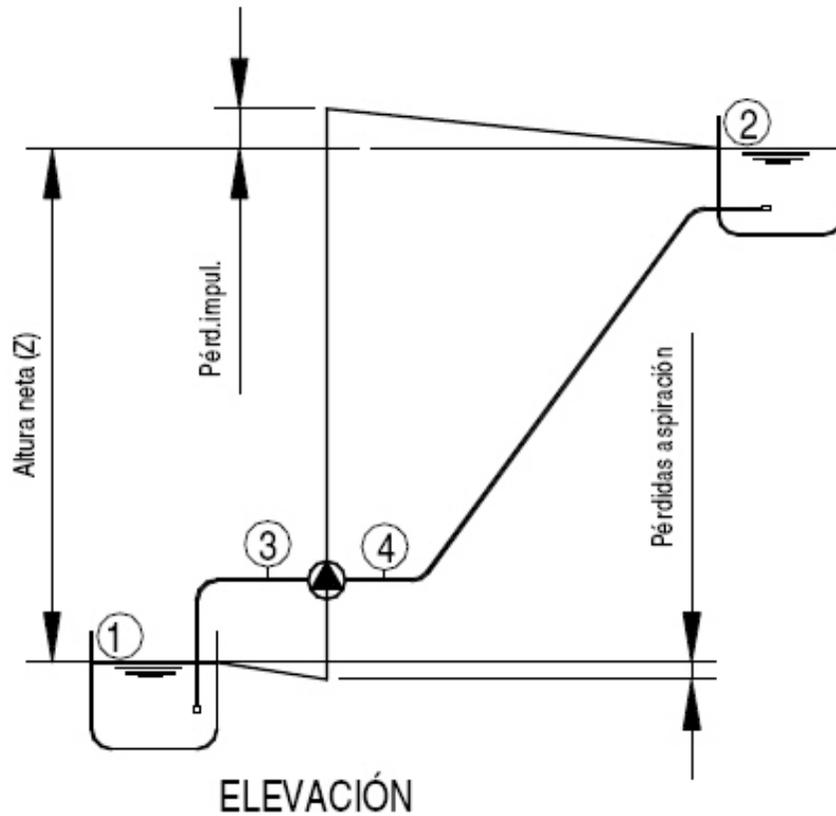
Índice

- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- **Hidráulica básica.**
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.

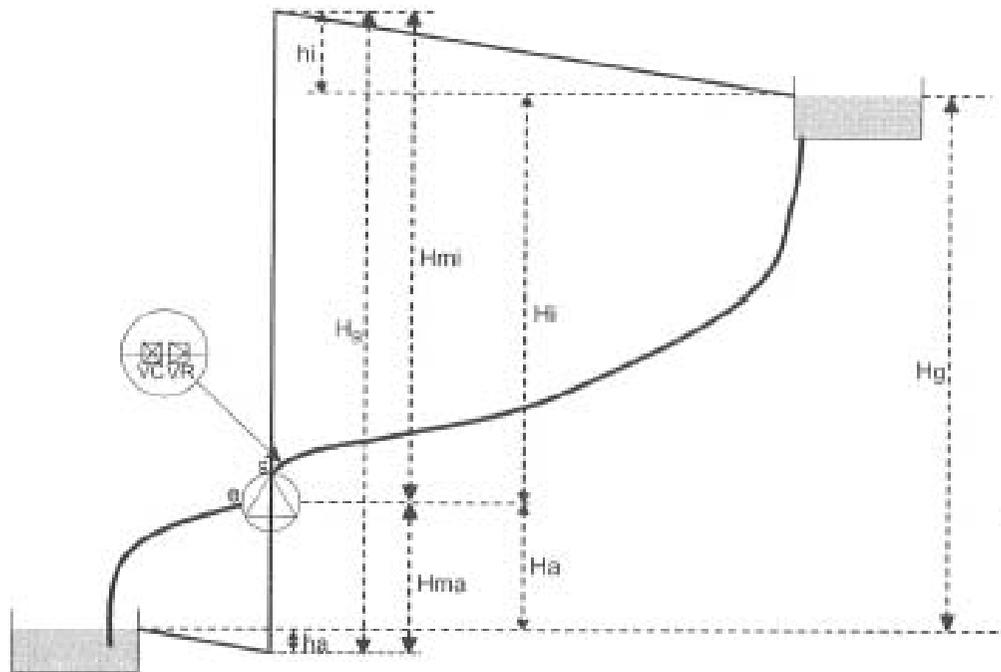


Hidráulica de las bombas

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_r + h_s$$



Alturas en una instalación elevadora



H_g Altura geométrica de elevación

H_a Altura geométrica de aspiración

H_i Altura geométrica de impulsión

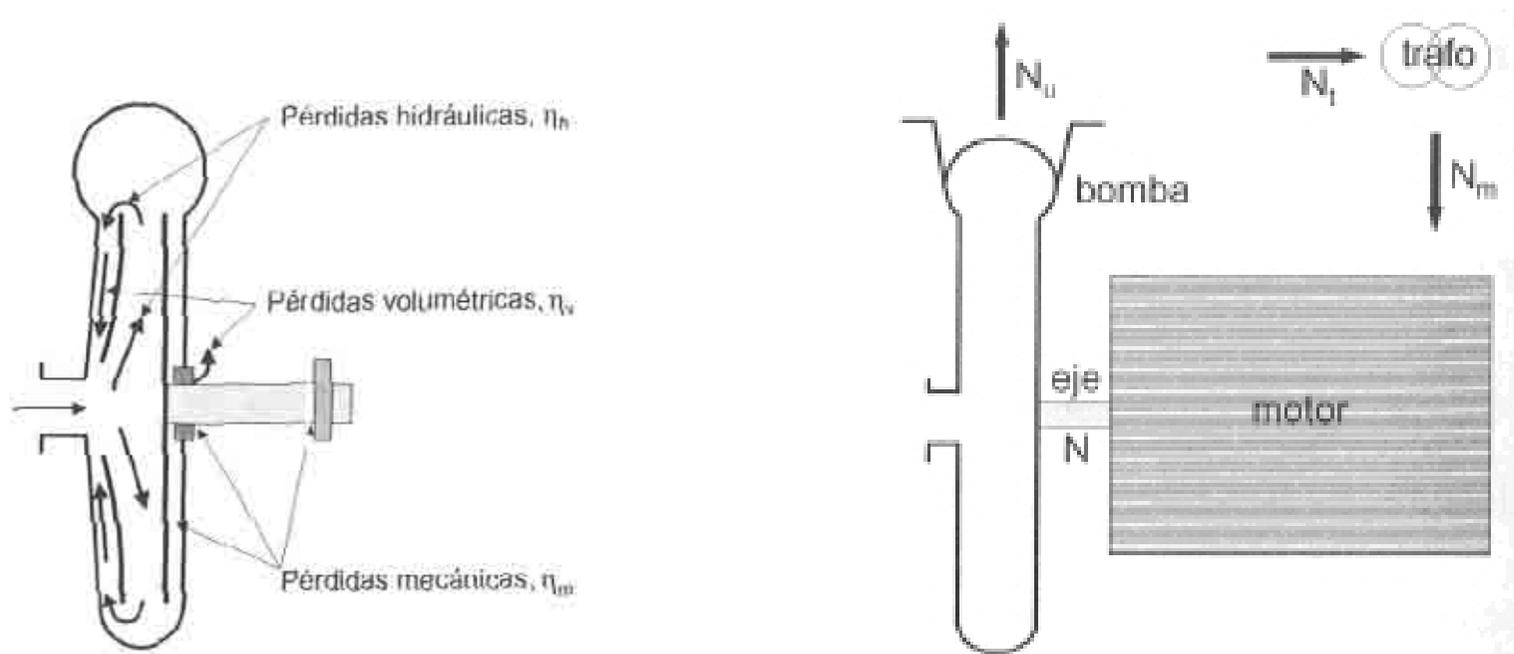
H_{ma} Altura manométrica de aspiración

H_{mi} Altura manométrica de impulsión

$$H_{ma} + H_{mi} = H_b$$

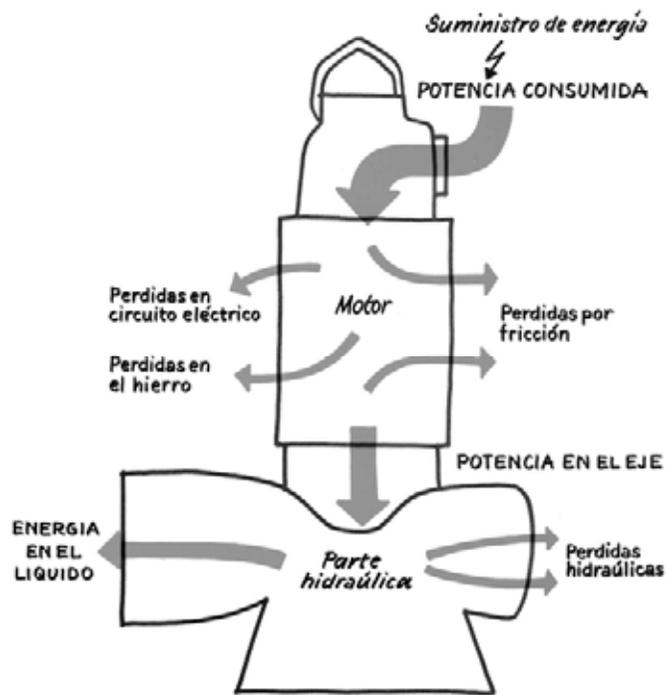
H_b Altura manométrica total

Potencias y rendimientos en una instalación elevadora



$$P_b \text{ (Kw)} = \frac{Q(\text{l/s}) \cdot H(\text{mca})}{102 \cdot \mu_b}$$

Potencias y rendimientos en una instalación elevadora



$$P_m \text{ (Kw)} = \frac{P_b \text{ (Kw)}}{\mu_m} = \frac{Q \text{ (l/s)} \cdot H \text{ (mca)}}{102 \cdot \mu_b \cdot \mu_m}$$

$$P_m \text{ (Kw)} = \sqrt{3} \cdot U \text{ (Kv)} \cdot I \text{ (A)} \cdot \cos \varphi$$

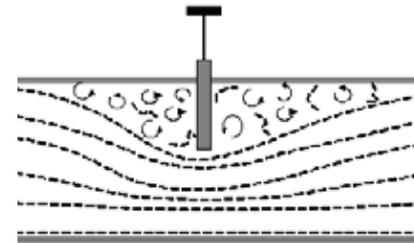
$$I \text{ (A)} = \frac{Q \text{ (l/s)} \cdot H \text{ (mca)}}{102 \cdot \sqrt{3} \cdot \mu_b \cdot \mu_m \cdot U \text{ (KV)} \cdot \cos \varphi}$$

Motores grandes: 10% incremento potencia
 Motores pequeños: 15% incremento potencia

Cavitación

$$H_1 = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \Rightarrow \frac{P_2}{\gamma} = H_1 - \left(z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \right)$$

- Efectos perjudiciales
- Situación de las bolsas de vapor
 - Condensación brusca

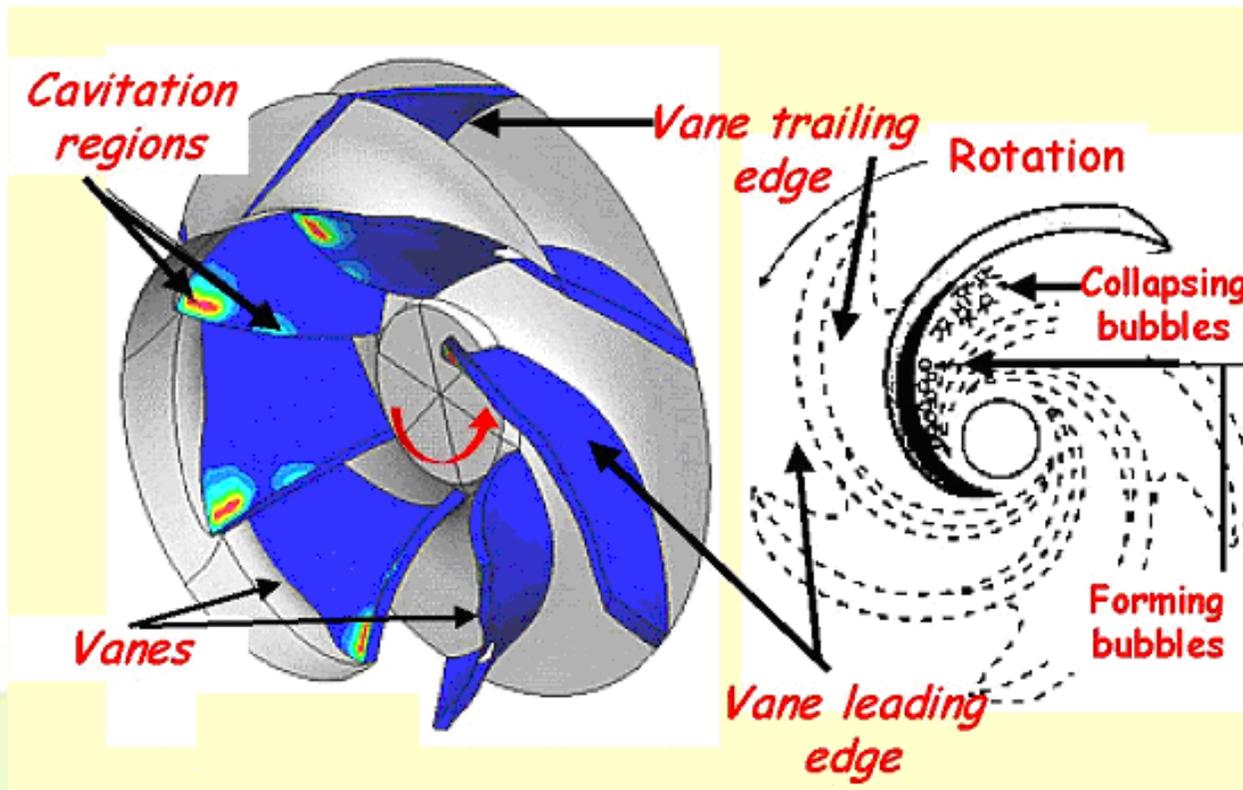


Coefficiente de cavitación, σ

$$\sigma = \frac{\frac{P}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma}}{V^2 / 2g} \begin{cases} \sigma > \sigma_c & \text{No habrá peligro de cavitación} \\ \sigma \leq \sigma_c & \text{Riesgo de cavitación} \end{cases}$$

Cavitación

$$H_1 = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \Rightarrow \frac{P_2}{\gamma} = H_1 - \left(z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \right)$$

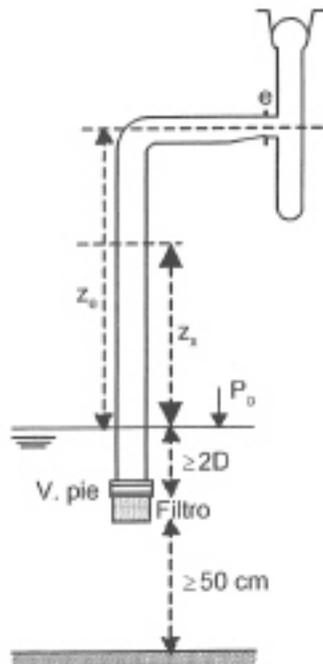


Cavitación



Altura de aspiración en bombas. Factor NPSH.

$$H_0 = z_e + \frac{P_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + \Delta H \Rightarrow \frac{P_e}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} - \left(z_e + \frac{v_e^2}{2g} + \Delta H \right)$$



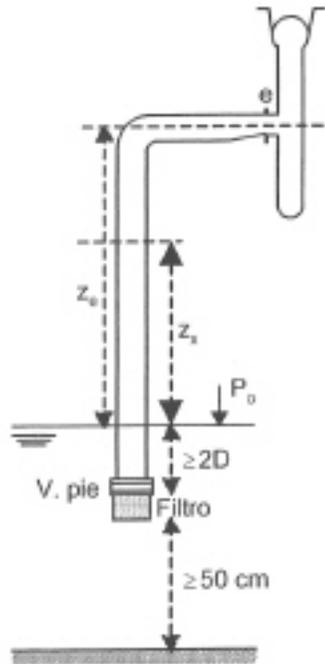
El vacío absoluto = -1 atm = -10,33 mca

En la práctica el límite se encuentra entre 6 - 6,5 m

$$NPSH_d = \frac{P_0}{\gamma} - z_e - h_v - K \cdot Q^2$$

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,7(mca)$$

Altura de aspiración en bombas. Factor NPSH.



Ejemplo

Tª agua bombeada: 25°C a 300 msnm

Presión de vapor: 0,336 m

Presión atmosférica: $10,33 - 0,0012 \cdot h = 9,97$ m

Altura aspiración: 2,5 m

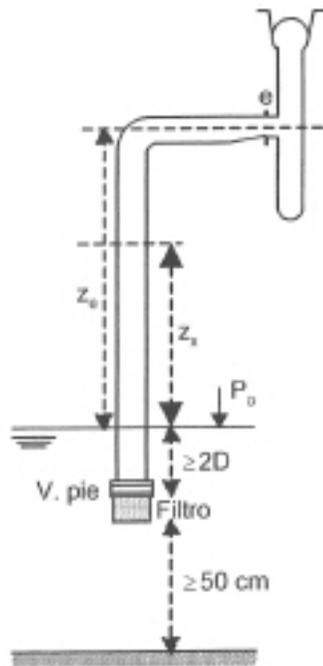
Pérdidas de carga aspiración: 0,6 m

T (°C)	P_v/γ	T (°C)	P_v/γ
0	0,062	40	0,753
4	0,083	50	1,258
10	0,125	60	2,033
20	0,239	80	4,831
30	0,433	100	10,333

$$NPSH_d = \frac{P_0}{\gamma} - h_v - z_e - K \cdot Q^2 = 9,97 - 0,336 - 2,5 - 0,6 = 6,53m$$

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,7 \Rightarrow NPSH_r < 5,83m$$

Altura de aspiración en bombas. Factor NPSH.



Ejemplo

Tª agua bombeada: 25°C

Altitud: 300 msnm

Altura de aspiración: 2,5

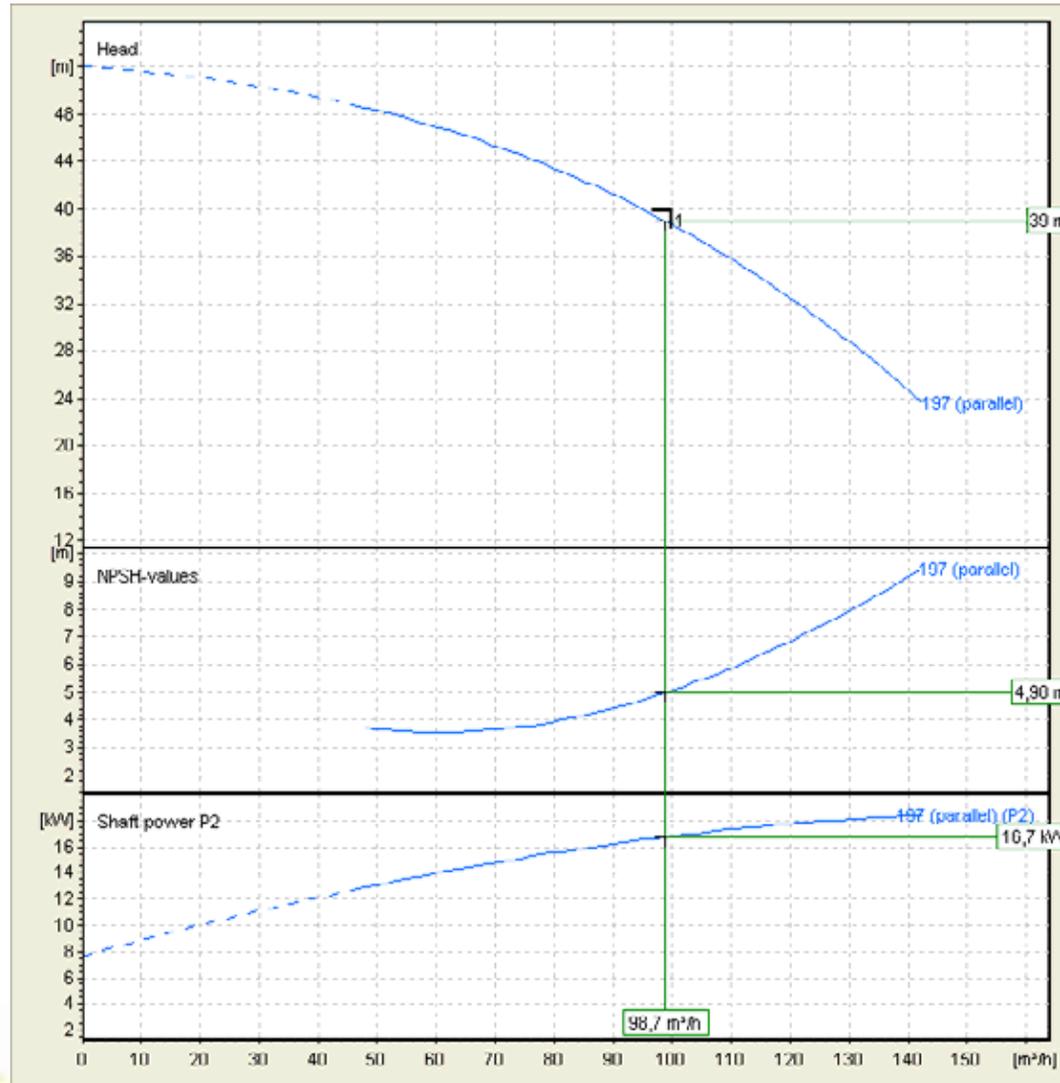
Pérdidas de carga en aspiración: 0,6

°C	Reduccion en Metros
4,40	0,0856
10,00	0,1254
15,60	0,1804
21,10	0,2482
26,70	0,3566
32,20	0,4913
37,80	0,6678
43,30	0,8967
48,90	1,1918
54,40	1,5682
60,00	2,0345

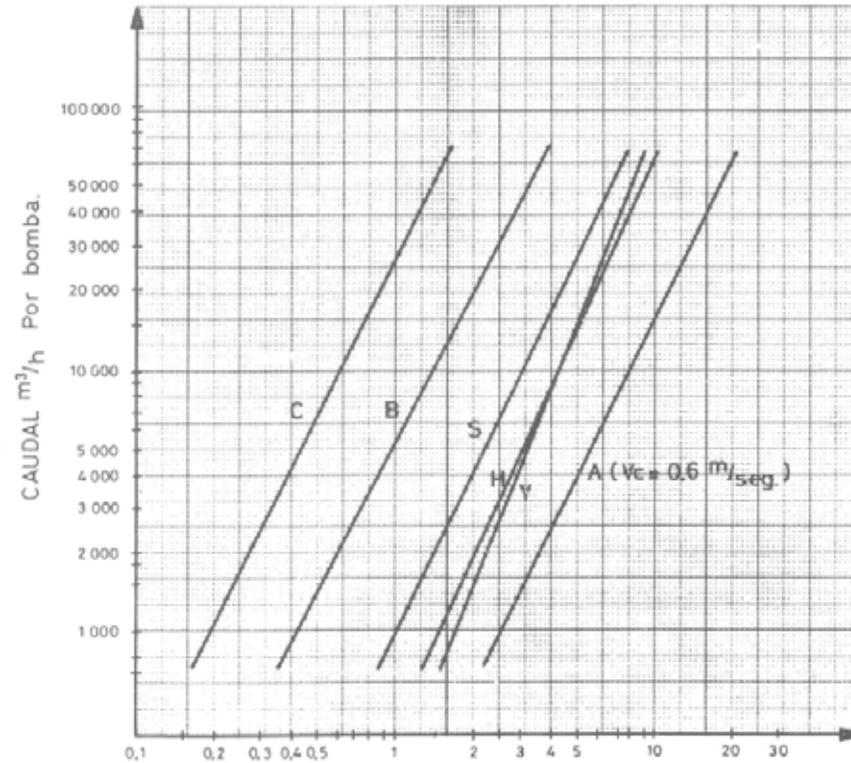
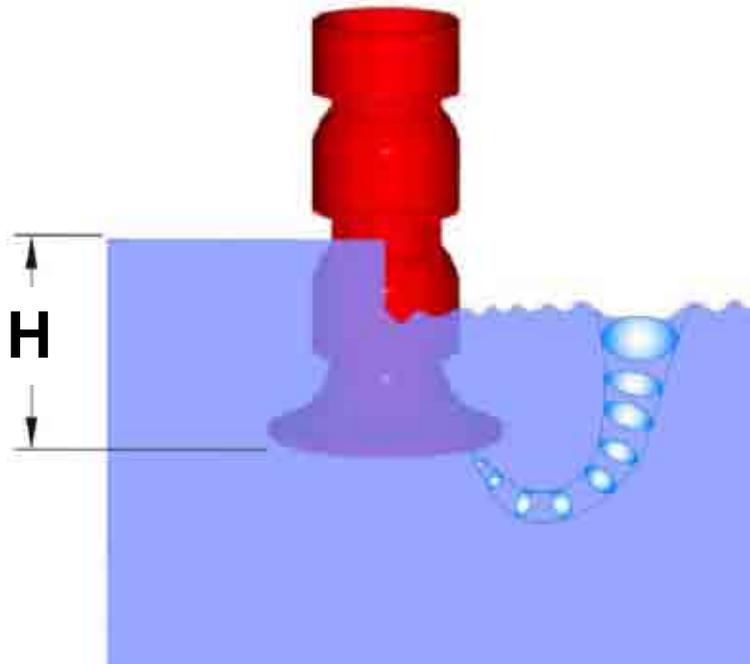
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN METROS	REDUCCION AL CALCULO DE NPSH POR ALTURA ASNM EN METROS
0,0	0,000
304,8	0,366
609,9	0,725
914,4	1,076
1.219,2	1,411
1.524,0	1,740
1.828,8	2,054
2.133,6	2,362
2.438,4	2,664

CALCULO NPSH EN BOMBAS		Metros
A	Presión atmosférica disponible al nivel del mar 10,34 mts.	10,34
B	Corrección presión atmosférica por altura. 0,6 Tabla corrección por altura	0,6
C	Presión atmosférica Disponible en la ubicación de bomba C=(A-B)	9,74
D	Reducción de la Presión atmosférica	
E	1 - Altura dinámica total (DTH) H estática + pérdidas succión.	8,7
F	2 - Presión de vapor por temperatura. 0,25 Tabla de corrección por temperatura	0,25
G	3 - Factor de seguridad (1,7 Metros)	0,7
D	Total por Reducciones: D=(E+F+G)	7,65
H	NPSH Disponible del sistema H=(C-D)	2,09
I	NPSH requerido ver la curva NPSH de la bomba	
J	NPSH excedido disponible, si entrega resultado positivo está correcto J=(H-I)	2,09

Ingresar valores en todas las celdas amarillas



Sumergencia



Semejanza en bombas

Dimensiones proporcionales y ángulos coincidentes
Comportamientos cinemático y dinámico coinciden

Bombas son semejantes

Leyes de semejanza

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{n}{n'} \cdot \left(\frac{D}{D'}\right)^3 \quad \frac{H}{H'} = \frac{n^2 \cdot D^2}{n'^2 \cdot D'^2} \quad \frac{N}{N'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^3 \cdot \left(\frac{D}{D'}\right)^5$$

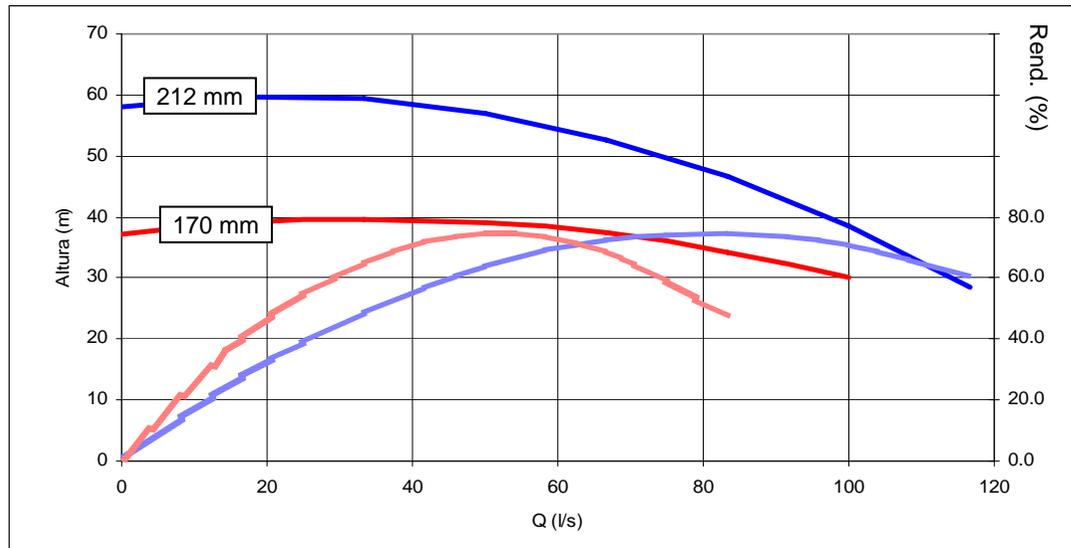
- Diámetro del impulsor (D)
- Velocidad de giro (n)

Ejemplo:

Recorte 20% álabes rodete

- {
- 36% reducción del caudal
 - 36% reducción de la altura de elevación
 - 59% reducción de la potencia consumida

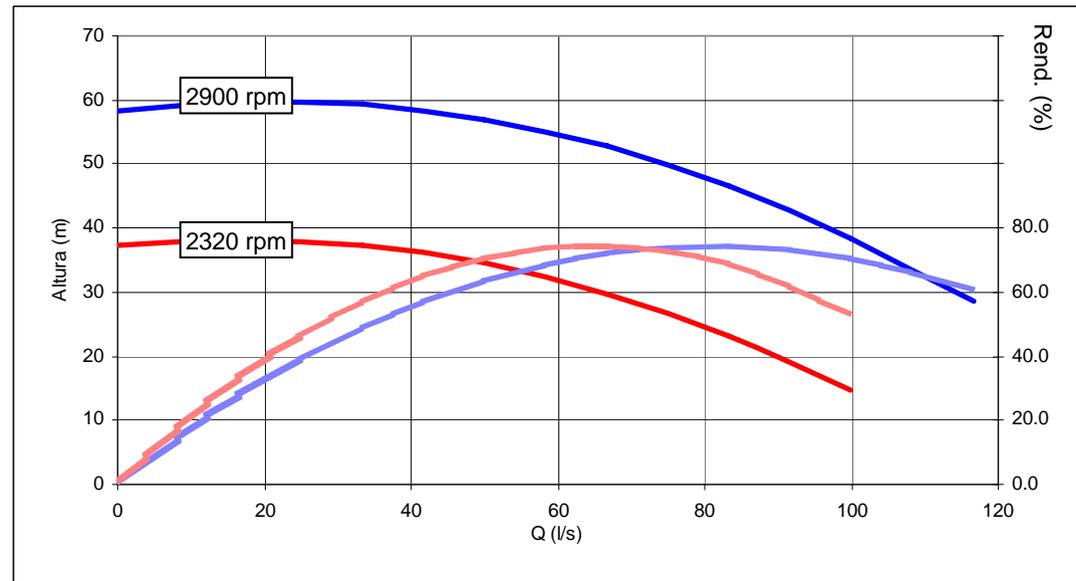
Semejanza en bombas. Recorte de rodete.



$$\frac{r}{r'} = \lambda; \frac{H}{H'} = \lambda^2; \frac{Q}{Q'} = \lambda^2; \frac{P}{P'} = \lambda^4 \quad H = a.\lambda^2 + b.Q + \frac{c}{\lambda^2}.Q^2$$

$$\eta = \frac{d}{\lambda^2}.Q + \frac{e}{\lambda^4}.Q^2$$

Semejanza en bombas. Variación de la velocidad.

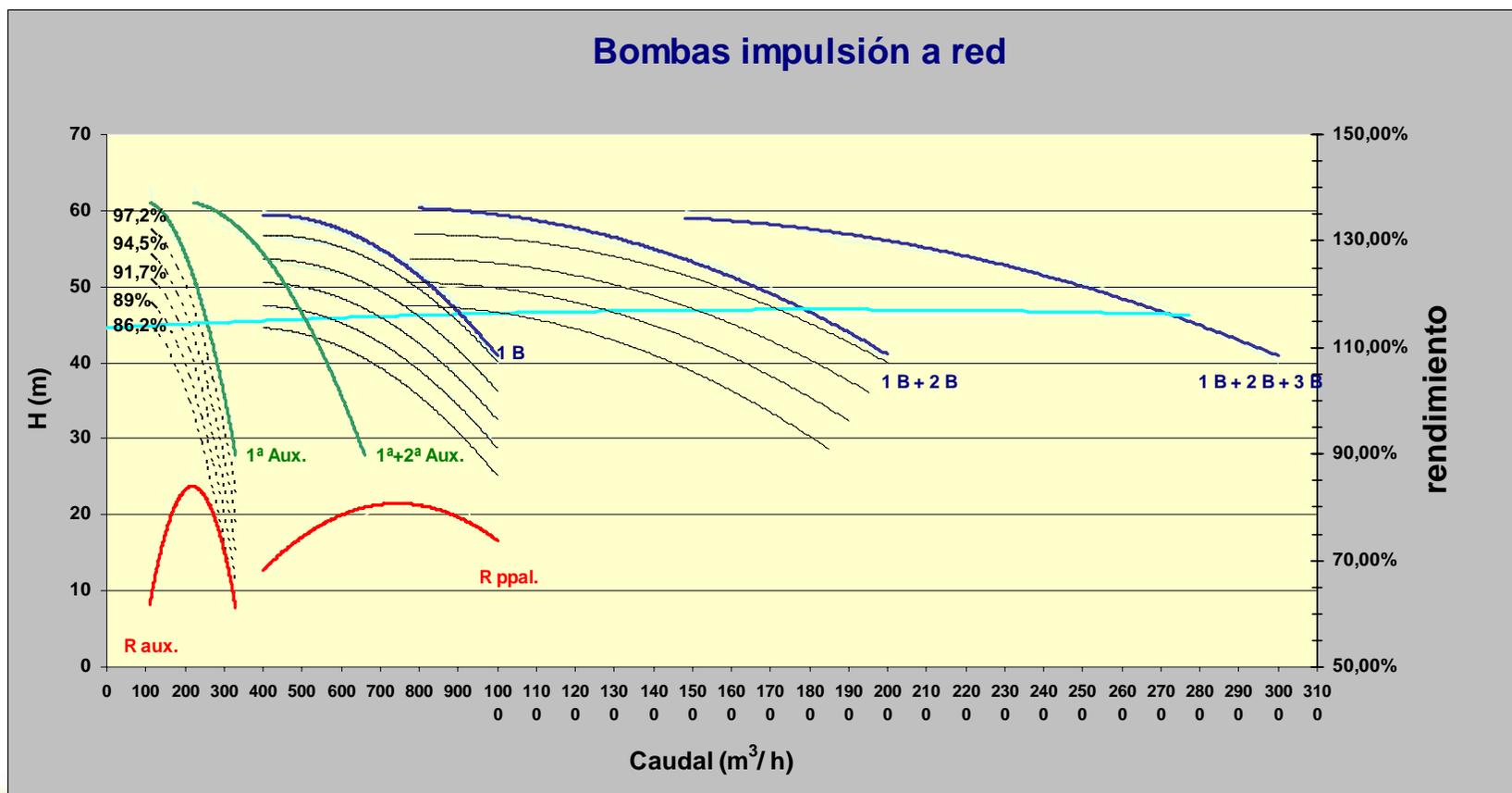


$$\frac{n}{n'} = \alpha; \frac{H}{H'} = \alpha^2; \frac{Q}{Q'} = \alpha^3; \eta = \eta'$$

$$H = a.\alpha^2 + b.Q.\alpha + c.Q^2$$

$$\eta = \frac{d}{\alpha} . Q + \frac{e}{\alpha^2} . Q^2$$

Semejanza en bombas. Variación de la velocidad.



Índice

- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- **Tipos de bombas.**
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.



Tipos de bombas

- Bombas de desplazamiento positivo
- Bombas gravimétricas
- Bombas rotacionales o rotodinámicas

$$H = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Bombas de desplazamiento positivo

Trabajan por el principio del desplazamiento del fluido que se manipula.

- **Bombas alternativas:** Se consigue el movimiento del fluido a través del desplazamiento alternativo de un elemento de la bomba.
- **Bombas rotativas:** Poseen elementos rotativos que desplazan o comprimen el fluido que se encuentra en el interior de una carcasa. Suministran el caudal directamente proporcional a la velocidad de giro.



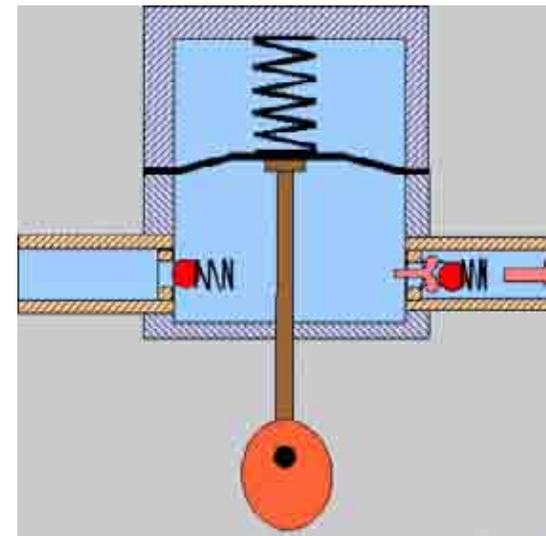
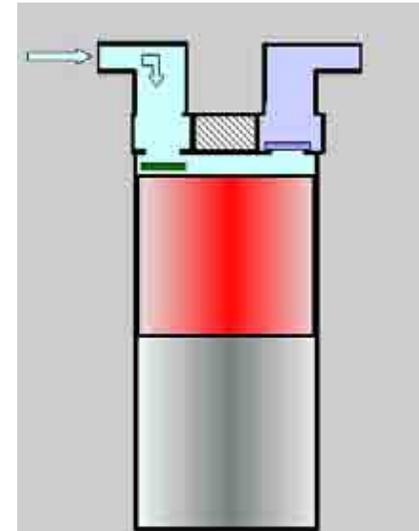
Bombas de desplazamiento positivo. Alternativas.

Bomba alternativa de pistón

- El elemento que se desplaza alternativamente en un cilindro es un pistón o émbolo.
- El caudal resultante es el producto de la sección recta del cilindro por la longitud de la carrera y el número de carreras por unidad de tiempo.
- Empleo en los equipos de bombeo de hormigón.

Bomba alternativa de diafragma

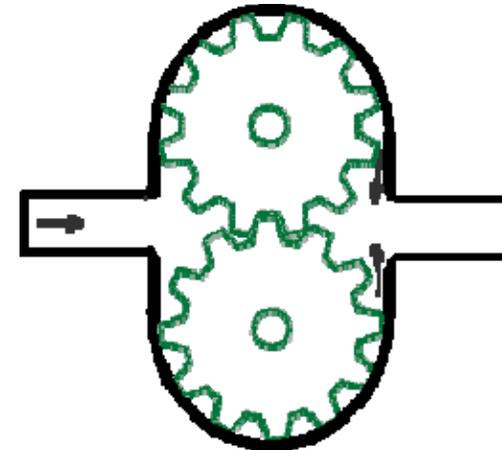
- El elemento alternativo es un diafragma flexible que oscila por la acción de un disco mecánico unido al centro.
- Adecuadas para la manipulación de líquidos corrosivos.
- Empleo en las bombas de gasolina de automóviles.



Bombas de desplazamiento positivo. Rotativas.

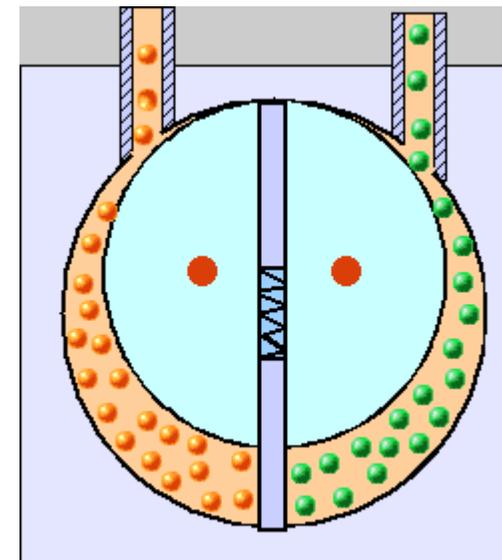
Bomba de engranajes

- Funcionan al entrar el fluido entre la carcasa y uno o más engranajes giratorios, haciéndolo desplazarse de esta forma
- Empleo en las bombas de aceite para los automóviles



Bomba de paletas

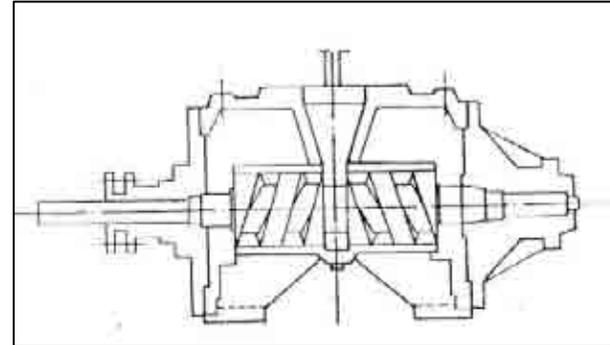
- Formadas por un rotor ranurado cilíndrico
- En las ranuras del rotor se insertan las paletas (deslizantes u oscilantes)
- Empleo como bombas de vacío o compresores



Bombas de desplazamiento positivo. Rotativas.

Bomba de husillo

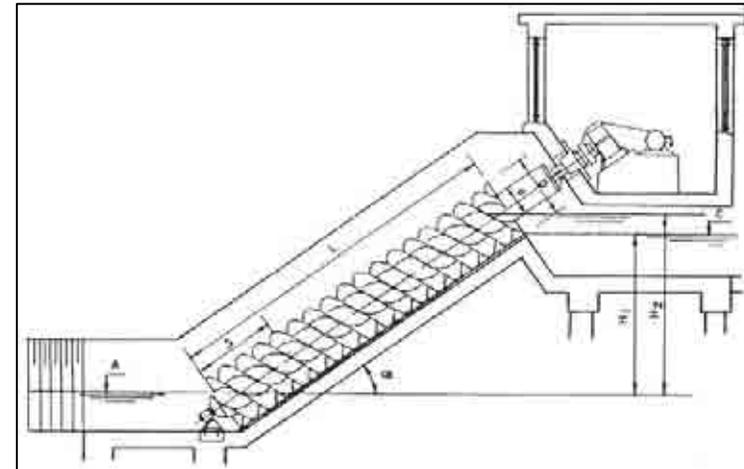
- Tienen un rotor en forma de husillo o tornillo sinfín que gira dentro de la carcasa o estátor
- El flujo es axial, con lo que deben contrarrestarse los empujes mediante cojinetes
- Empleo para manejo de aceites y fluidos viscosos



Bombas Gravimétricas

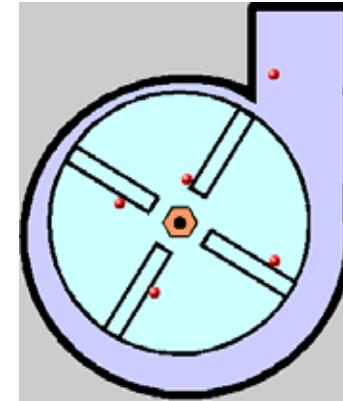
Tornillo de Arquímedes

- Buen rendimiento para una amplia gama de caudales, visibilidad de funcionamiento
- Empleo para manipulación de aguas residuales y saneamiento

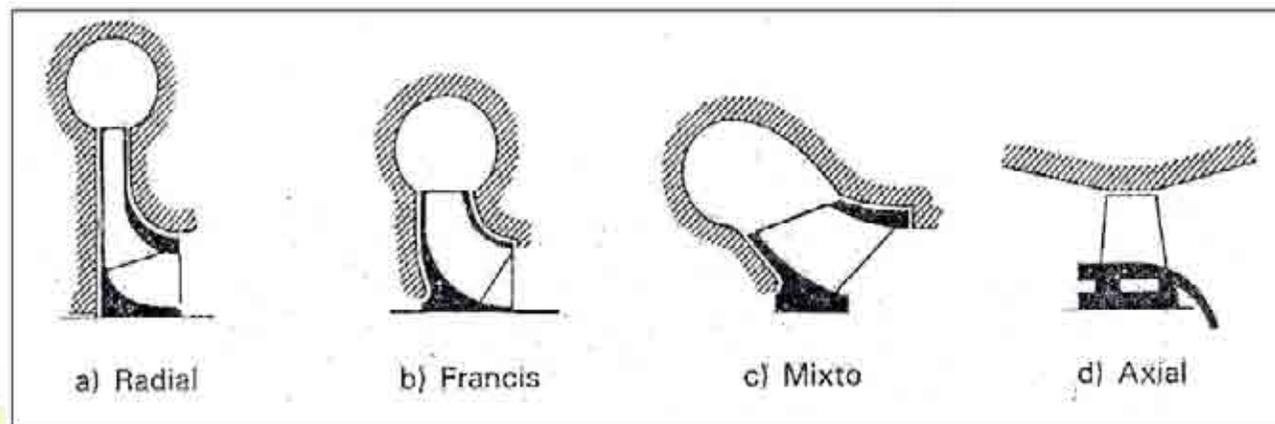


Bombas rotodinámicas

Impulsan el fluido sometiéndolo previamente a un movimiento de rotación. En general tienen un rodete o impulsor con álabes fijos que gira alrededor de un eje que se aloja en una carcasa fija.



- Bombas de flujo radial
- Bombas de flujo axial
- Bombas de flujo mixto



Velocidad específica

$$n_q = N(\text{rpm}) \frac{Q^{1/2} (\text{m}^3 / \text{s})}{H^{3/4} (\text{mca})}$$

Según Stepanoff $\rightarrow \sigma = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot n_q^{4/3}$

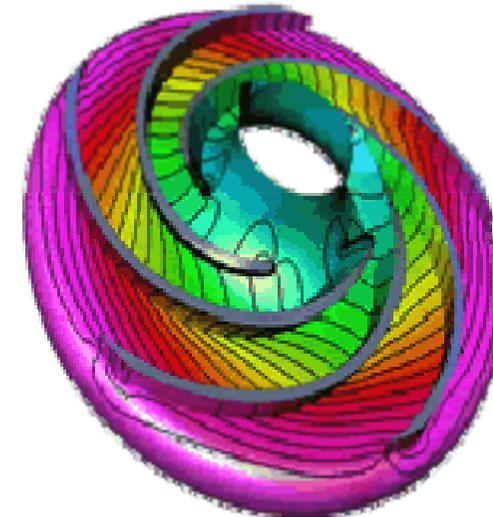
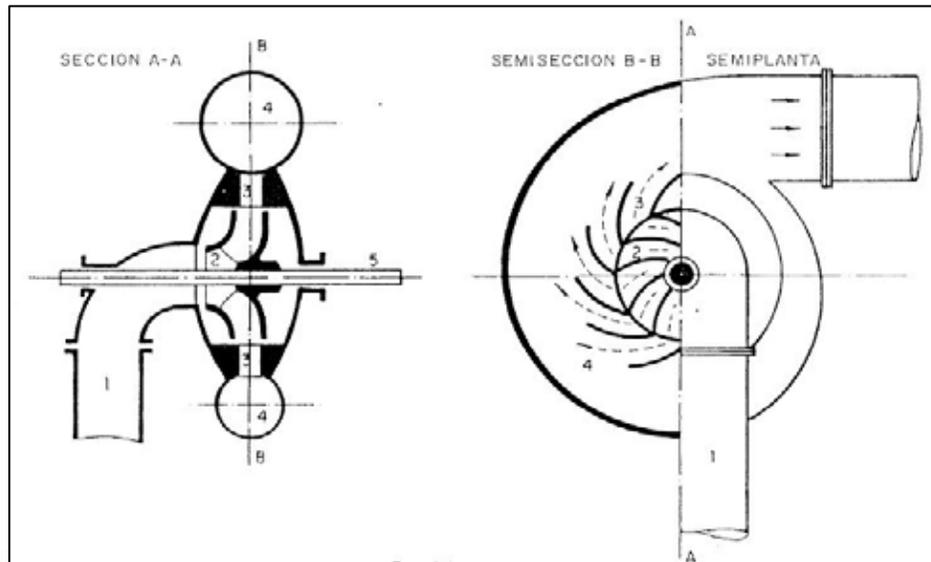
La **velocidad específica** es un **parámetro adimensional** importante para la clasificación de bombas por las características hidráulicas del impulsor

- Valores bajos: bombas de presión
- Valores altos: bombas de caudal

Tipo de rodete	Vel.especif.	H(Q=100 l/s,1000 rpm)	
Radial	10 < n _q < 60	100 > H > 42,6	⇒ Presión alta: Industria
Francis	30 < n _q < 90	23,1 > H > 5,3	⇒ Presión media: Riegos
Mixto	90 < n _q < 160	5,3 > H > 2,5	⇒ Presión baja: Drenajes
Axial	160 < n _q	2,5 > H	

Bombas centrífugas

- Se produce una depresión en la entrada del rodete la cual provoca la succión del agua en el tubo de aspiración.
- El rodete puede ser simple o doble. En el de doble aspiración el agua entra por ambos lados, por lo que se compensa el empuje transversal que produce el agua en la dirección del eje.



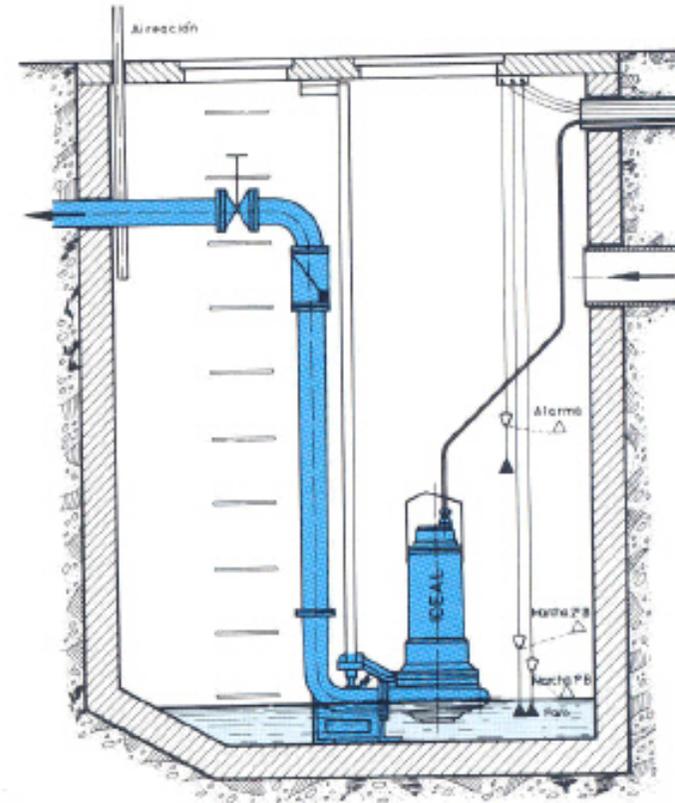
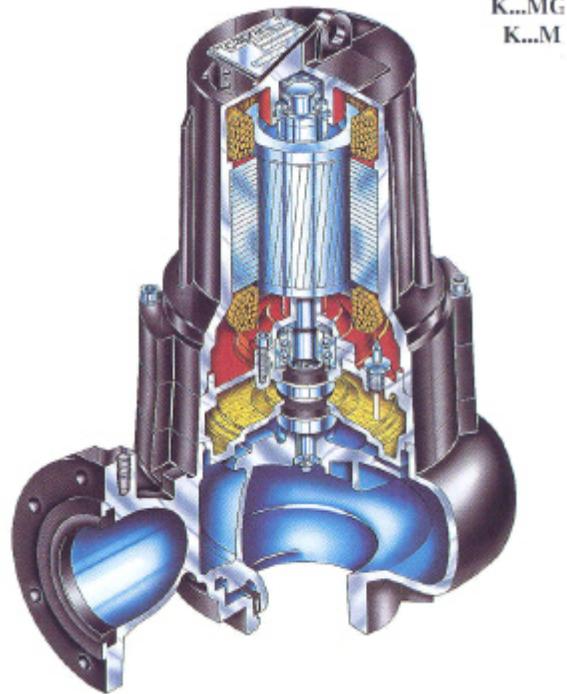
Tipos de bombas

TIPO	SUBTIPO	ELEMENTO IMPULSOR	DENOMINACIÓN	USO
Rotodinámicas o turbobombas	Flujo radial	Rotativo	Centrífuga	Amplio intervalo de caudales y alturas
	Flujo mixto	Rotativo	Helicoidal	Amplio intervalo de caudales a grandes alturas
	Flujo axial	Rotativo	De hélice	Grandes caudales a pequeñas alturas
		Rotativo		Aguas sucias
Volumétricas o de desplazamiento positivo		Alternativo	Embolo	Pequeños caudales a grandes alturas (inyección productos químicos en riego)
		Alternativo	Membrana	Inyección productos químicos en riego
		Rotativo	Paletas	Aguas sucias
		Rotativo	Engranajes	Automoción y maquinaria
Gravimétricas			Noria, cangilones T. Arquímedes, ect	

Clasificación según el tipo de motor: **Seco o sumergido**

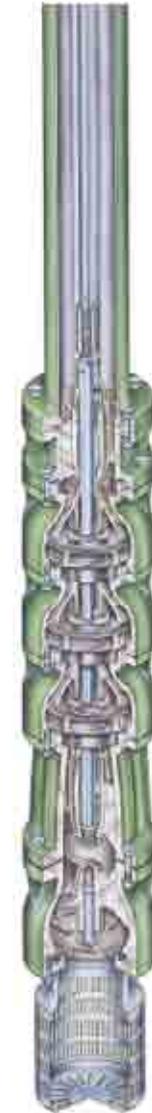
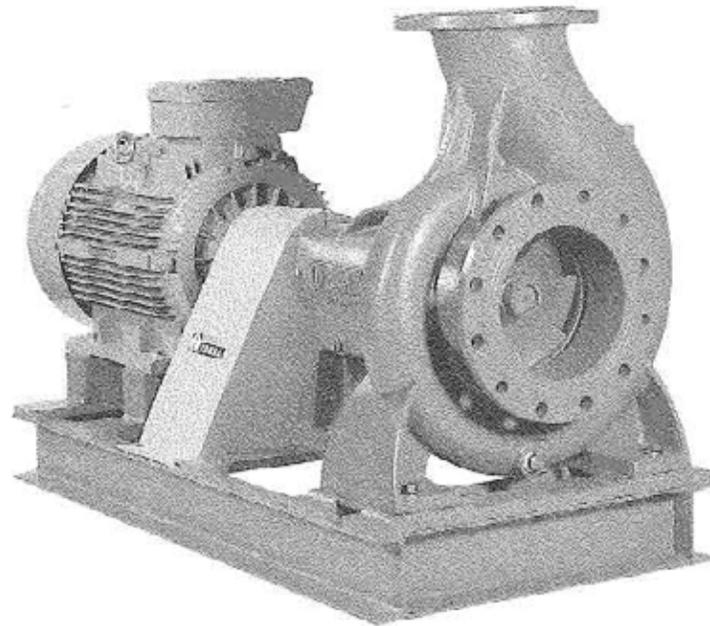


Clasificación según el tipo de motor: **Seco o sumergido**

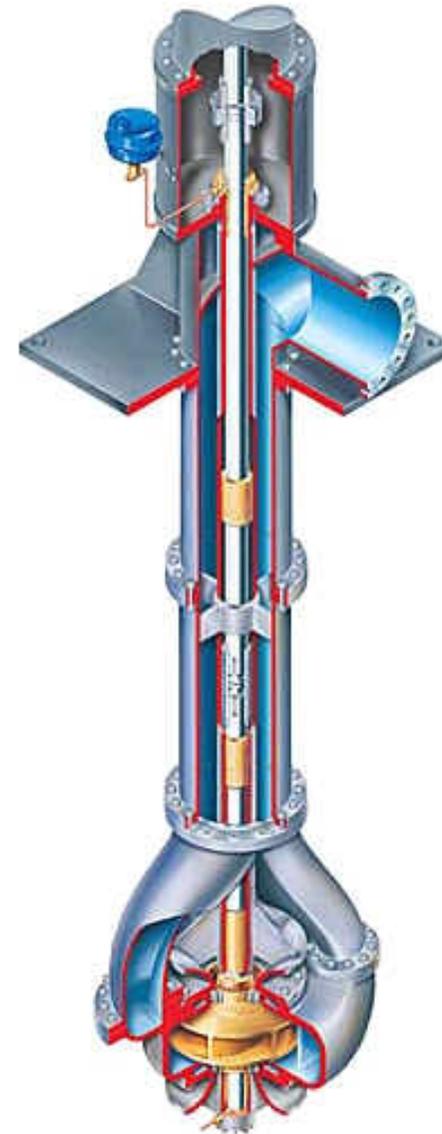
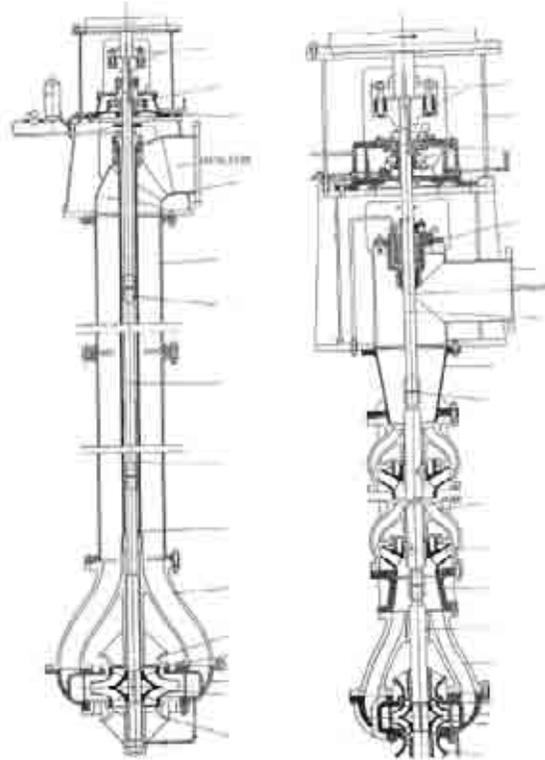


Clasificación según la disposición del eje: **Horizontal o vertical**

Clasificación según el número de impulsores: **Unicelulares o multicelulares**



Clasificación según el tipo de aspiración: **Simple o doble**



Bomba centrífuga horizontal de carcasa tipo voluta y rodete de simple aspiración (DIN 24255)

El agua impulsada por el rodete recorre el cuerpo en espiral de la bomba y sale en dirección perpendicular al eje de giro de la bomba.

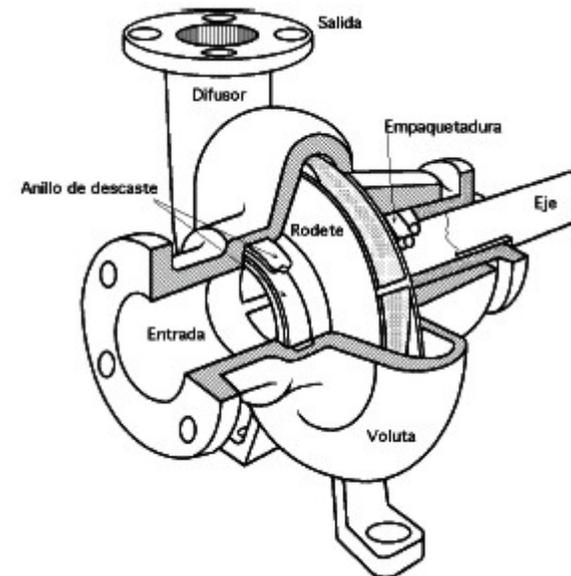
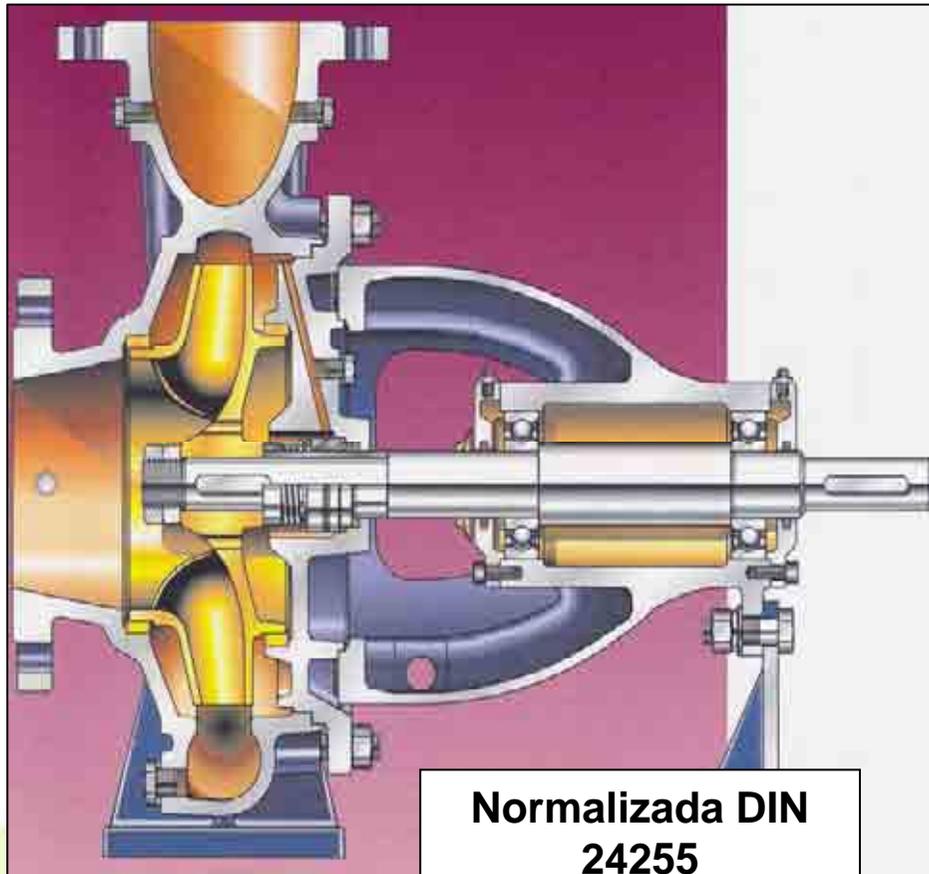
- Rango de funcionamiento habitual:

{	Q hasta 60 l/s y H hasta 80 m
	Velocidad de giro 2900 rpm
	Diámetro aspiración e impulsión de 100-125 mm
	Diámetro rodetes hasta 280 mm

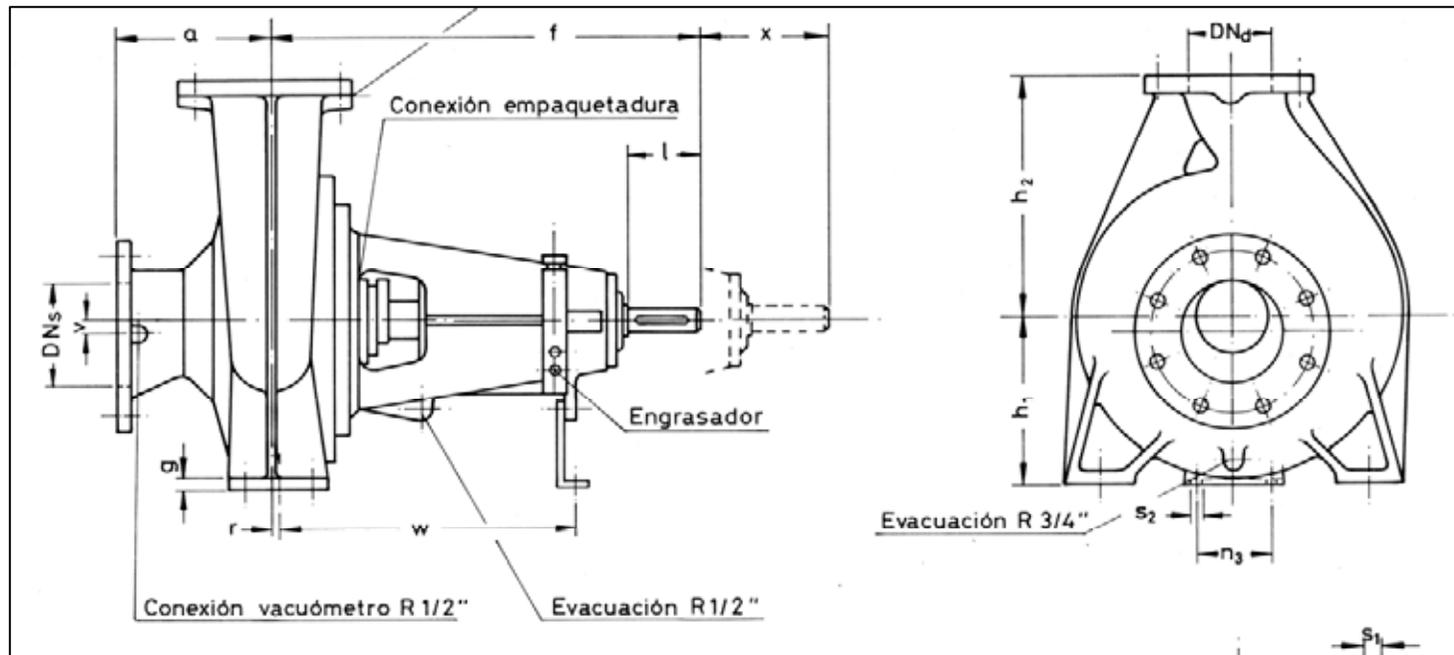
- Soporte especial para el cojinete del eje de la bomba, independiente del cuerpo de la misma (salvo bombas pequeñas)
- Cierre mecánico (tradicionalmente empaquetadura con cordones de estopa sobre el elemento de soporte del cojinete)
- Fácil revisión/mantenimiento impulsor: no desconexión colectores
- Versátil y económica en tallas inferiores, pero complicación en disposición de colectores (radial)



Bomba centrífuga horizontal de carcasa tipo voluta y rodete de simple aspiración (DIN 24255)



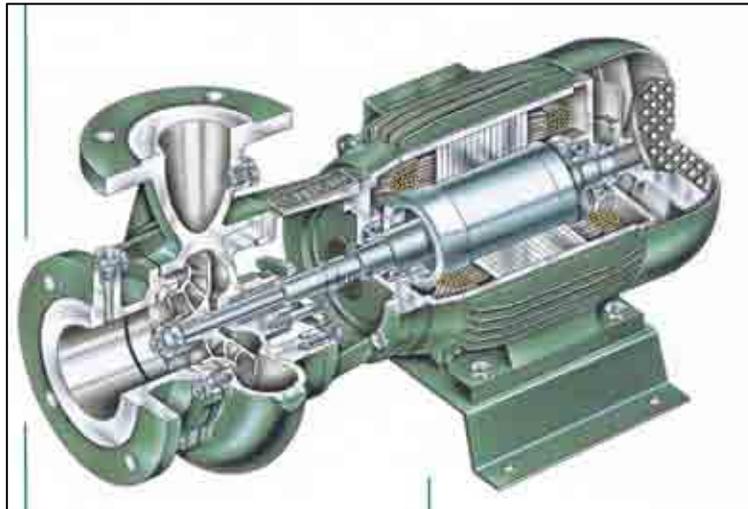
Bomba centrífuga horizontal de carcasa tipo voluta y rodete de simple aspiración (DIN 24255)



**Bomba centrífuga horizontal de carcasa tipo voluta y rodete de simple aspiración
(DIN 24255)**



Bomba centrífuga horizontal de carcasa tipo voluta y rodete de simple aspiración (DIN 24255)

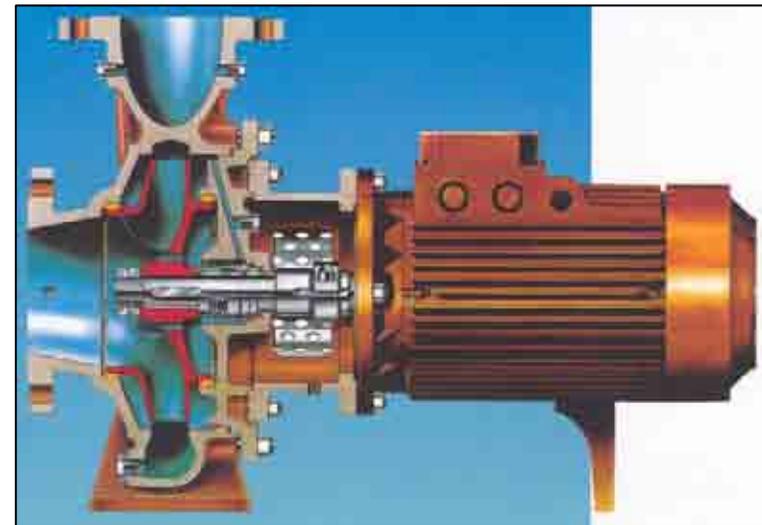


Bomba centrífuga horizontal monocelular

- Aspiración axial e impulsión radial
- El motor va acoplado al mismo eje de la bomba
- Ocupan poco espacio, ya que su diseño es muy compacto
- Mínimo y sencillo mantenimiento

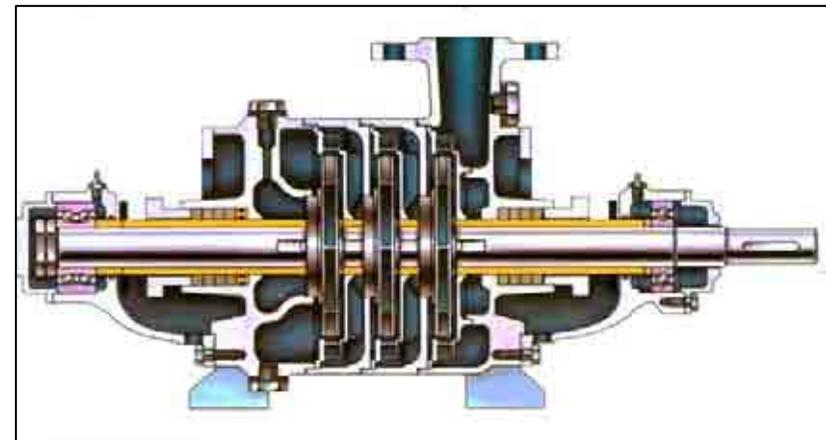
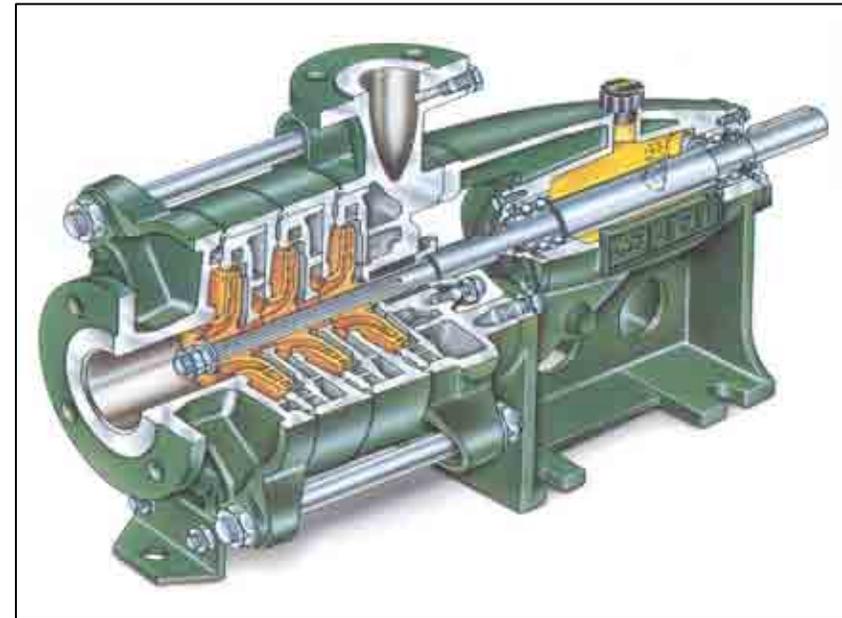


Monobloc



Bomba centrífuga horizontal multicelular

- Presiones altas de bombeo
- Cuerpos de bomba partidos radialmente
- Bocas de aspiración e impulsión radiales
- Cierre por empaquetadura o mecánico



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida

Rodete de doble aspiración, de concepción radial o semiaxial, formado por la unión de dos rodetes sencillos. Las aspiraciones quedan enfrentadas compensándose los esfuerzos sobre el eje en sentido axial.

- **Simplificación del diseño:** debido a lo anteriormente descrito el esfuerzo en sentido axial no ha de ser soportado en el cuerpo de la bomba ni transmitido a la bancada
- **Cierre mecánico** (tradicionalmente empaquetadura con cordones de estopa)
- Diseño mecánico de la bomba complicado, pero diseño estación de bombeo sencillo

• **Rango** de funcionamiento habitual:

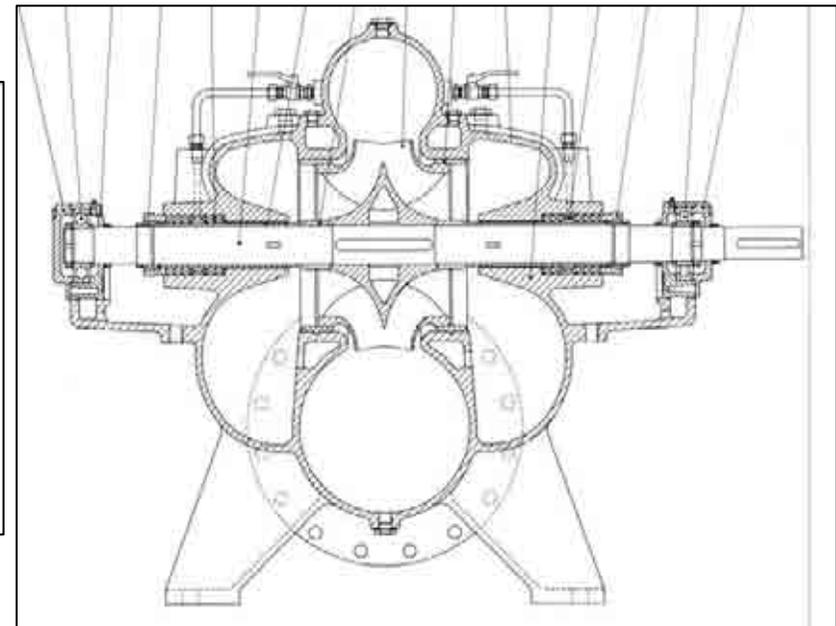
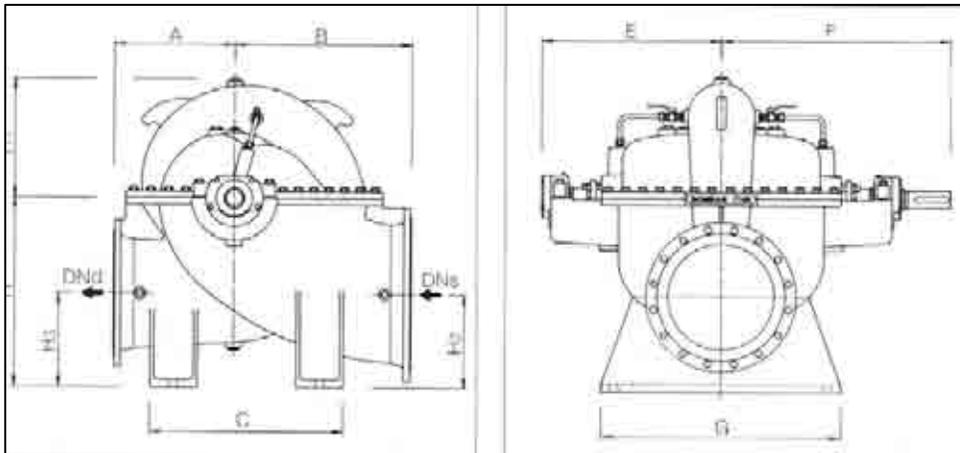
Caudales entre 100-180 l/s
 Alturas de 60-80 m
 Velocidad de giro 1450 rpm
 Diámetro aspiración e impulsión
 de 150-200 mm
 Potencias de 100-200 Kw



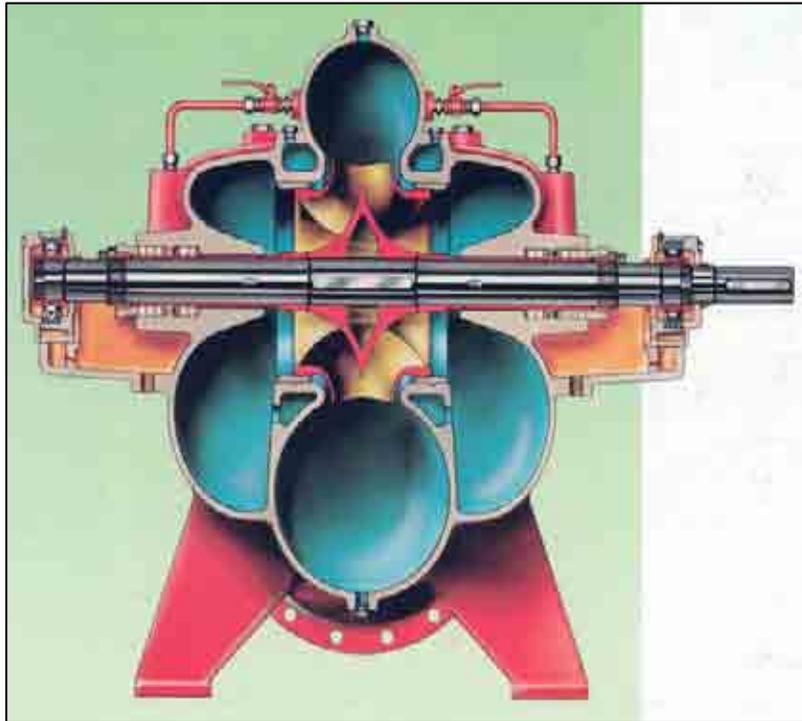
• Puede llegar a impulsar caudales de 1000 l/s, alturas de elevación de 200 m, potencias superiores a 500 Kw y diámetros de aspiración e impulsión de 600 mm.

• El **cuerpo de la bomba** es de doble voluta, quedando bridas y elementos de apoyo del cuerpo en la parte inferior, y la parte superior para el mantenimiento.

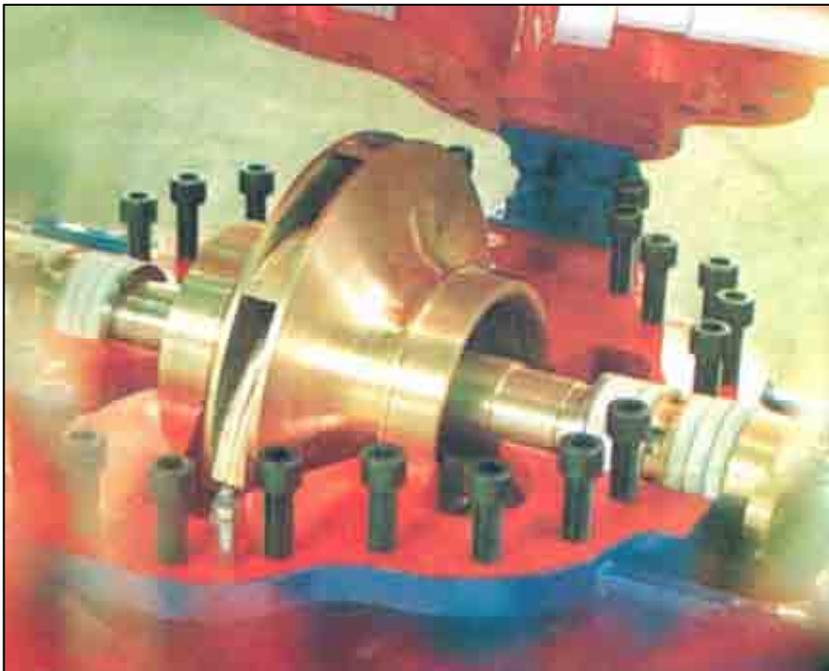
Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida



Bomba centrífuga horizontal de cámara partida

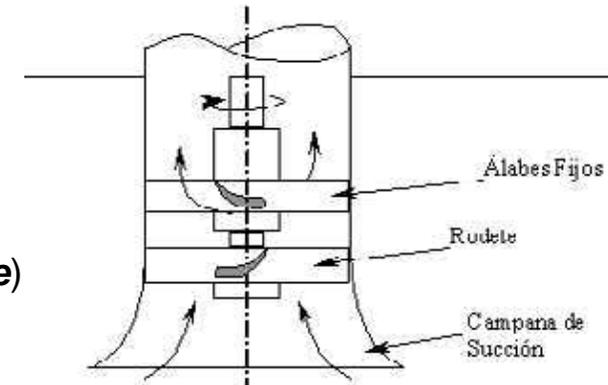


Bomba centrífuga horizontal de cámara partida

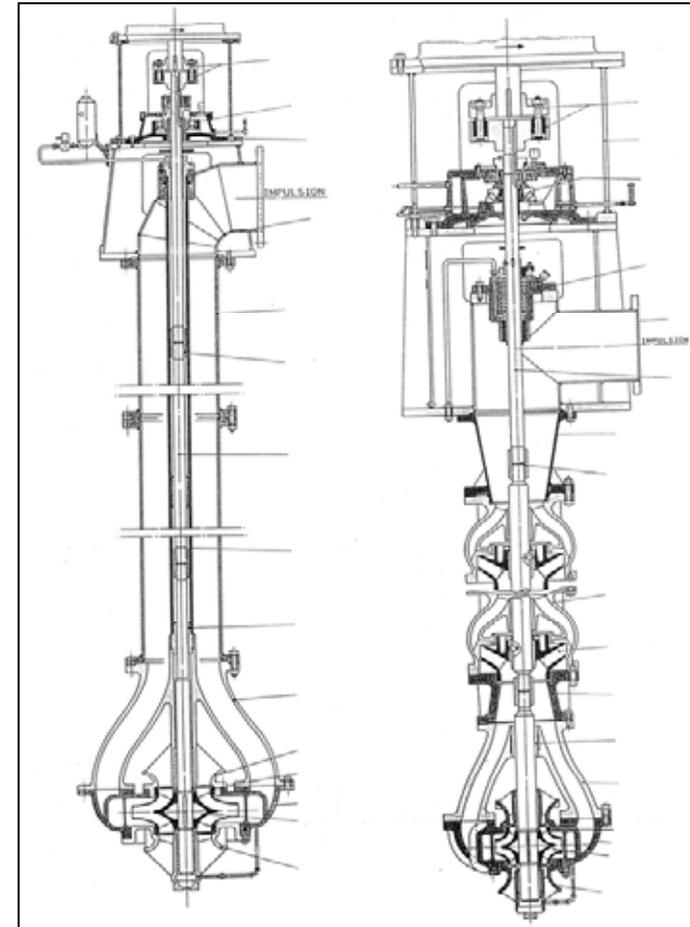
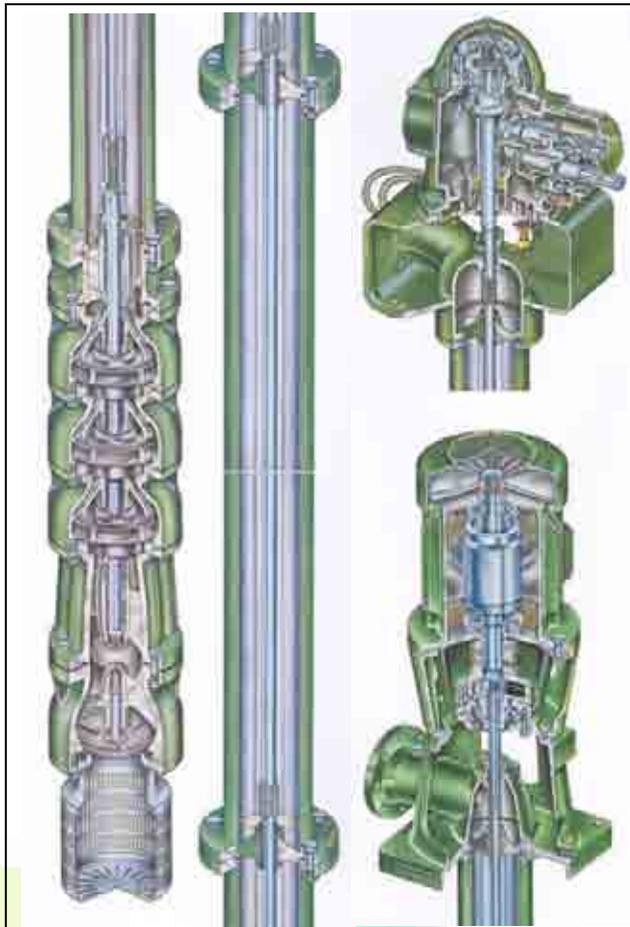


Bomba vertical de motor seco

- Utilización en cántaras de aspiración o depósitos.
- Se sumerge total o parcialmente y **no necesita ser cebada**
- Accionamiento a nivel del suelo (**accesible y ambiente favorable**)
- Cuatro elementos:
 - *Parte hidráulica* o bomba
 - *Columna de accionamiento*: conducción de agua, transmisión mecánica, soporte de pesos y empujes
 - *Cabezal de descarga*: cambio del flujo vertical/horizontal, soporte peso motor, conexión tubería impulsión y aloja el elemento de estanqueidad del eje
 - *Motor*
- Predisposición a montaje multicelular, acoplando varios cuerpos de bomba en serie mediante un eje común (alturas de elevación grandes con diámetros de impulsor reducidos)
- En aplicaciones singulares, el cuerpo de bomba posibilita la instalación de un impulsor de doble aspiración



Bomba vertical de motor seco



Bomba vertical de motor seco

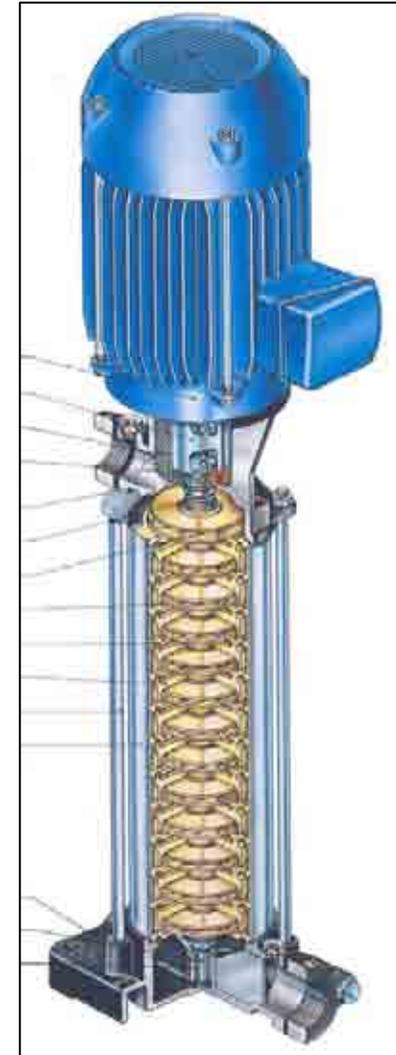


Bomba vertical de motor seco



Bomba centrífuga vertical multicelular

- Altas presiones, dependiendo del número de etapas que posea
- Buen rendimiento hidráulico y diseño robusto
- Fácil instalación, apta para espacios reducidos
- Mínimo mantenimiento
- Cierre mecánico y acopladas directamente a motores eléctricos
- Caudales en torno a 20 l/s y alturas que superan ampliamente los 200 mca.



Bomba centrífuga vertical multicelular



Bomba centrífuga vertical de motor sumergido

- Solución a la gran limitación poder quedar sumergido el motor, solucionando para algunas instalaciones este gran problema

- Problemas

- **Estanqueidad:**

- En el retén o junta mecánica que permite el giro del eje
 - En el paso y embornado de cables de alimentación

- **Refrigeración:**

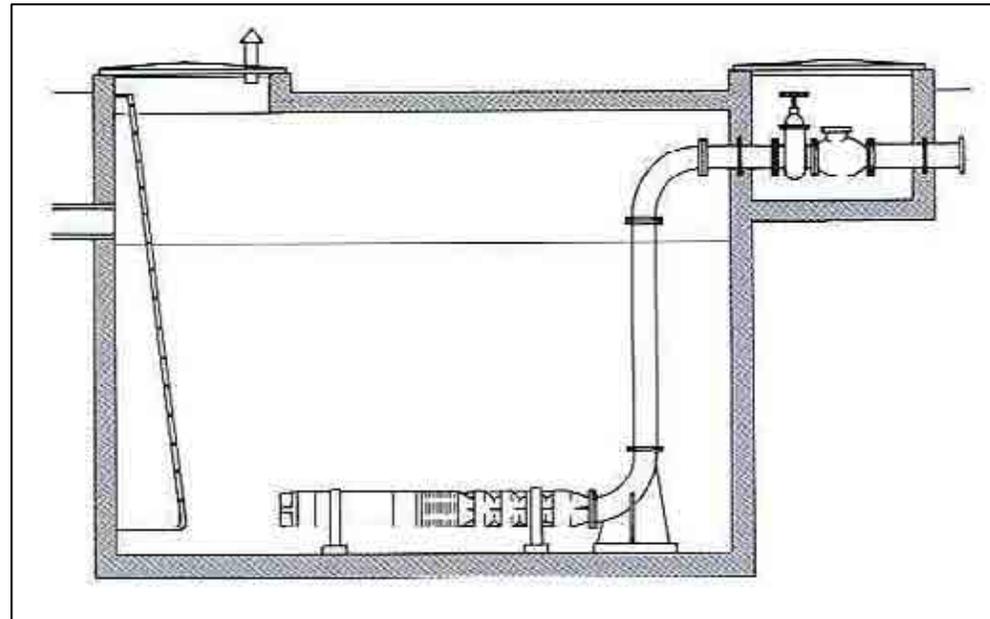
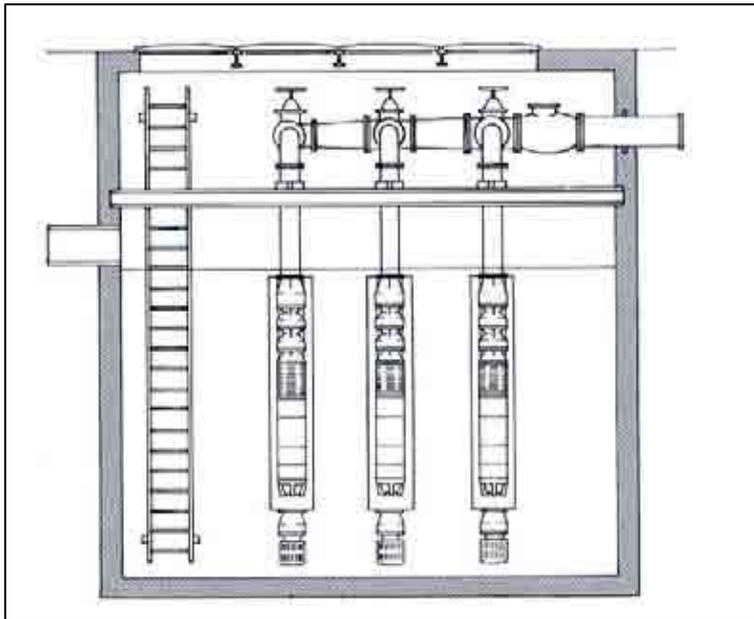
- Al no poder circular aire o agua por los devanados del motor.
 - Soluciones: camisas de refrigeración para que el agua pase a gran velocidad y baje la temperatura del motor

- Este tipo de construcción se ha generalizado en los casos:

- **Bombas de pozo profundo**
 - **Bombas para aguas residuales**
 - **Bombas de drenaje**



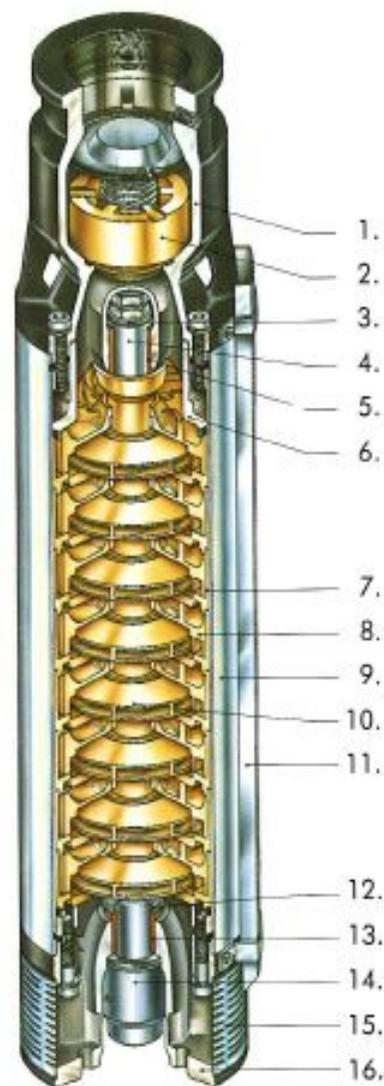
Bomba centrífuga vertical de motor sumergido



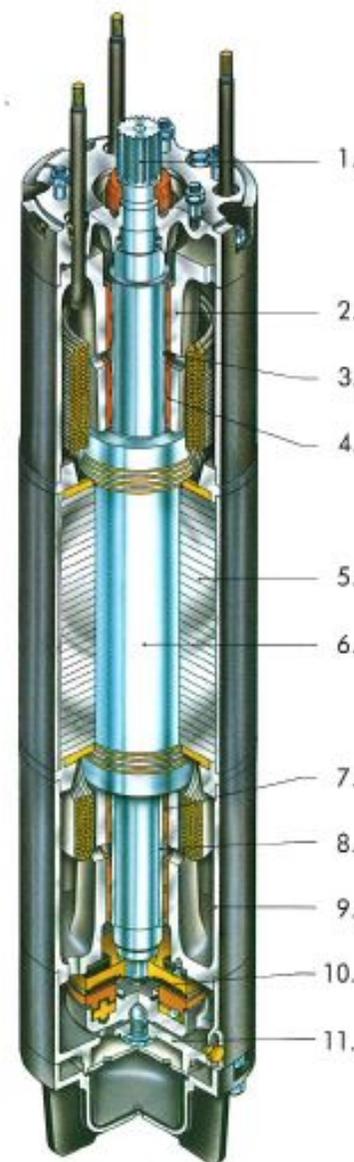
Bomba de pozo profundo

- Eliminación del largo eje de las bombas verticales
 - Mejora rendimiento al evitar pérdidas en el eje
 - Reducción del precio
 - Menores problemas de conservación
- El motor se sitúa en la parte inferior, encima la bomba y entre ambos la aspiración





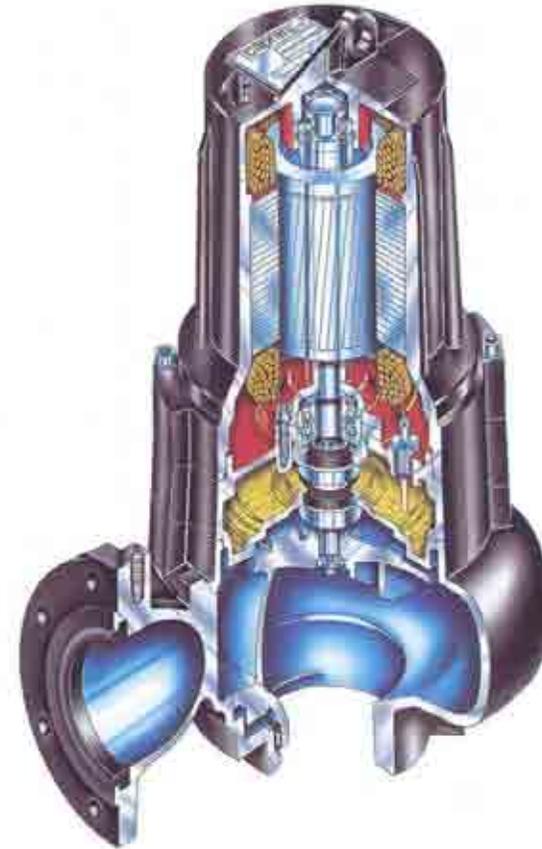
1. CUERPO DE VALVULA
Fundición gris de grano fino
 2. CLAPETA
Resina termoplástica con fibra de vidrio
 3. EJE
Acero inoxidable
 4. CASQUILLO EJE
Acero inoxidable
 5. COJINETE
Bronce
 6. CUERPO DE IMPULSION
Fundición gris de grano fino
 7. CUERPO INTERMEDIO
Resina termoplástica con fibra de vidrio
 8. DIFUSOR
Resina termoplástica con fibra de vidrio
 9. CAMISA EXTERIOR
Acero inoxidable
 10. RODETE
Resina termoplástica con fibra de vidrio
 11. PROTECTOR CABLE
Acero inoxidable
 12. CASQUILLO ANTIARENA
Acero inoxidable
 13. COJINETE
Bronce
 14. ACOPLAMIENTO RIGIDO
Acero inoxidable
 15. FILTRO DE REJILLA
Acero inoxidable
 16. CUERPO DE ASPIRACION
Fundición gris de grano fino
- Tornillería de acero inoxidable



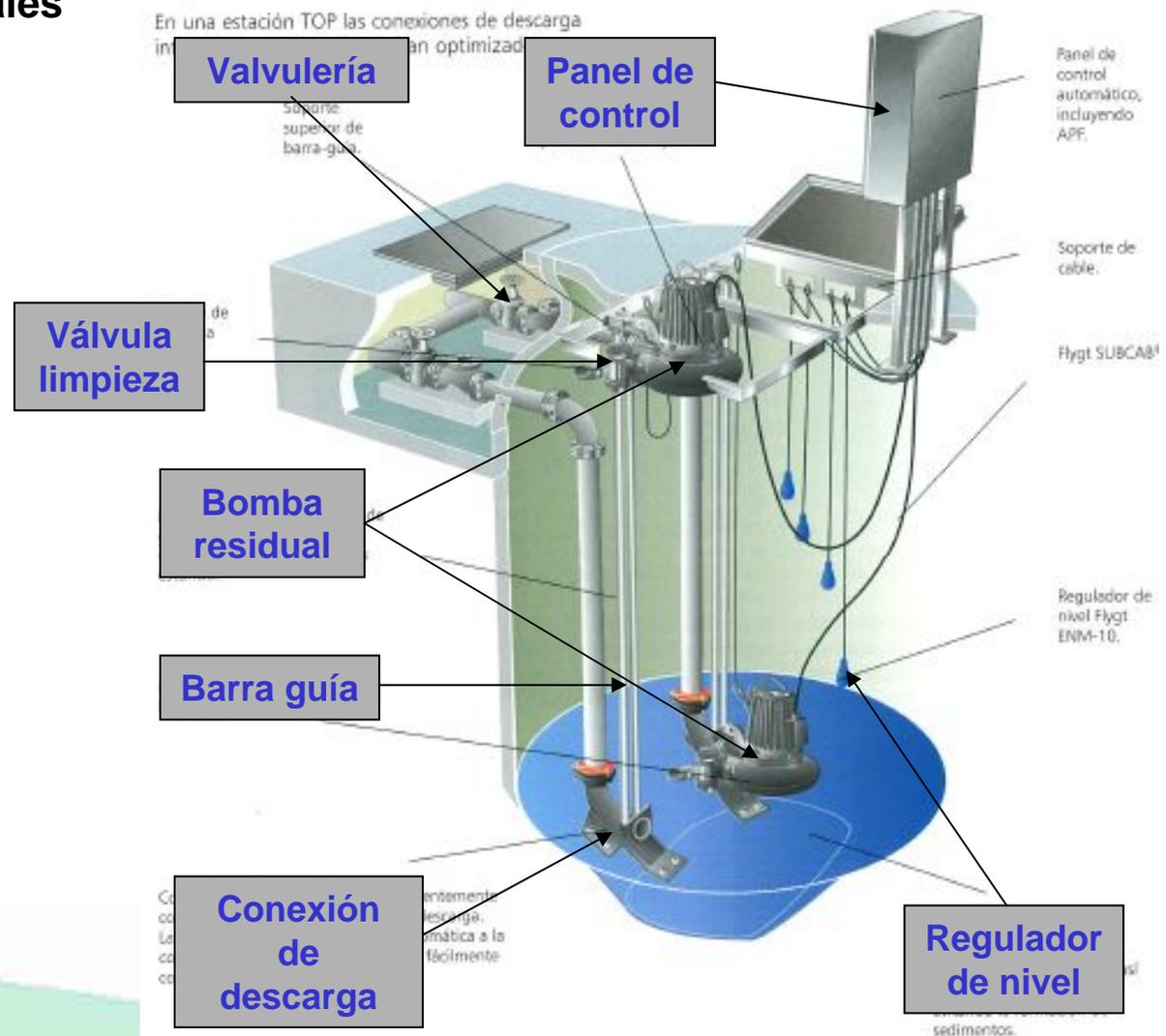
1. EJE
Acero aleado
2. SOPORTE SUPERIOR
Fundición gris de grano fino
3. CASQUILLO
Acero cromado
4. COJINETE
Bronce especial
5. ESTATOR
Láminas electromagnéticas
6. ROTOR
Láminas electromagnéticas
7. COJINETE
Bronce especial
8. CASQUILLO
Acero cromado
9. SOPORTE INFERIOR
Fundición gris de grano fino
10. AXIAL
Bronce / Compuesto sintético
11. SOPORTE AXIAL
Fundición gris de grano fino

Bomba de aguas residuales

- No suelen ser ni grandes caudales ni grandes alturas
- En muchos casos, hay limitación de espacio
- Usos urbanos (pozos de registro, arquetas subterráneas), depuradoras...etc.

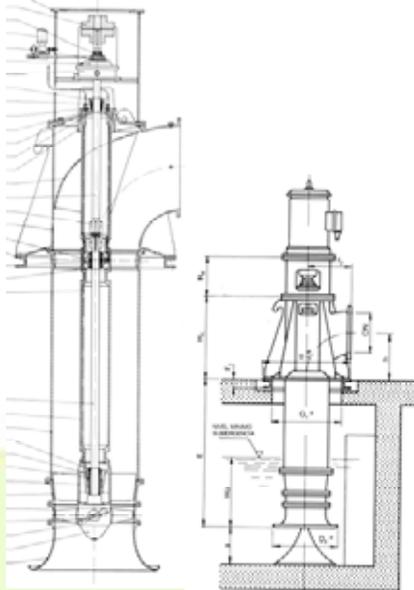


Bomba de aguas residuales

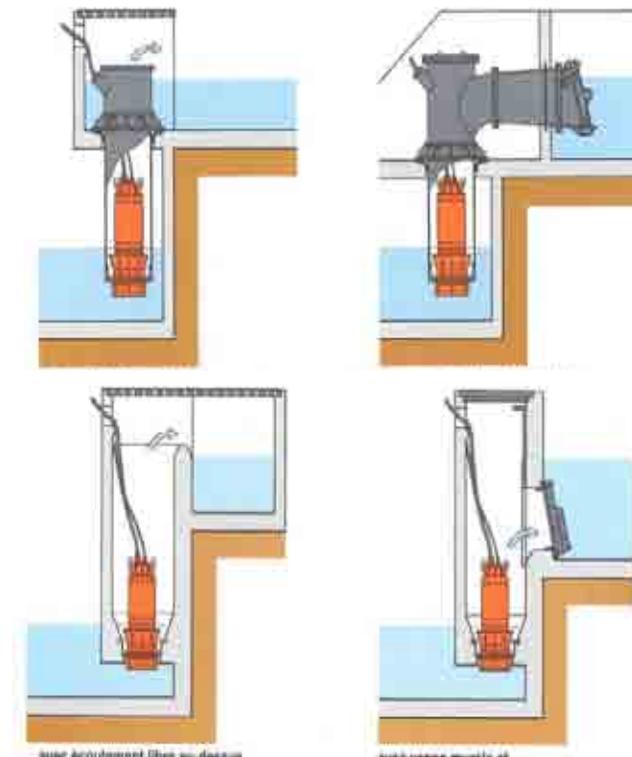


Bomba axial

- Elevan grandes caudales a pequeñas alturas
- Su campo de utilización más habitual es el de drenaje
- Por su mayor velocidad relativa permite que la unidad motriz y la de bombeo sean más pequeñas
- Rodetes: abiertos, hélices
- El agua entra de manera axial y los álabes le imprimen una componente rotacional. Los álabes elevan el agua transformando la cota cinemática en cota de presión, sin efecto centrífugo
- Estanqueidad mediante caja de empaquetaduras en el codo de descarga



Bomba axial



Índice

- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- ***Descanso***
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.

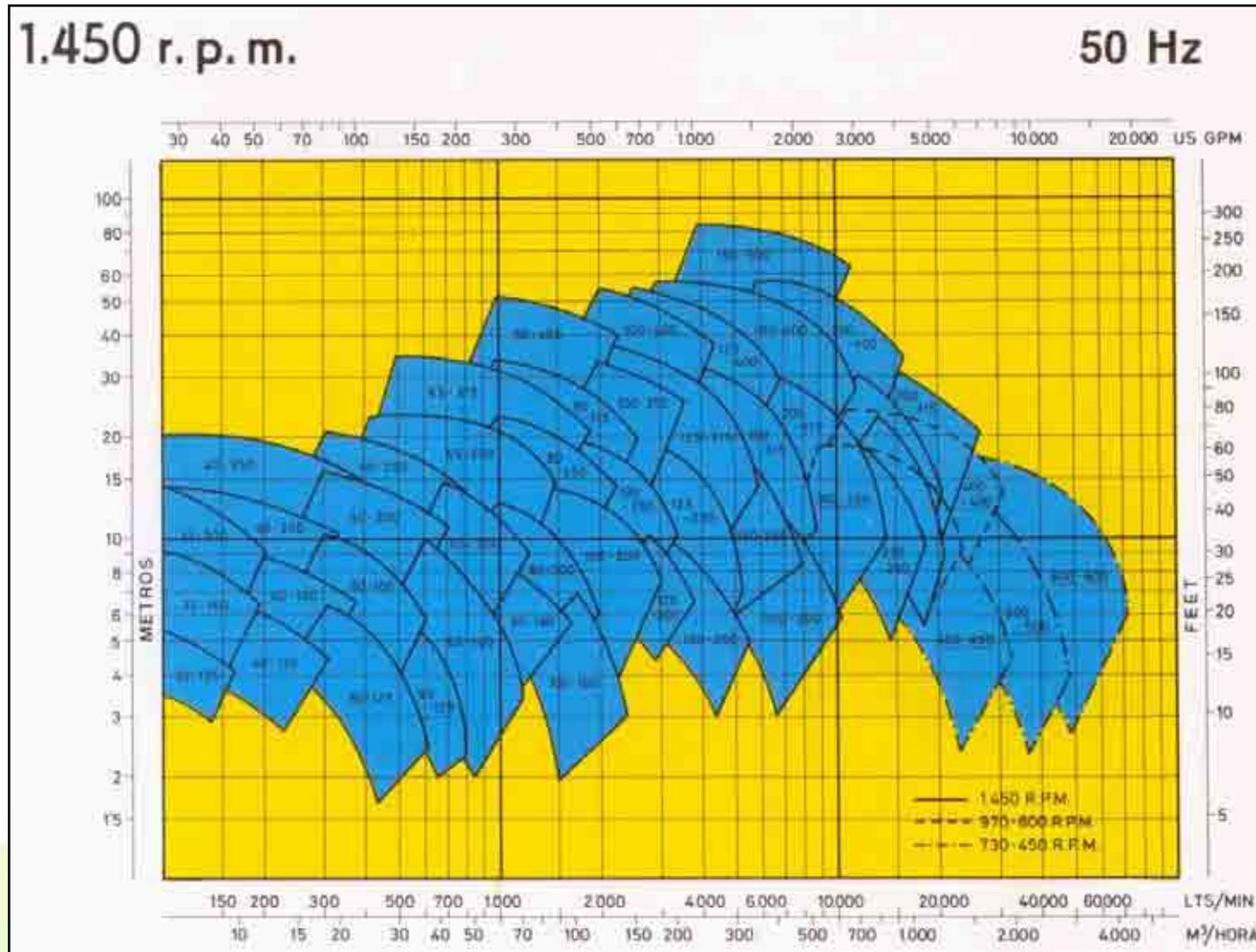


Índice

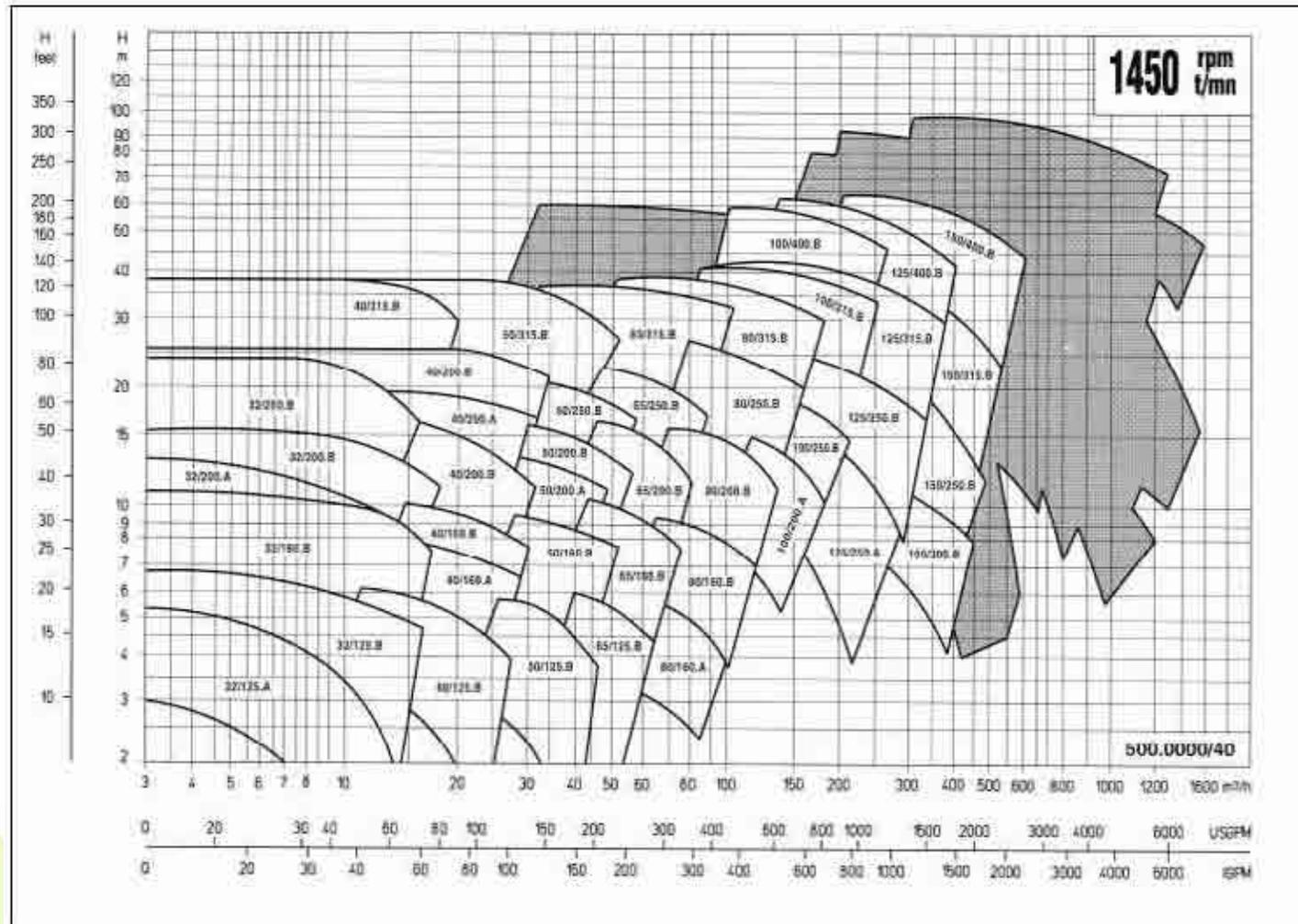
- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- **Selección de bombas.**
- Asociación de bombas.
- Diseño EB.



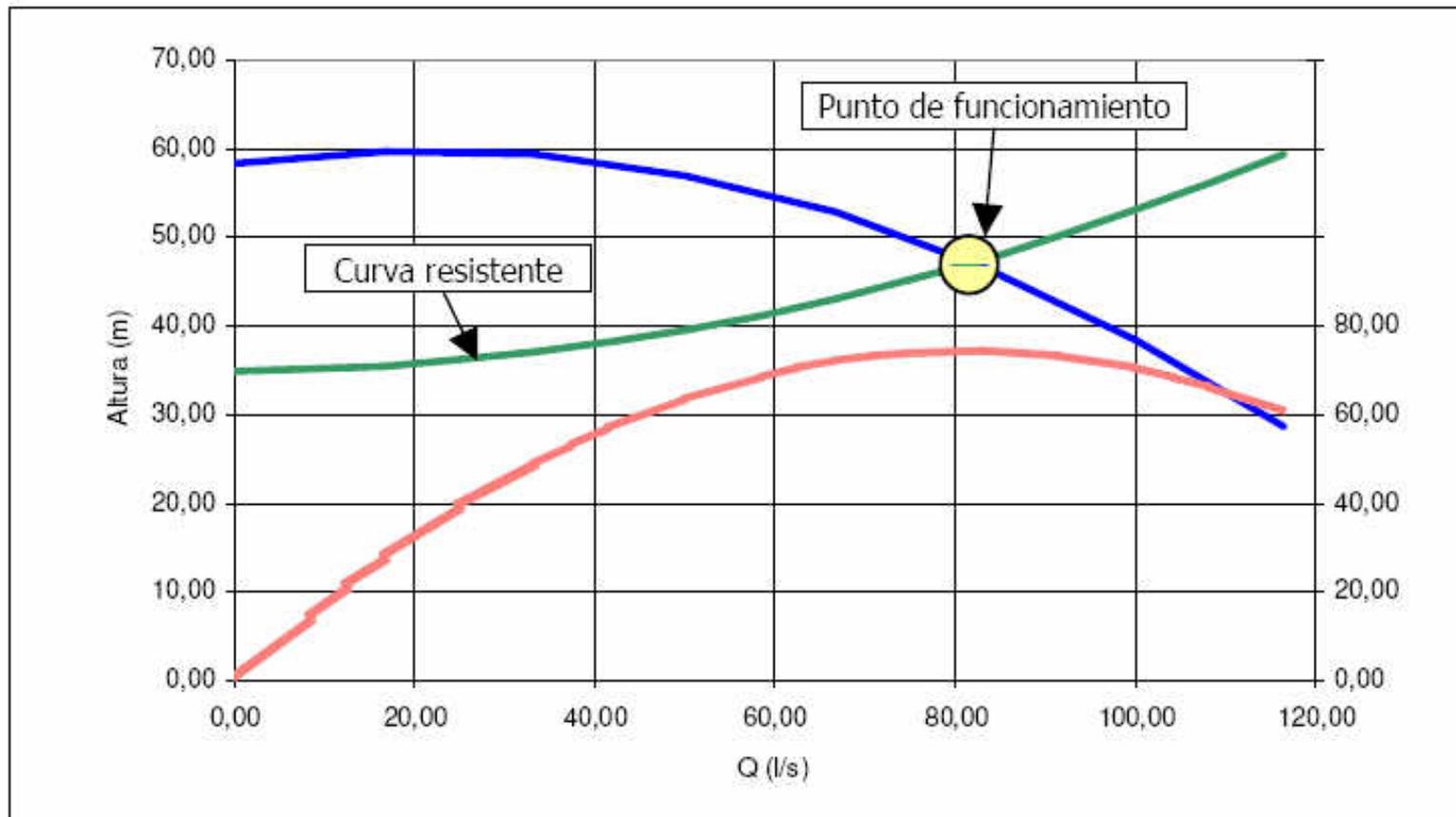
Selección de bombas



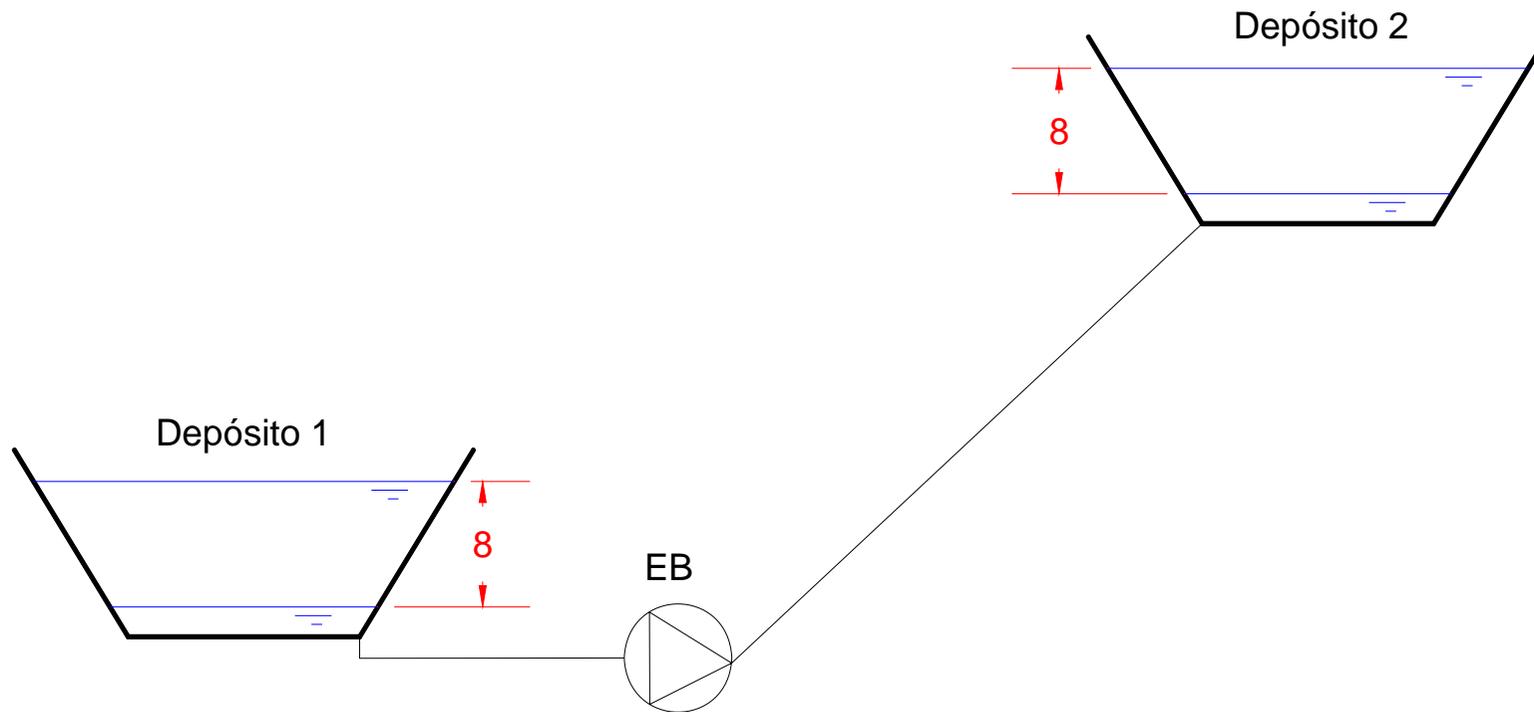
Selección de bombas



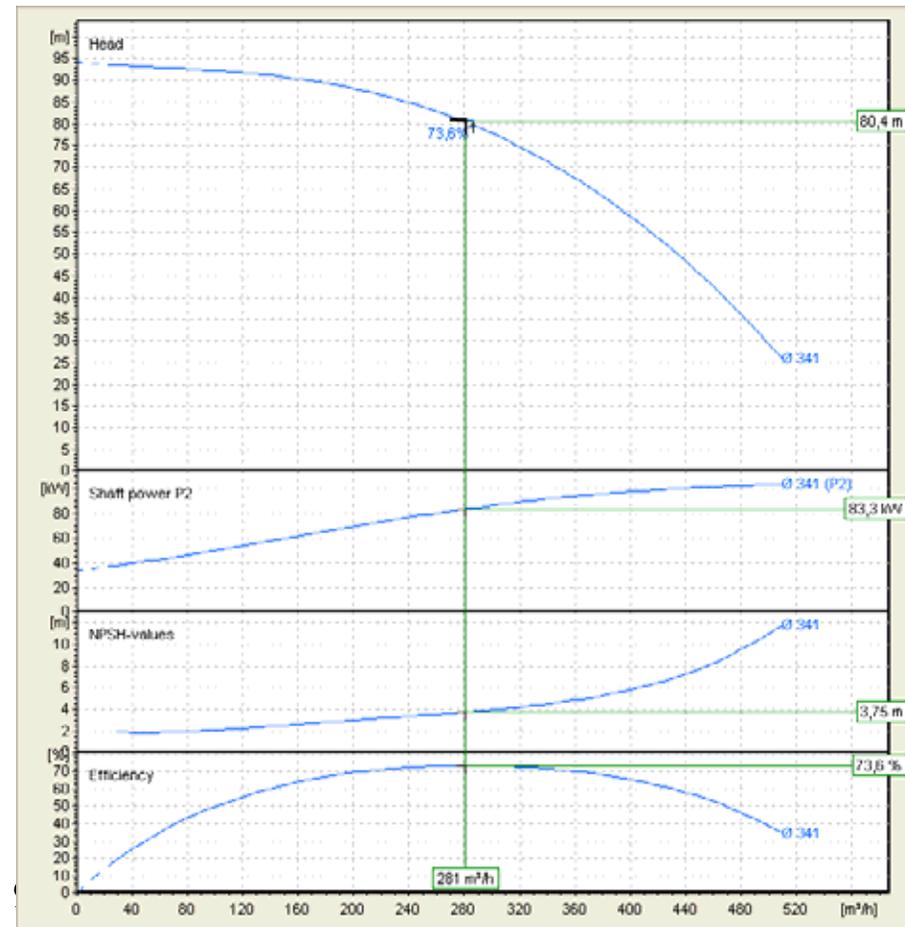
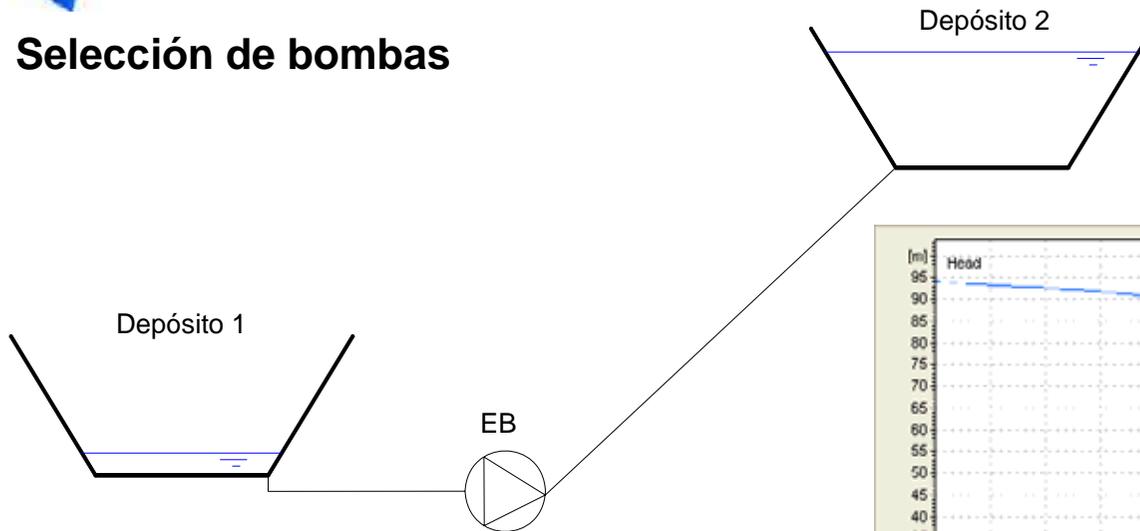
Selección de bombas



Selección de bombas

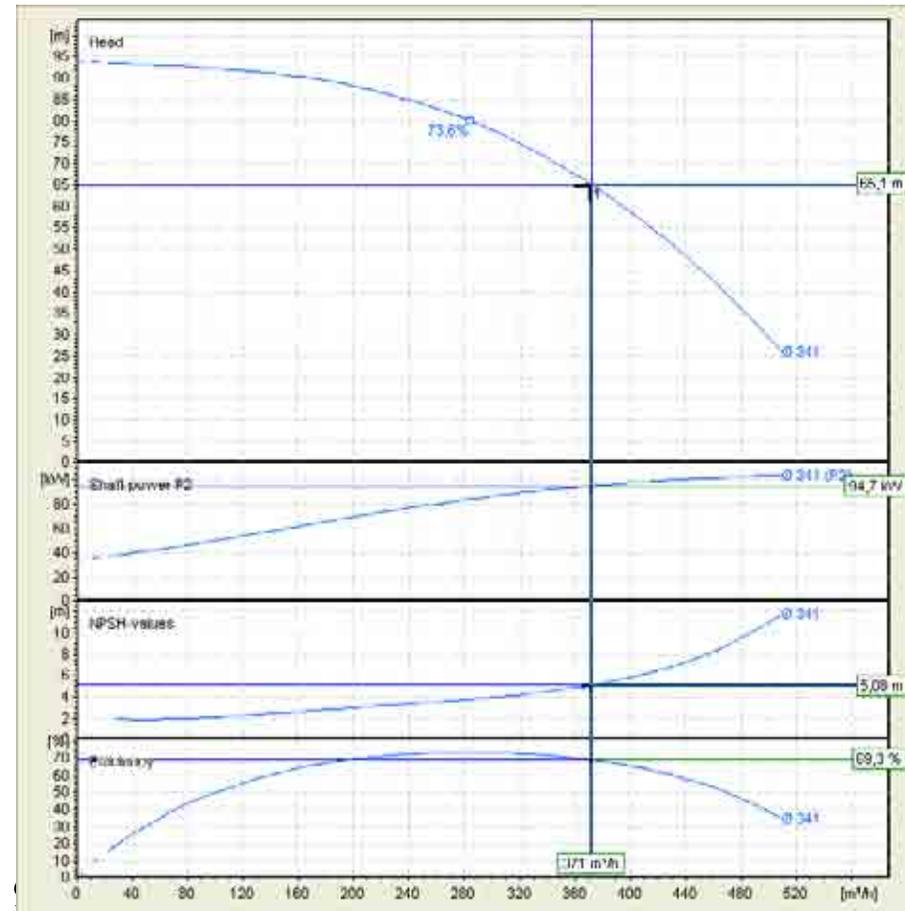
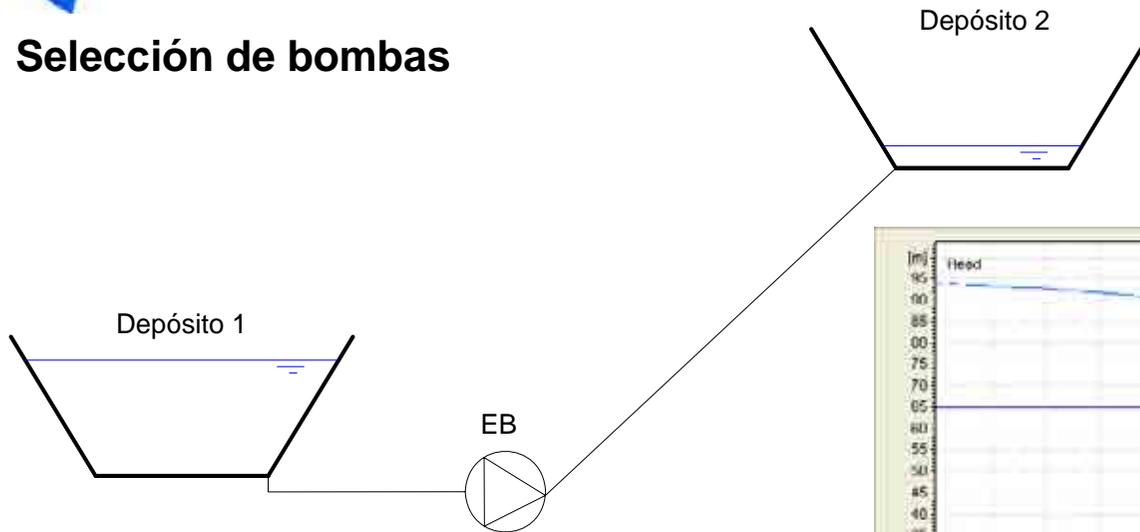


Selección de bombas



Selección de bombas

Introducción a las estaciones de bombeo. Hidráulica básica.

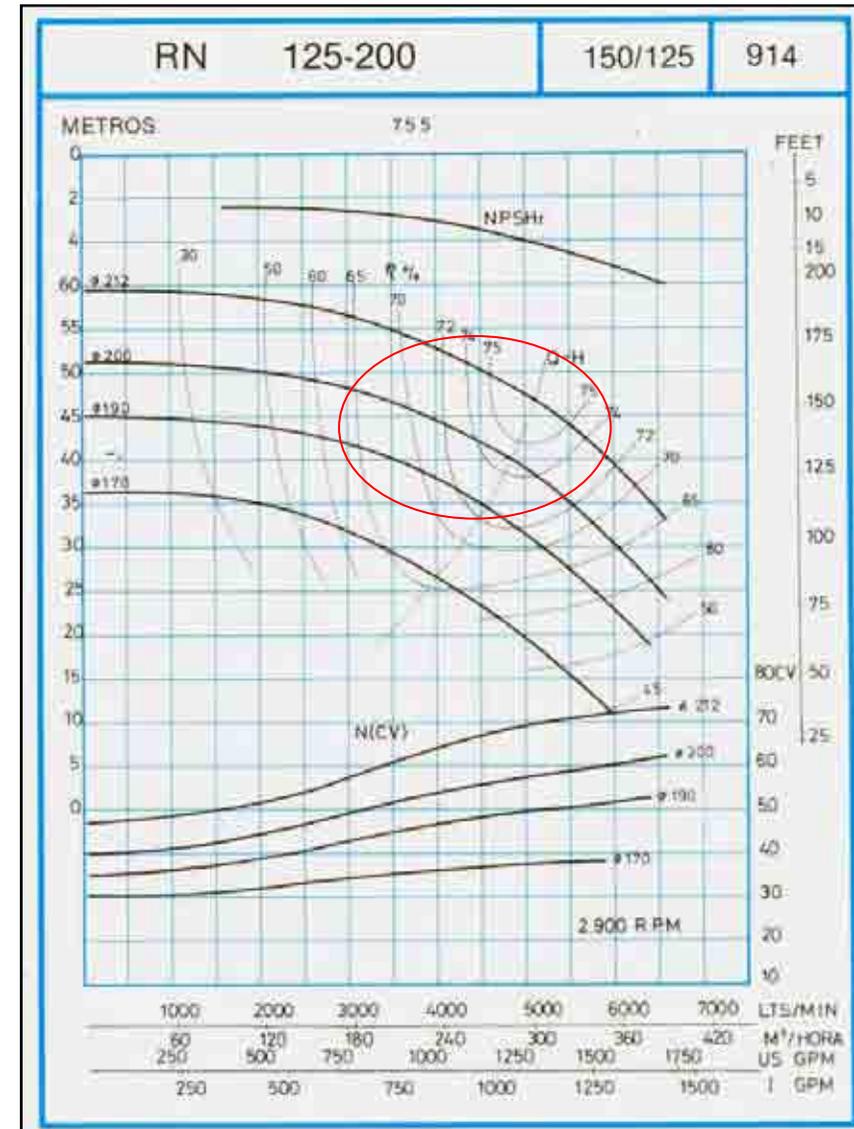


Selección de bombas

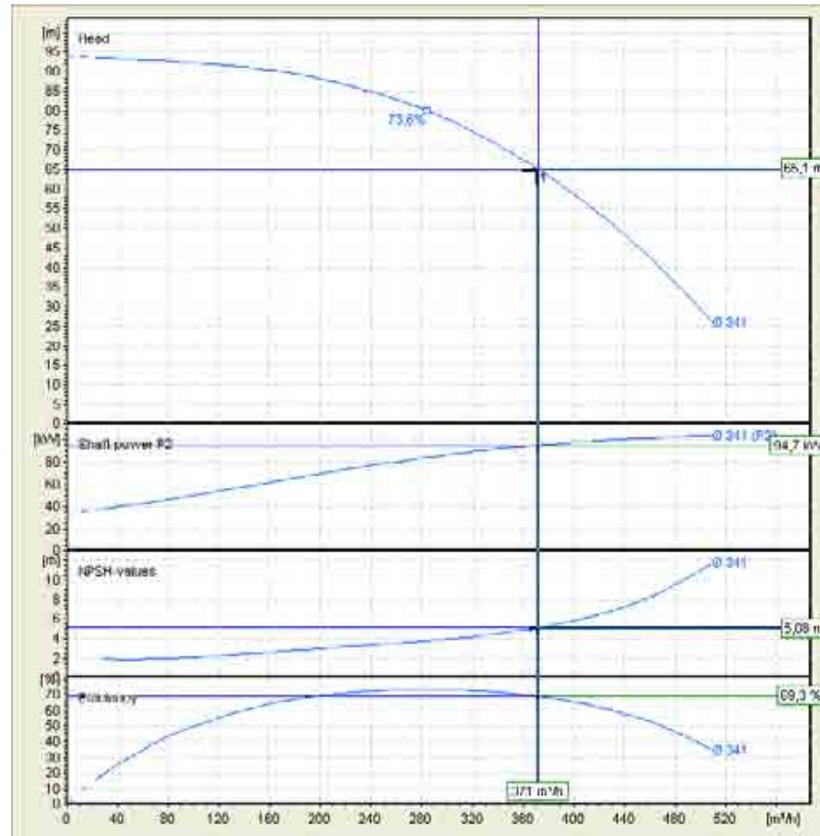
El caudal Q, a velocidad constante, normalmente aumenta cuando disminuye la altura de impulsión: **autorregulación**

De la altura de elevación y caudal depende también:

- Potencia absorbida
 - Rendimiento
 - NPSHr
- Curva plana: trabajar en una gran gama de caudales
 - Curva pendiente: trabajo en un punto fijo
 - H=0: funcionamiento a “chorro libre”
 - Q=0: “válvula estrangulada”. Posible para arranque a válvula cerrada



Selección de bombas



Índice

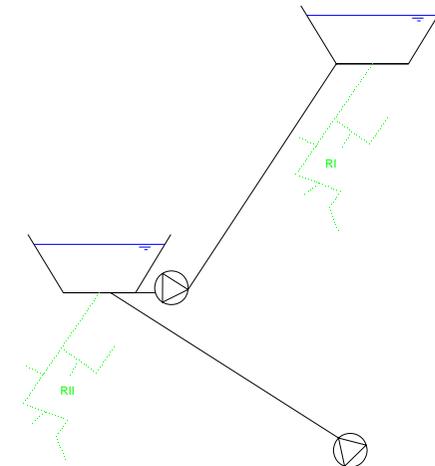
- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- **Asociación de bombas.**
- Diseño EB.



Asociación en serie de bombas

- Asociaciones en serie con motores independientes, si uno para, el resto puede seguir elevando el mismo caudal aunque con una H inferior, la bomba averiada funcionaría como una turbina.
- Mayor altura de elevación con bombas de menor altura y potencia.
 - Porque se consigue mejor rendimiento.
 - Porque no hay bombas en mercado adecuadas a las necesidades.
- No se suele usar para regulación, sólo si se requieren alturas de elevación diferentes.

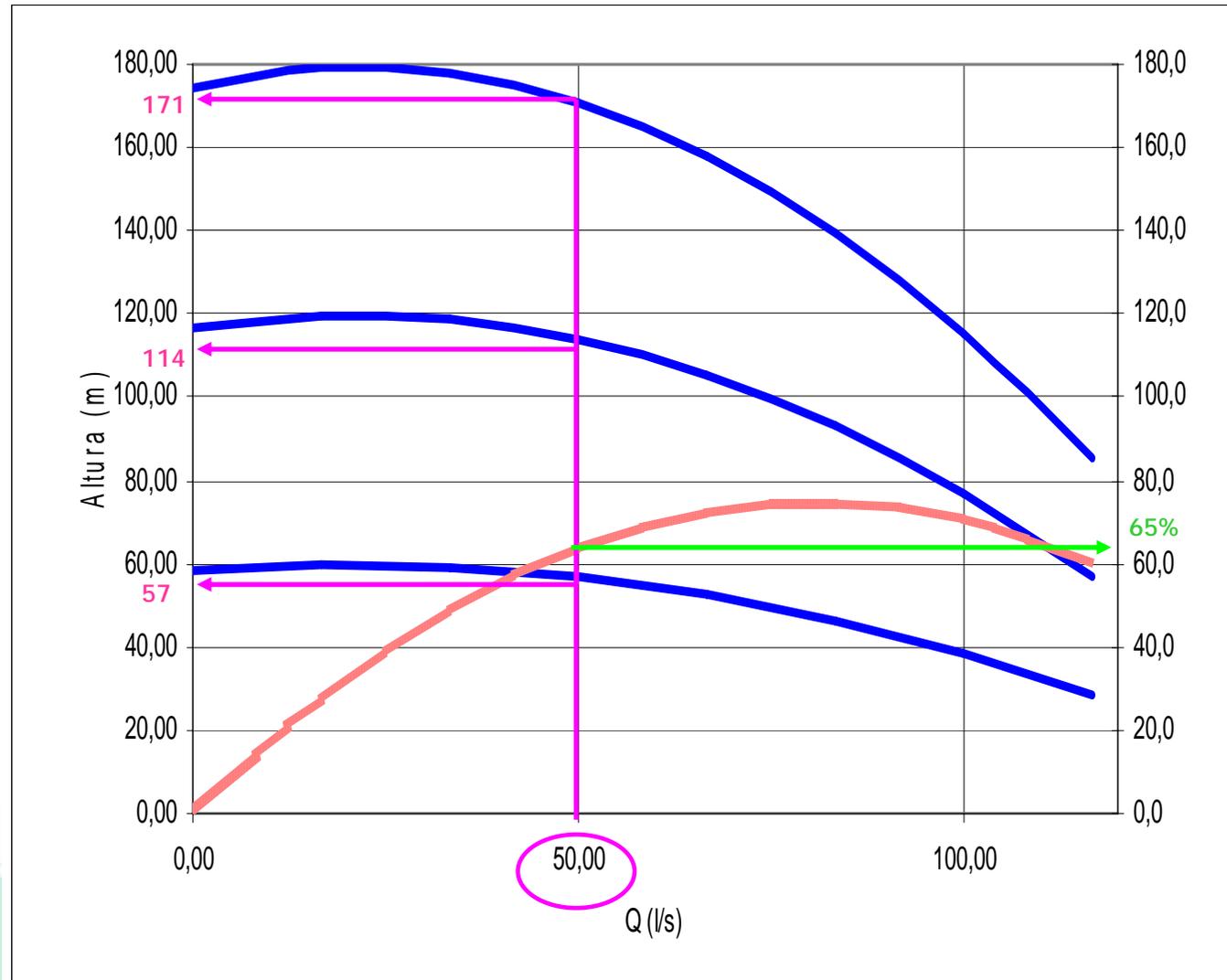
Ej: tubería de impulsión que abastece depósitos a distintas alturas.



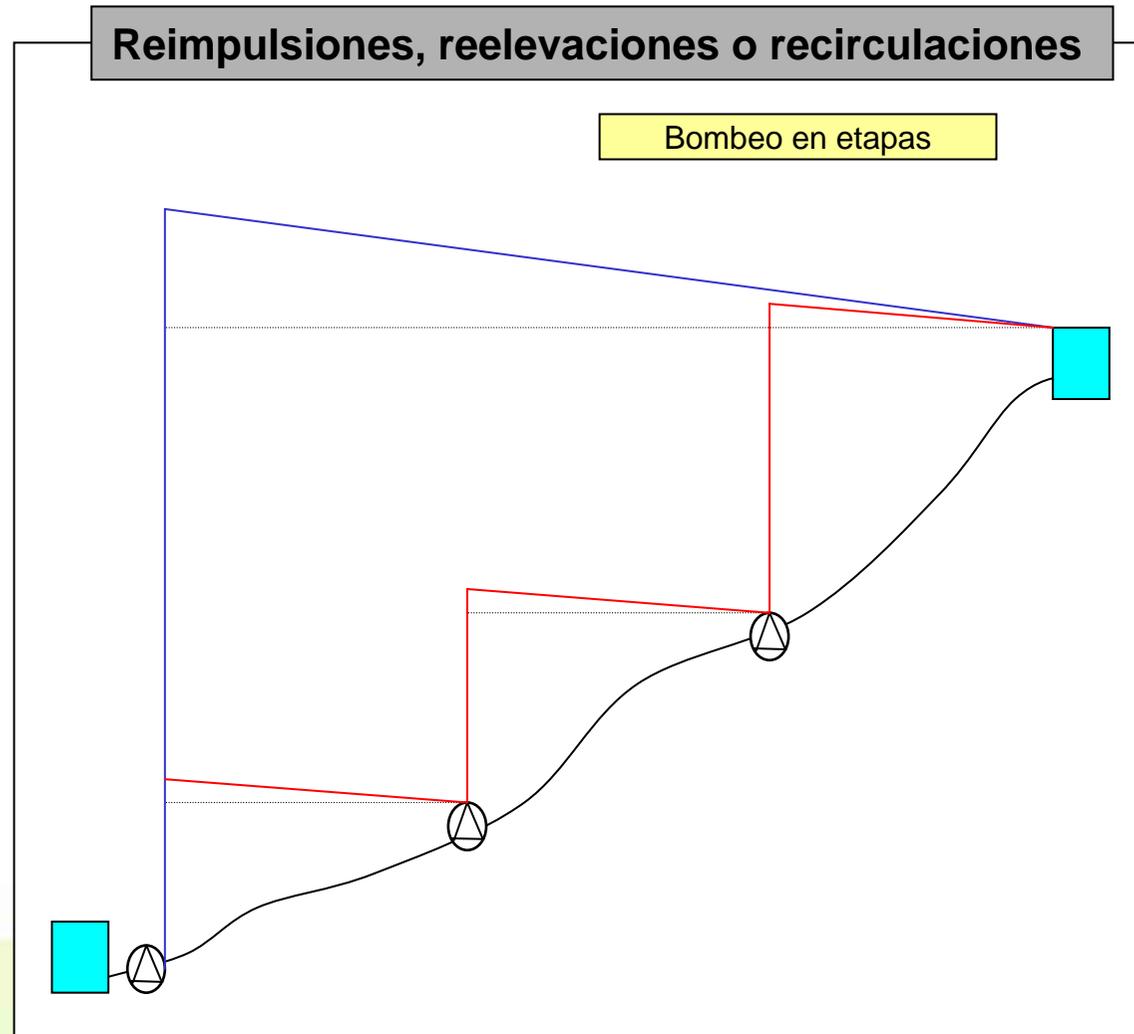
Asociación en serie de bombas

$$H = n \cdot (a + b \cdot Q + c \cdot Q^2)$$

$$\eta_n = \eta$$

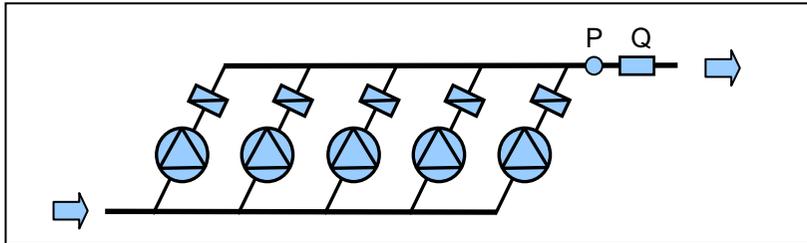


Asociación en serie de bombas



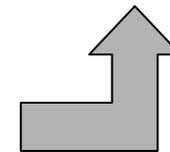
Asociación en paralelo de bombas

TODAS aspiran de un mismo depósito o colector de aspiración y abastecen a un colector de impulsión común



$$H = a + b \cdot \frac{Q}{n} + c \cdot \left(\frac{Q}{n} \right)^2$$

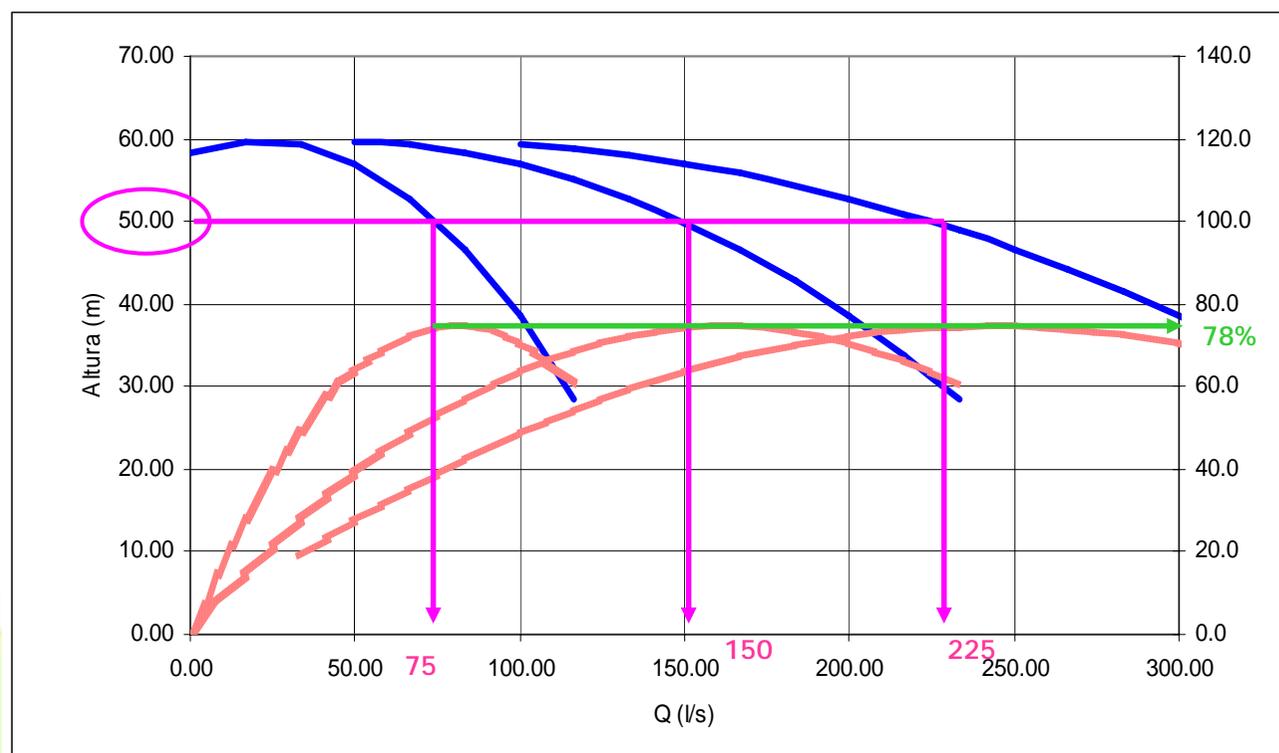
$$\eta = d \cdot \frac{Q}{n} + e \cdot \left(\frac{Q}{n} \right)^2$$



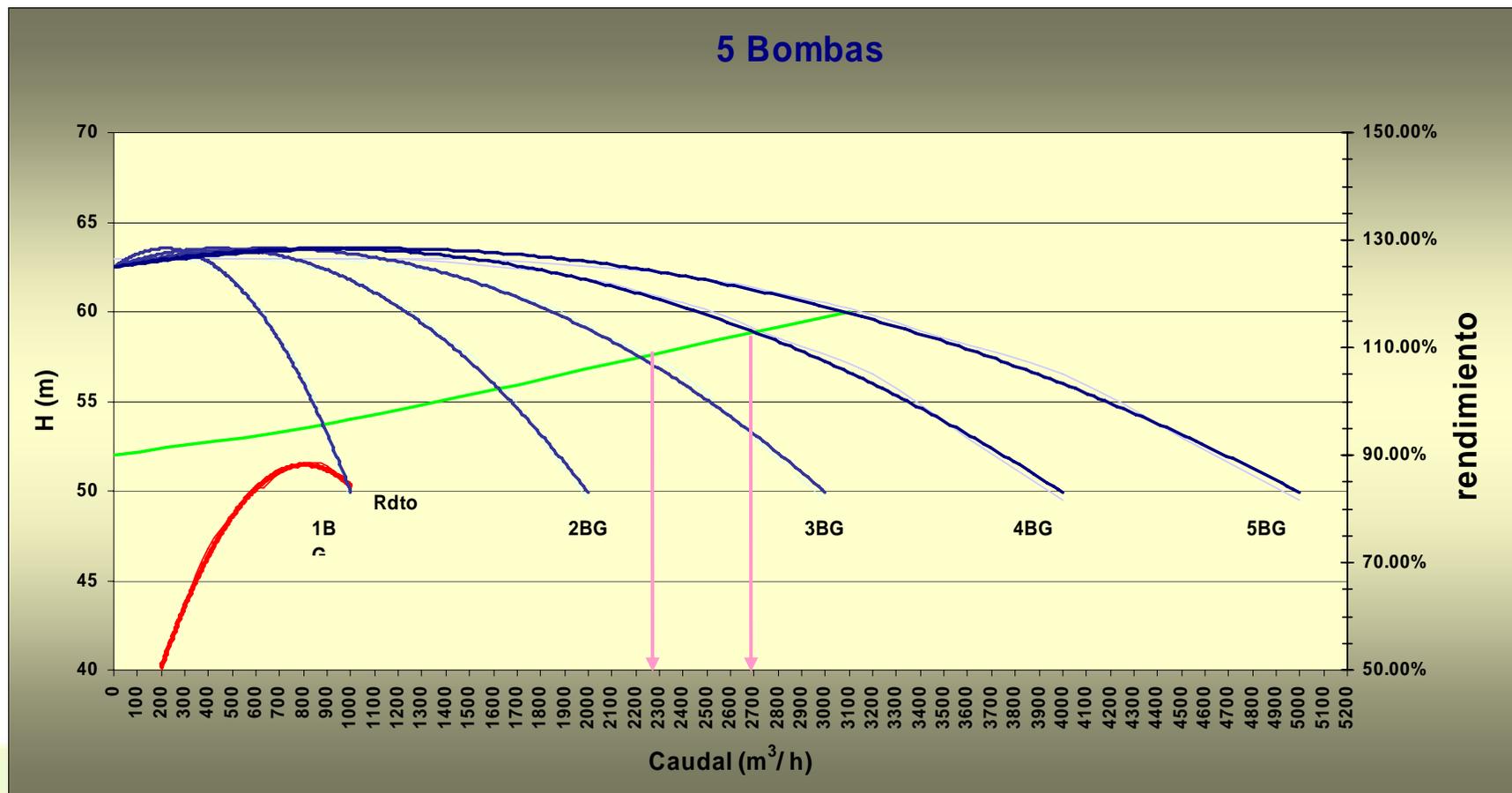
- Las P en aspiración e impulsión es común a todas las bombas
- Todas trabajan contra la misma altura de elevación
- Caudal suma de los caudales bombeados unitariamente: CURVA CARACTERÍSTICA sumando para una altura determinada los caudales dados para dicha altura por cada bomba
- Rendimiento: media ponderada
- NPSHd en la aspiración, se estudia en todas las bombas

Asociación en paralelo de bombas

- Si todas las bombas son iguales: $Q = n \cdot Q_i$ para cada altura
rpto. Rectas horizontales de igual altura
- Puede funcionar cualquier combinación de bombas al contrario que en serie: si es así, instalar válvulas de retención en la impulsión para evitar que circule en sentido contrario si alguna está parada.



Asociación en paralelo de bombas



Índice

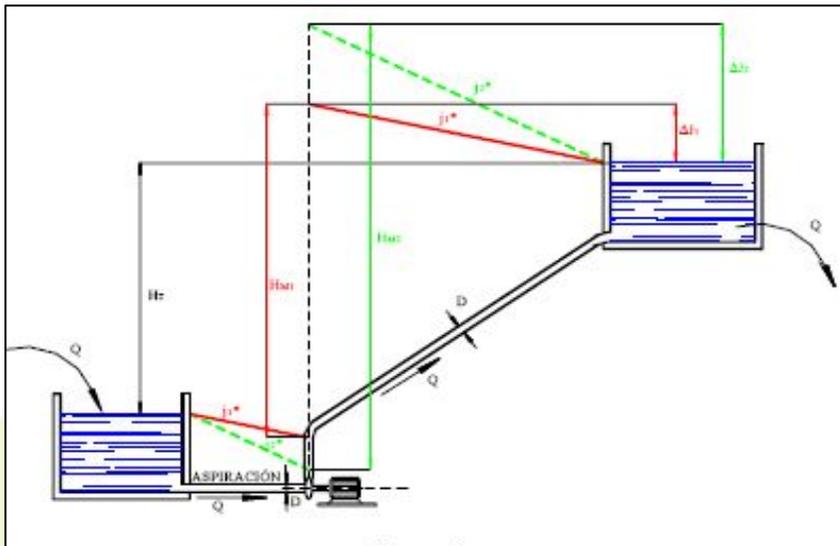
- Introducción. Necesidad de las bombas.
- Partes de una bomba.
- Hidráulica básica.
- Tipos de bombas.
- *Descanso*
- Selección de bombas.
- Asociación de bombas.
- **Diseño EB.**



Diseño EB. Diámetro más económico.

- Si el diámetro de la impulsión es relativamente grande, la pérdida de energía es relativamente pequeña
- Si el diámetro es pequeño, el valor de h_f será sensiblemente mayor que en el caso anterior. Luego la altura manométrica resulta mayor

A mayor diámetro \rightarrow {
 Mayor **inversión** inicial
 Mayor importe en **transporte**
 Mayor costes de **instalación**
 Menor coste de explotación (menor **tarifa** eléctrica)



$$h_f = \frac{u^2}{2 \cdot g \cdot D} \cdot f \cdot L$$

Diseño EB. Diámetro más económico.

Introduciendo **variables económicas**:

- **Inversión inicial** (con un interés i y un plazo de amortización en n años)

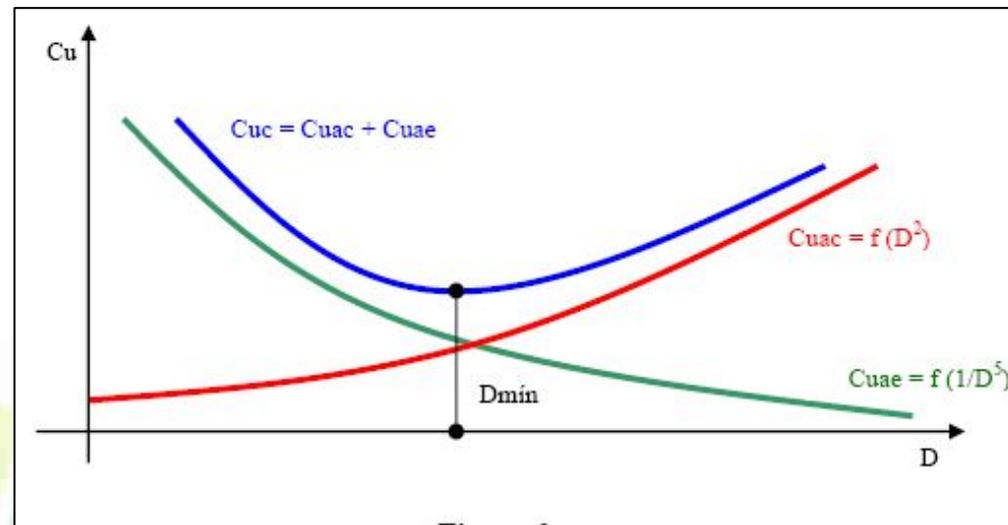
$$C_{uat} = f(D^2)$$

- **Costes de energía**

$$C_{uae} = f(1/D^5)$$

- El valor mínimo nos da el **diámetro más económico**, el que además de satisfacer las exigencias hidráulicas, logra el objetivo de dar lugar a la solución más económica, para el plazo de amortización de la obra

$$C_{ut} = C_{uat} + C_{uae}$$

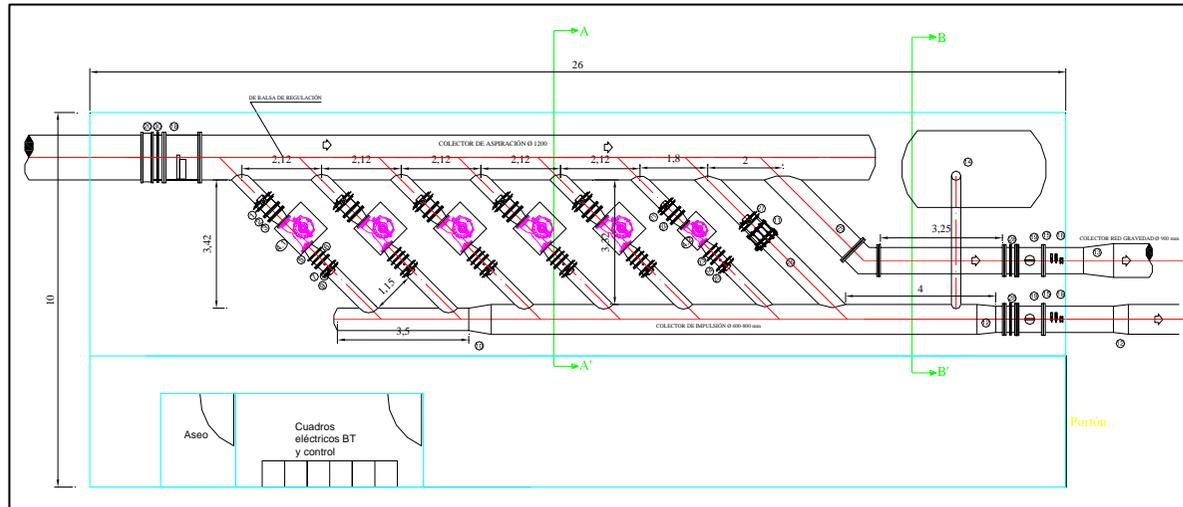


Diseño EB. Fraccionamiento caudal de bombeo.

- Permite adaptar mejor el caudal bombeado al que demanda la red.
- Da mayor seguridad a la explotación, ya que se puede tener algún grupo fuera de servicio sin que se afecte gravemente al suministro de agua.
- Los transitorios creados en las maniobras ordinarias de la instalación son más pequeños.
- La sobreintensidad del arranque de los grupos, transmitida al centro de transformación y a la línea eléctrica, es más pequeña.
- La selección de los grupos es más versátil, ya que aumenta el campo de posibilidades y permite elegir grupos que se adapten mejor a las necesidades de la instalación.



Diseño EB. Grupo de reserva.



- En todas las centrales de bombeo se debe poner siempre un grupo adicional, de reserva, que pueda asegurar en todo momento el mantenimiento del servicio, sustituyendo en su función al grupo no operativo (por avería o por mantenimiento).
- En el diseño de la estación a este grupo se le puede asignar una función pasiva o activa, según interese en cada caso.

Diseño estaciones de bombeo

- Emplazamiento de las máquinas {
Intemperie
Bajo cubierta



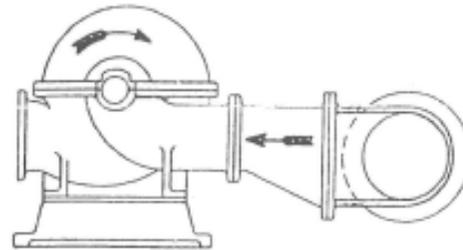
Diseño estaciones de bombeo

- Tipo de bombas { Horizontales
Verticales

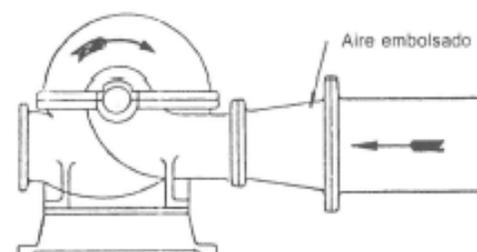
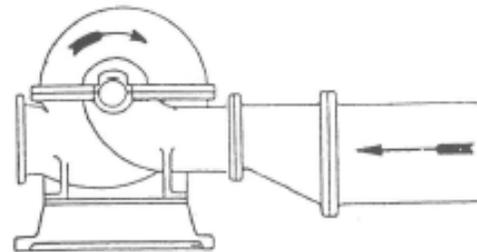
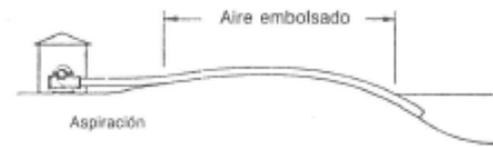
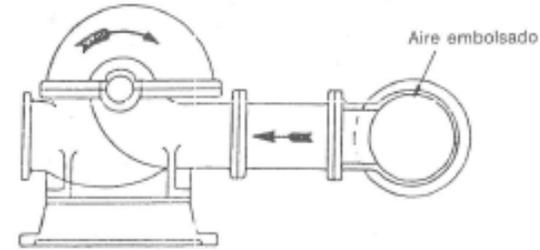


Diseño estaciones de bombeo

Recomendado



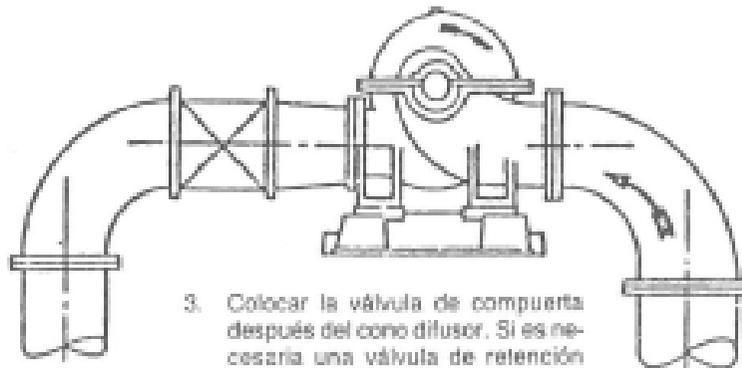
No recomendado



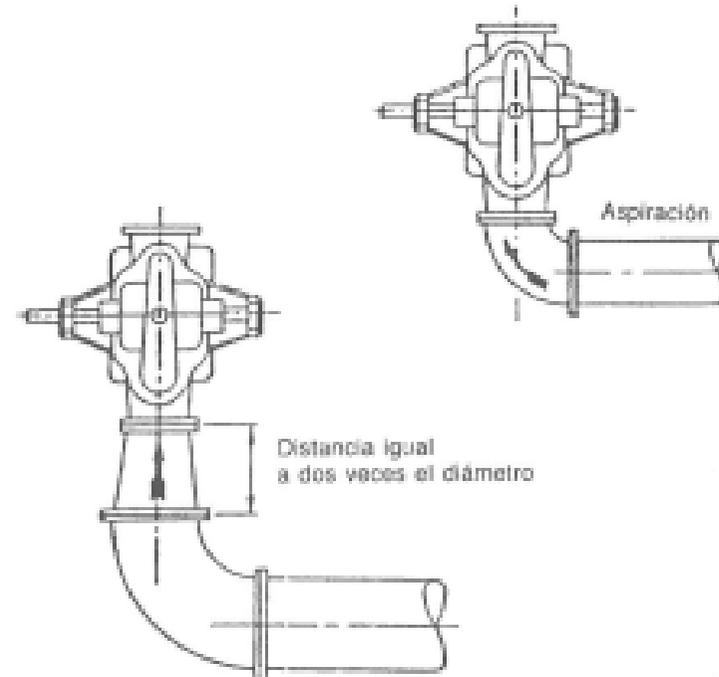
Diseño estaciones de bombeo

1. Empleese como difusor y curvas de gran radio en la descarga para conservar la velocidad inicial.

2. Es preferible colocar en la aspiración conos difusores y curvas de gran radio.

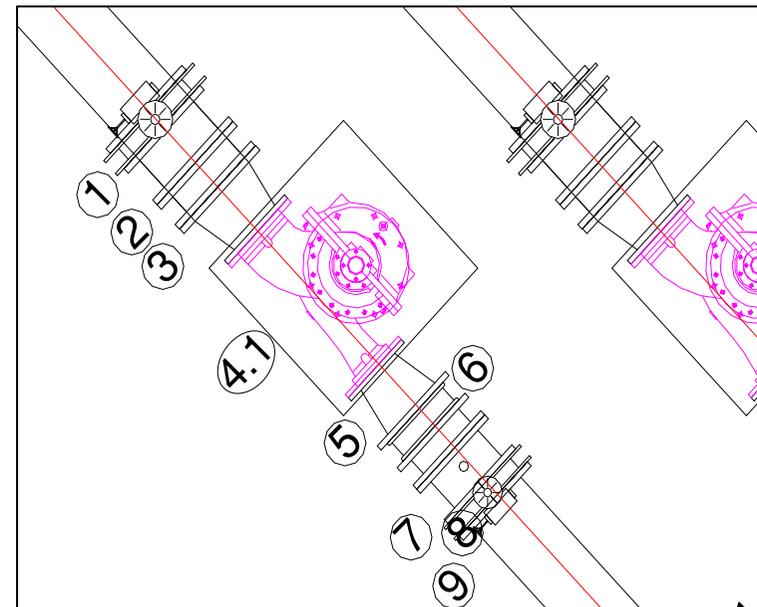


4. Las tuberías de aspiración e impulsión deberán soportarse en su parte más próxima a la bomba para evitar vibraciones.



Diseño EB. Valvulería y calderería.

- Válvulas de Retención (6)
- Válvulas de corte (1 y 8)
- Carretes de desmontaje (2 y 7)
- Calderería. Conos de reducción (3 y 5)
 - aspiración 1 m/s
 - impulsión 2 m/s

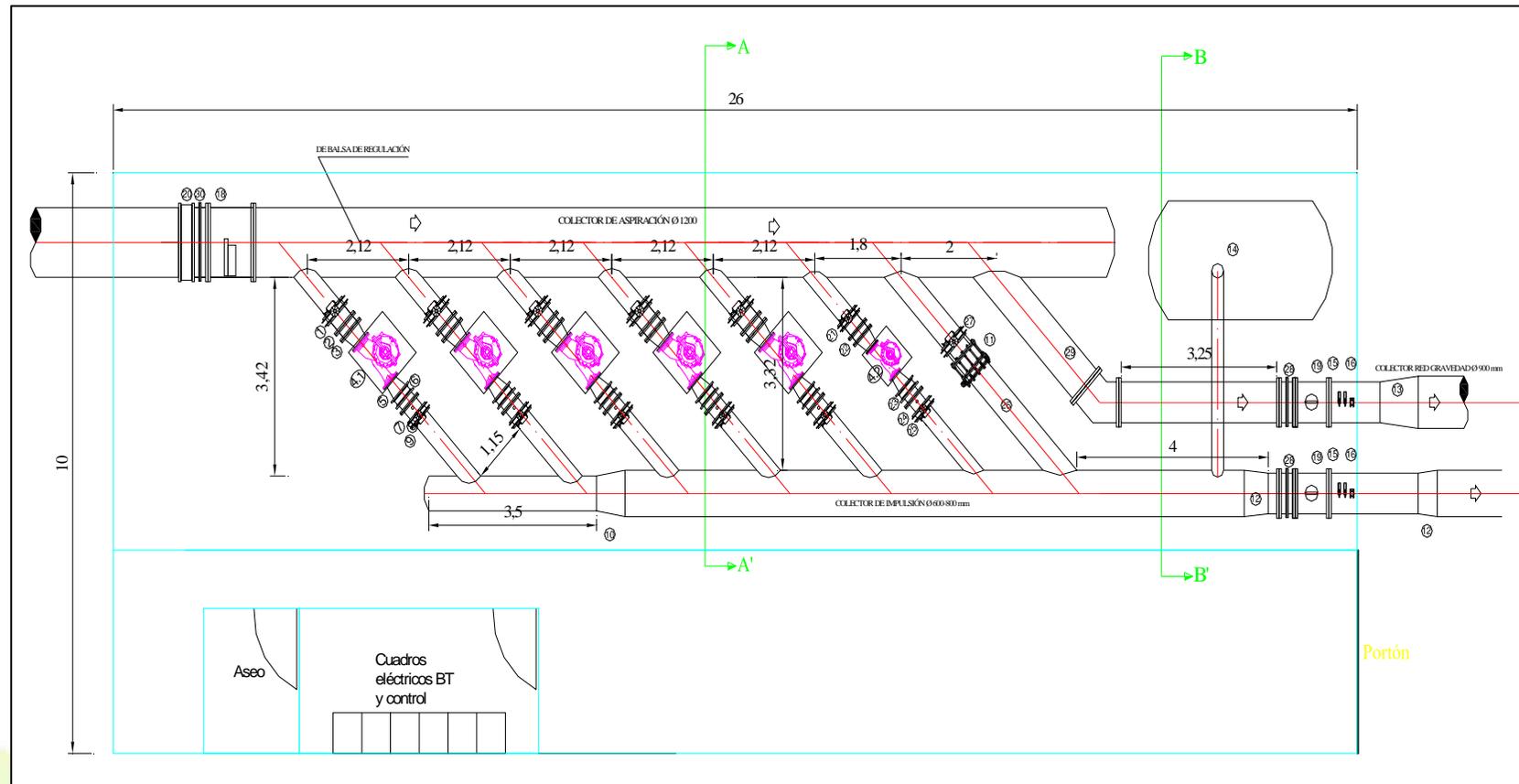


Diseño EB. Valvulería y calderería.

- Válvula de alivio o anticipadora de onda
- Calderín hidroneumático
- Ventosas



Diseño estaciones de bombeo. Bypass.



Diseño EB. Protecciones y enclavamientos.

- Protecciones en la aspiración
 - La bomba no puede arrancar si la válvula de aspiración está cerrada.
 - La bomba no puede arrancar si el nivel del agua en la cántara es inferior al prefijado.
 - Se produce una parada secuencial de los grupos si desfallece el nivel del agua en la cámara de aspiración, o si la presión en la aspiración es inferior al valor prefijado.
- Protecciones en la impulsión
 - Al iniciar el arranque la válvula de mariposa de la impulsión está cerrada.
 - Al iniciar el arranque la presión en el colector de impulsión no es inferior al desnivel geométrico de la impulsión.
 - Si durante la marcha de los grupos cae la presión por debajo de un valor prefijado, se debe iniciar la parada programada de toda la estación de bombeo (la caída de presión indica que hay avería en la impulsión).
- En los motores y rodamientos. Control de la temperatura de los devanados, rodamientos y del sistema de refrigeración.

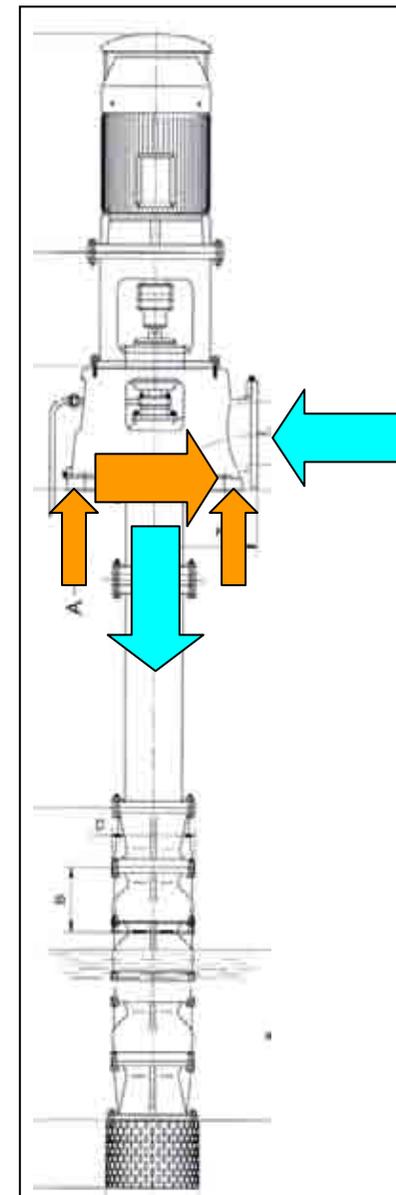
Empujes

Empujes

Tracción vertical de la columna de la bomba
Empuje horizontal de la tubería de impulsión

Reacciones

Anclaje codo de descarga a obra civil
Anclaje tubería impulsión en el extremo



Empujes

Empujes

Axial del impulsor

Radial del impulsor

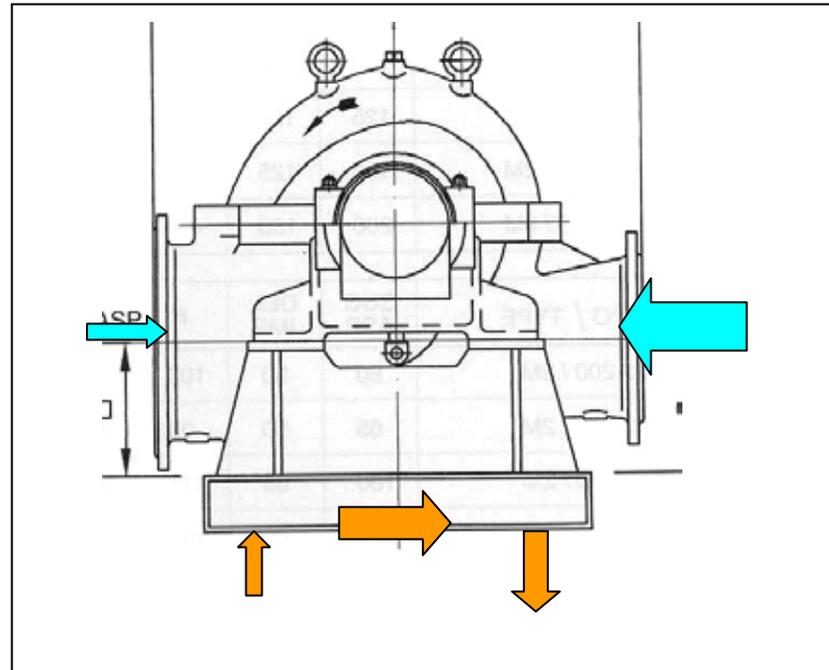
Empuje tubería impulsión

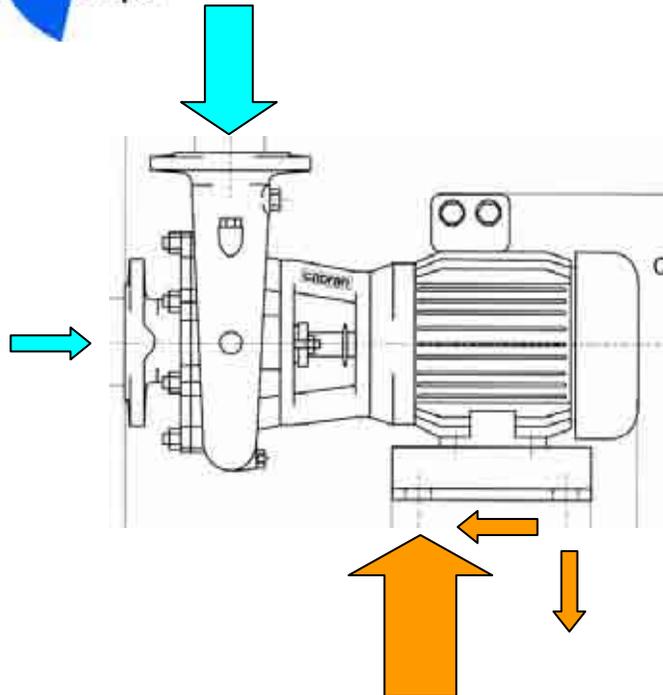
Reacciones

Se compensa por la simetría del mismo

Resultante nula (círculo)

Anclaje tubería impulsión en el extremo





Empujes

- Axial del impulsor
- Radial del impulsor

Reacciones

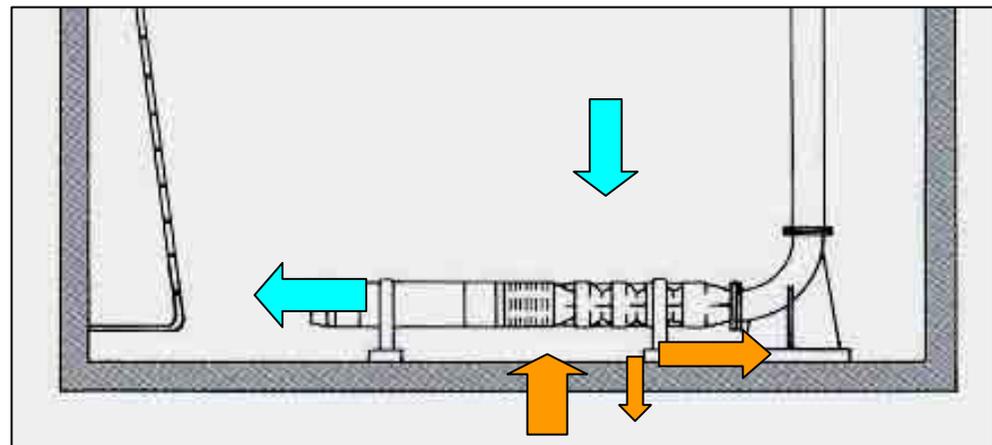
- Anclaje codo de descarga a obra civil
- Anclaje tubería impulsión en el extremo

Empujes

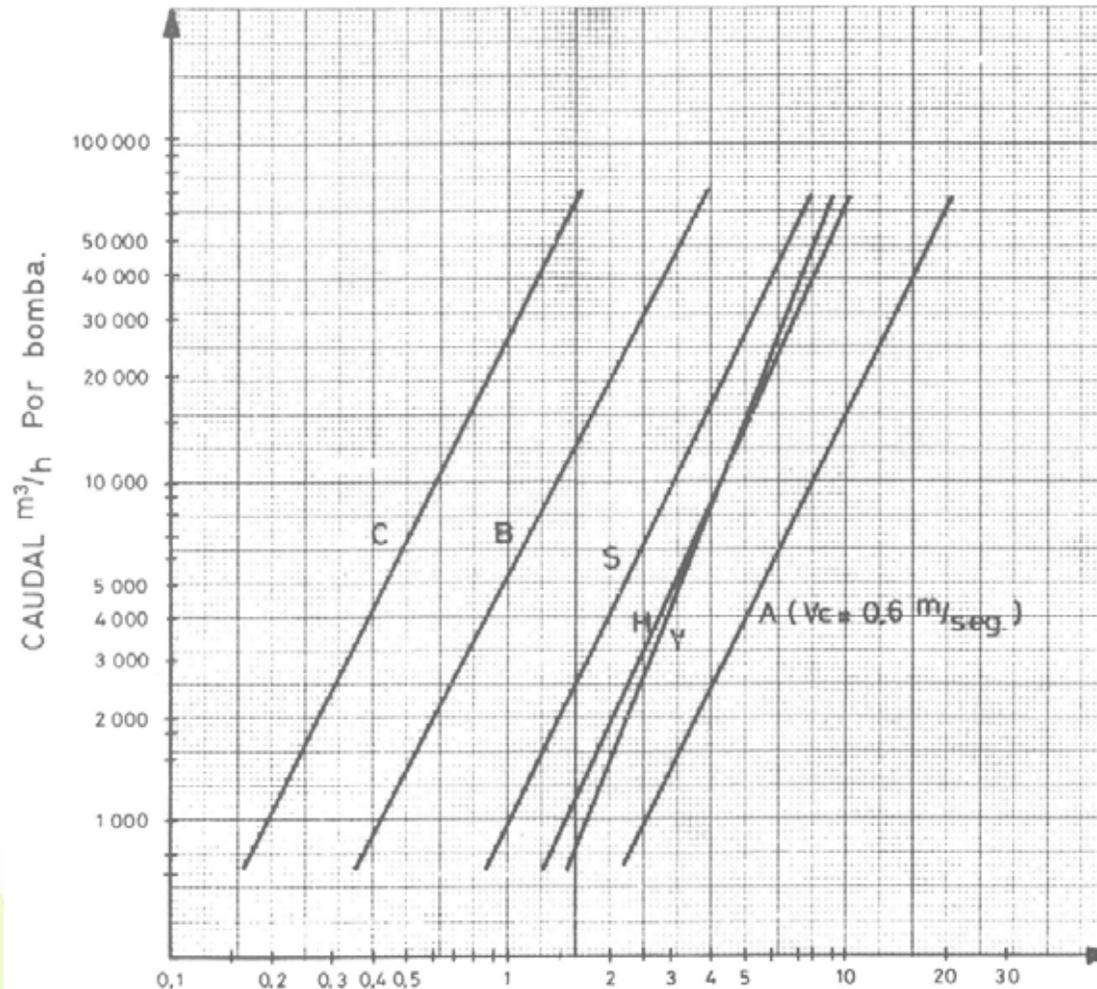
- Axial del impulsor
- Radial del impulsor

Reacciones

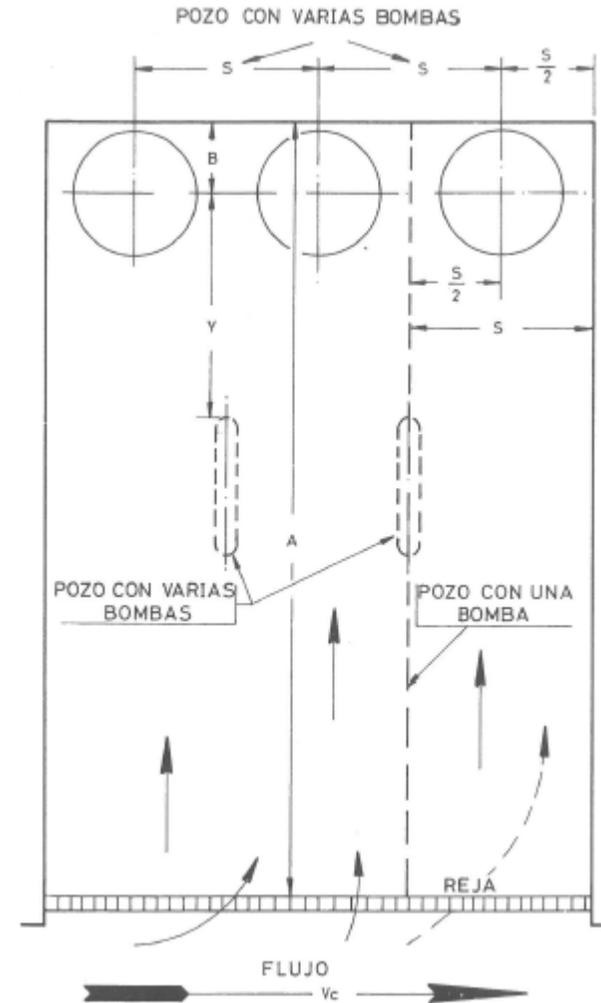
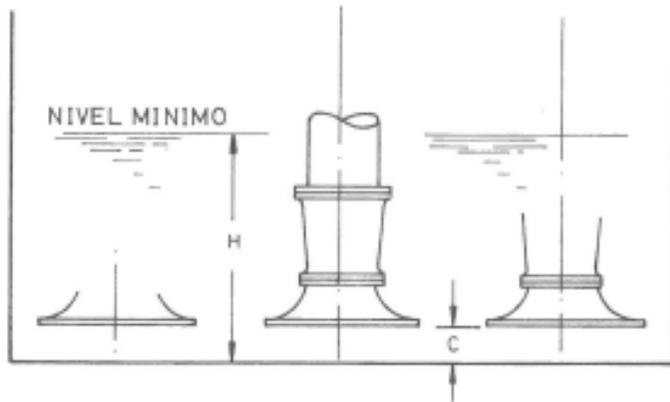
- Anclaje codo de descarga a obra civil
- Anclaje tubería impulsión en el extremo



Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

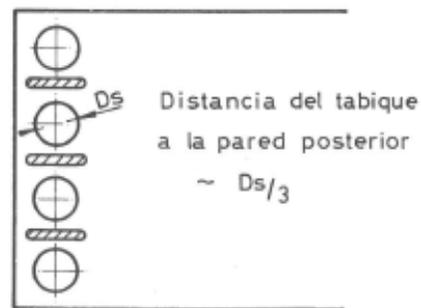
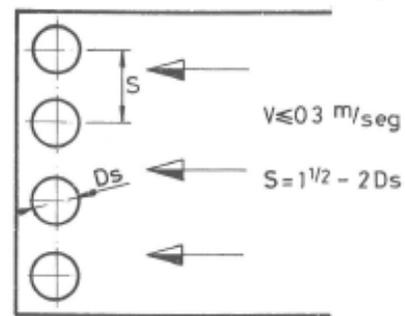


Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

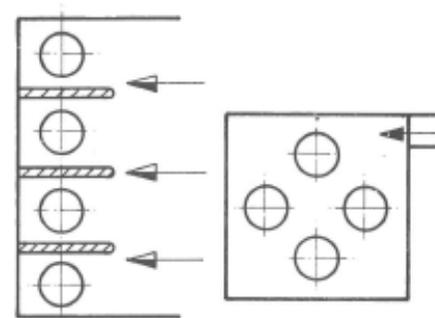
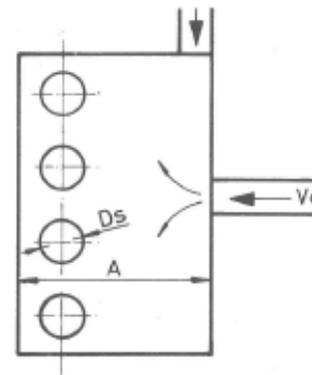


Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Recomendado

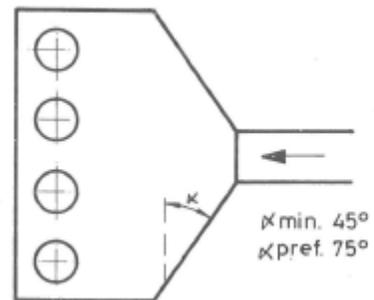


No recomendado

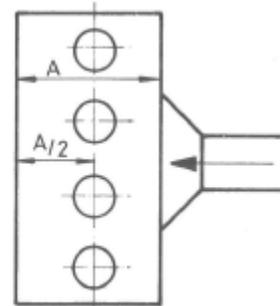


Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Recomendado

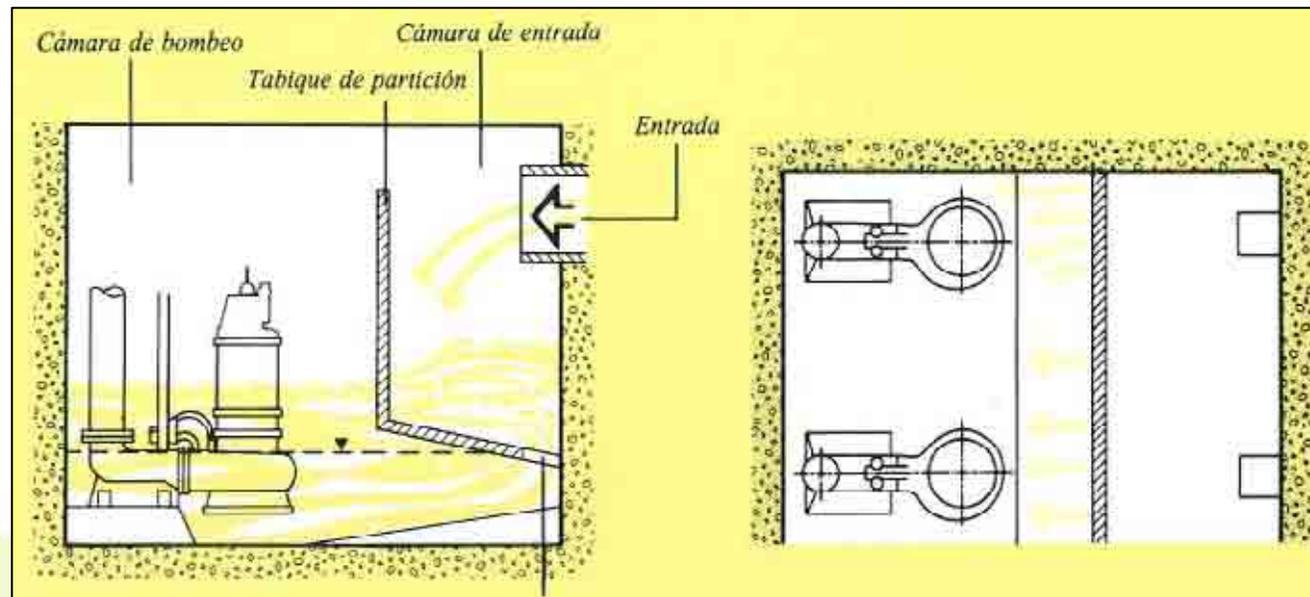


No recomendado

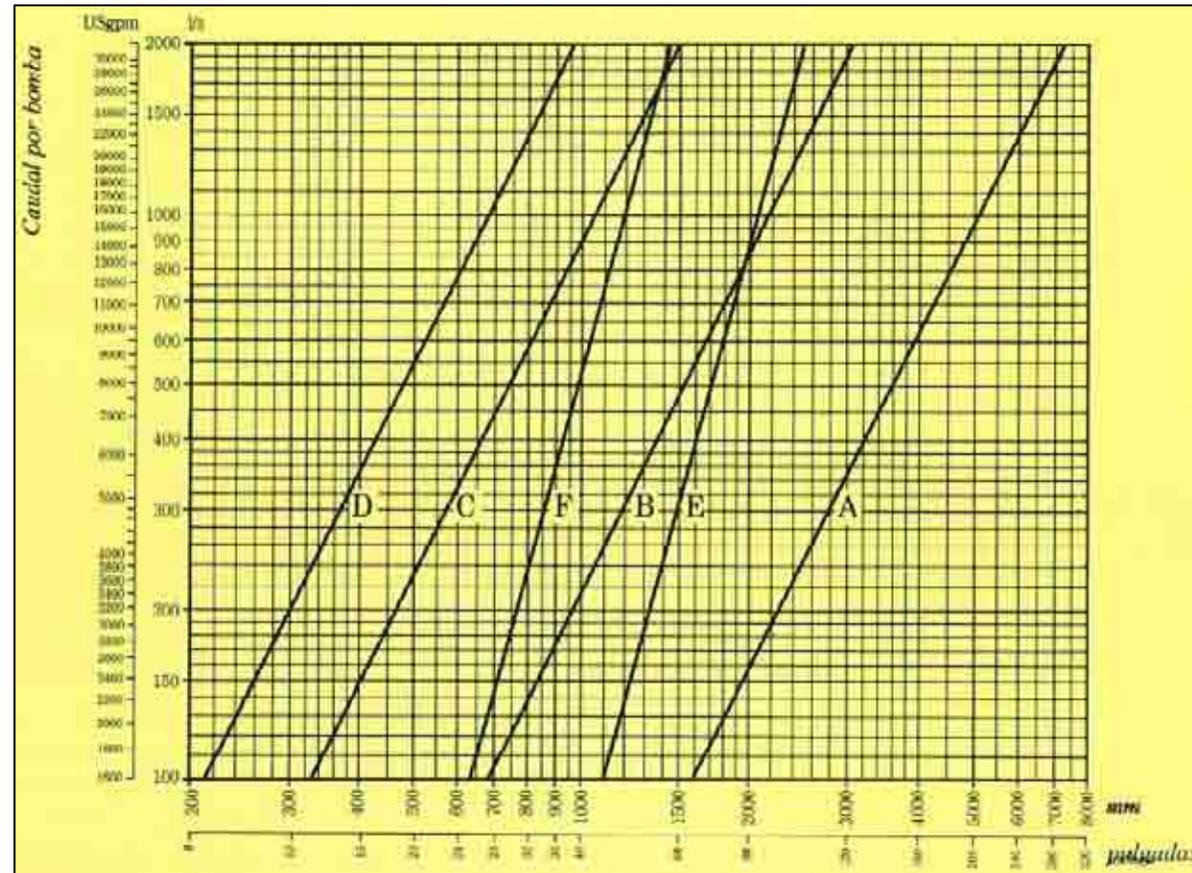


Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

- El caudal de agua a la entrada del pozo deberá dirigirse hacia las aspiraciones de las bombas, sin vórtices y con pérdidas mínimas de energía
- Se evitarán las zonas muertas y libres de sedimentos
- La profundidad del agua deberá ser suficientemente grande para impedir la formación de torbellinos
- El tramo entre la entrada en el pozo y la aspiración será lo suficientemente largo para que el aire arrastrado se eleve a la superficie



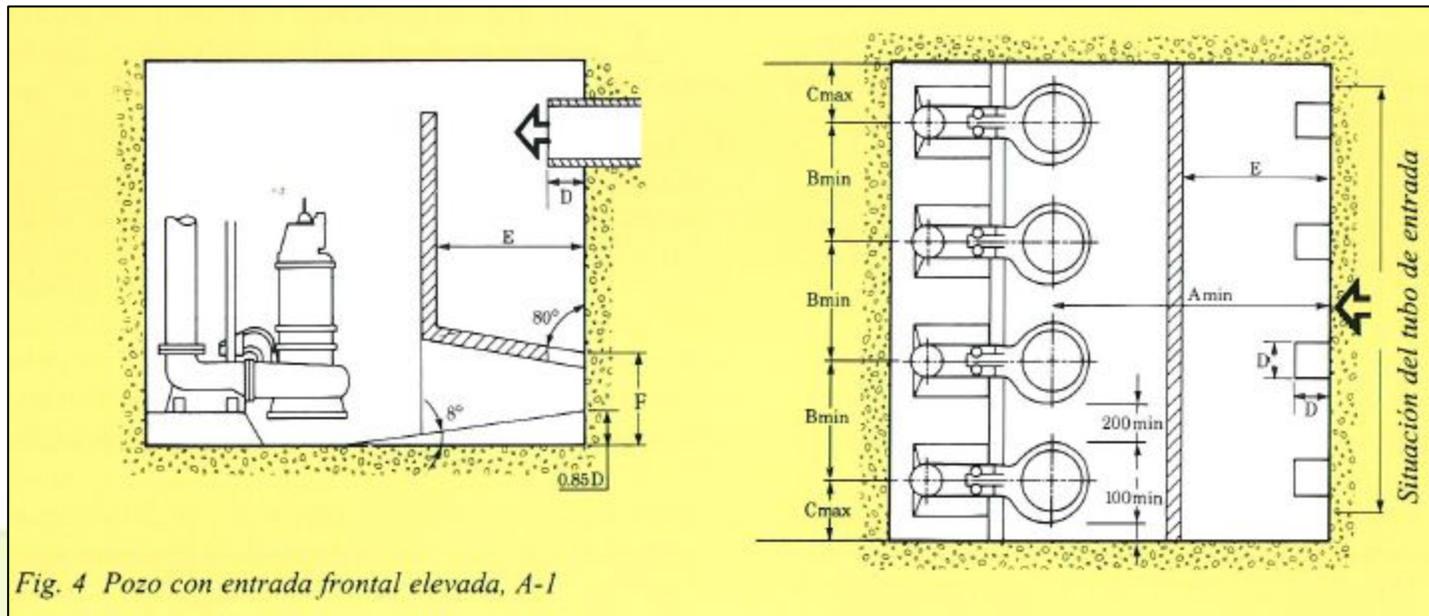
Diseño cantaras de aspiración pozo profundo



Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Entrada frontal

- Para una o varias bombas
- Base para otro tipo de cántaras
- Mínimo espacio



Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Entrada lateral

- La cámara de entrada será un 25% más ancha que el diámetro del colector
- La altura del tabique de partición será como mínimo $\frac{3}{4}$ del diámetro del colector

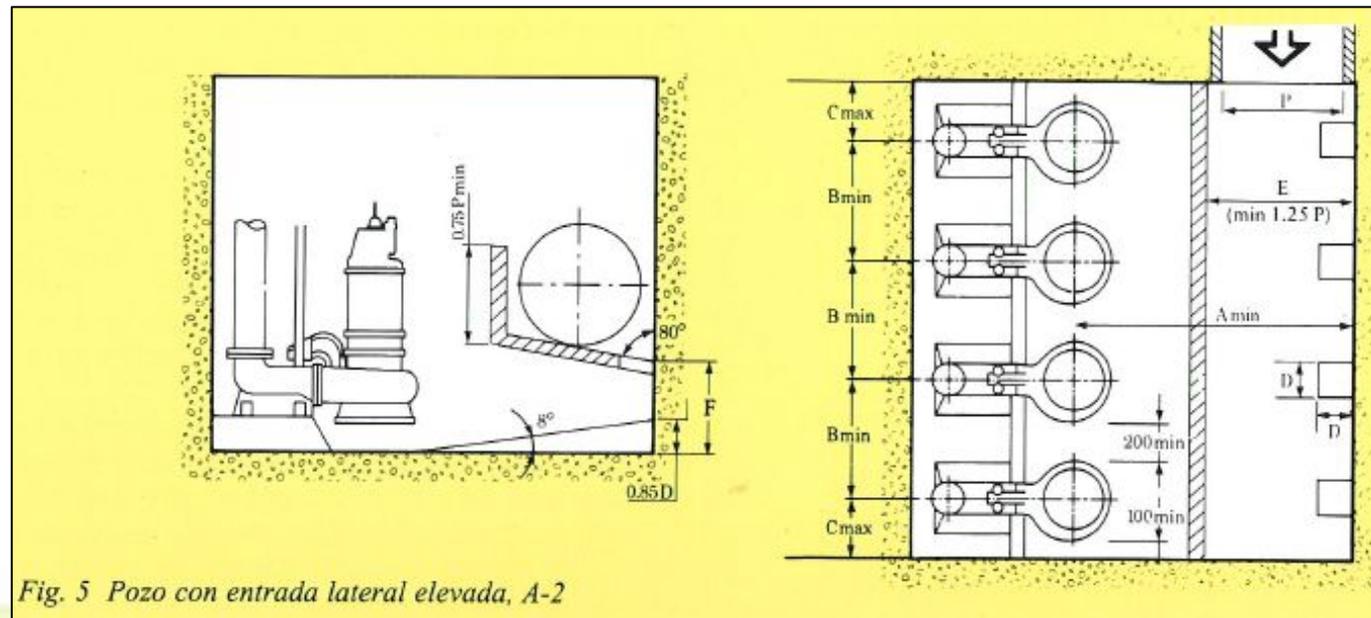
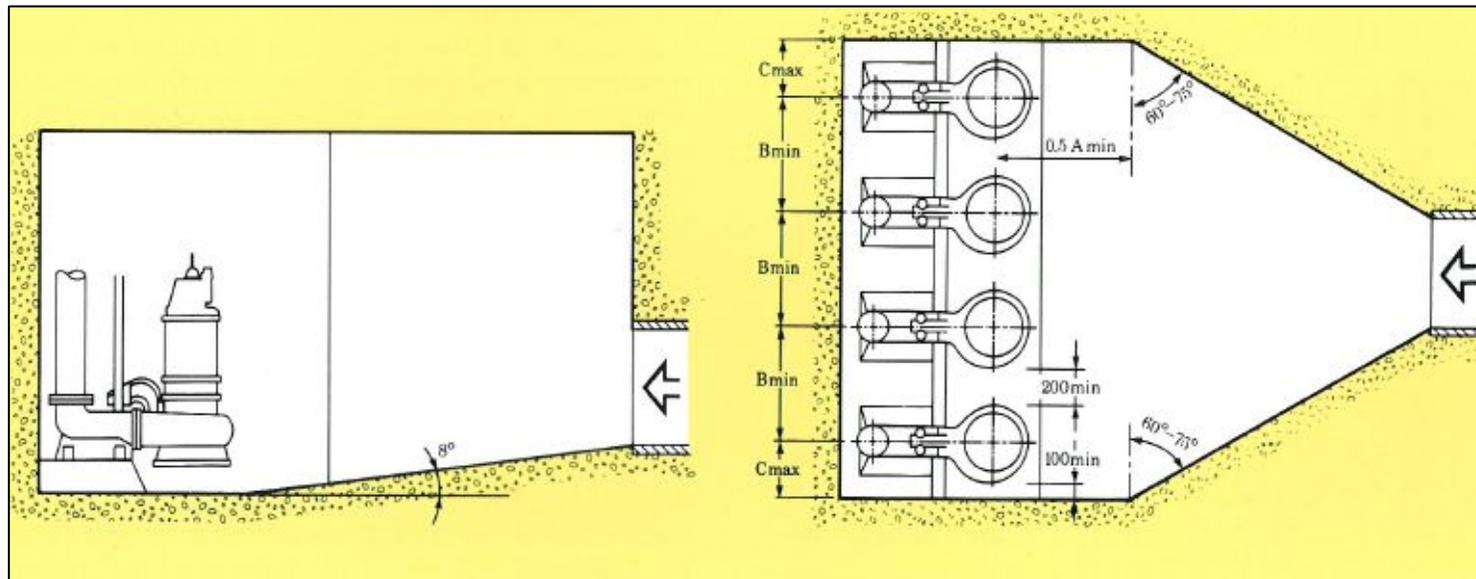


Fig. 5 Pozo con entrada lateral elevada, A-2

Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Entrada frontal

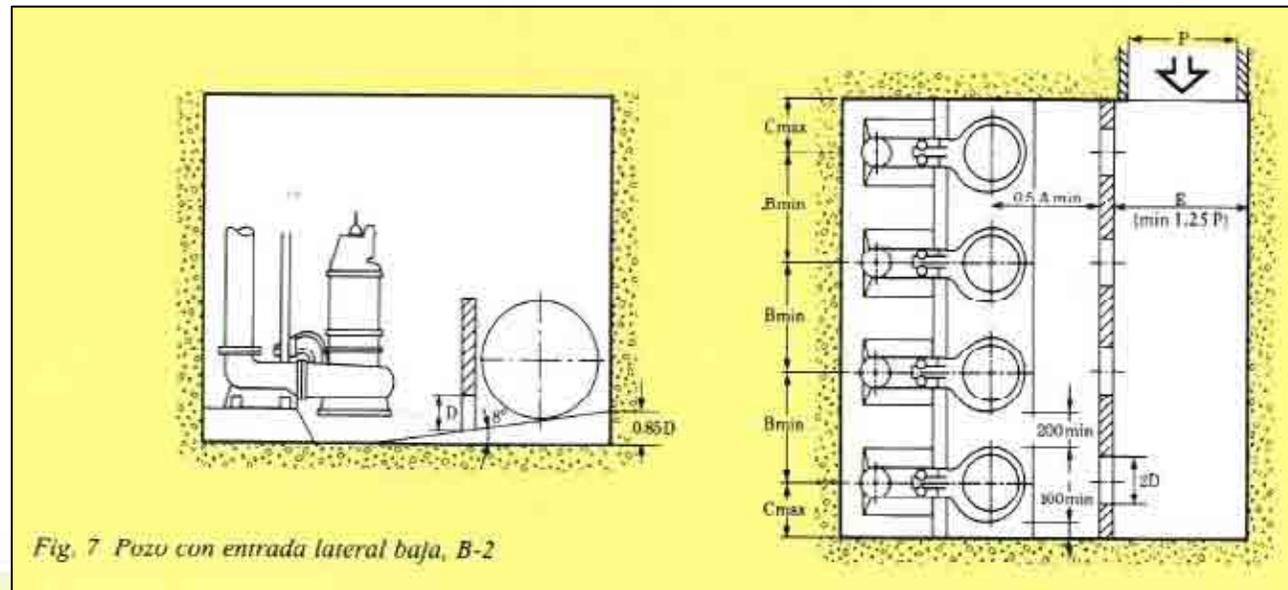
- No se necesita una cámara de entrada dividida
- La cámara irá creciendo en anchura de manera progresiva



Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Entrada lateral

- La cámara de entrada estará constituida por el tabique vertical de partición
- Las aberturas de descarga en el tabique de partición están situadas cerca del fondo del pozo



Diseño cantaras de aspiración pozo profundo

Volúmen útil del pozo

Es el volúmen entre el nivel de arranque y el de parada de la bomba. Depende de:

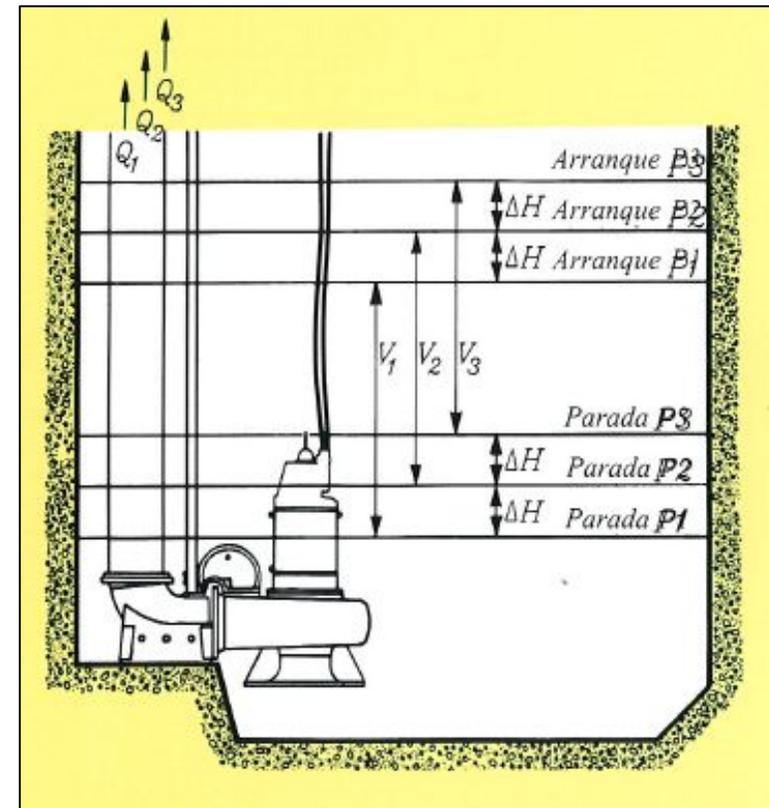
Tc: tiempo de ciclo de la bomba

Q: capacidad de la bomba

Con una bomba y con un caudal afluente variable, el ciclo más breve se produce si $q=Q/2$, proporcionando el mínimo volúmen útil requerido

- Tcmin: está determinado por el número de arranques de bomba que se permiten por hora

$$V_{req} = \frac{T_{cmin} \times Q}{4}$$



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Ejemplos de estaciones de bombeo



Bibliografía y Referencias

- ***“Hidráulica Básica”*** Teodoro Montalvo López. UPV.
- ***“Generalidades Bombas”*** J.L. San Miguel Atance. TRAGSA.
- ***“Curso de EB en hidráulica urbana”*** Grupo Multidisciplinar de Modelización de Fluidos UPV.
- ***Fotografías de obras de TRAGSA. Departamento de Regadíos.***
- ***Diversas Publicaciones de las casas comerciales:***
 - *Bombas Flyght-ITT-Vogel*
 - *Bombas IDEAL*
 - *Bombas Hidrotecar*
 - *Bombas Marelli*

“Introducción a las estaciones de bombeo. Diseño de instalaciones de bombeo.”

5 de Mayo de 2010

Muchas gracias por su atención

Javier Borso di Carminati Guerra

E-mail: Jborso@tragsa.es

Tlf: 913963744