

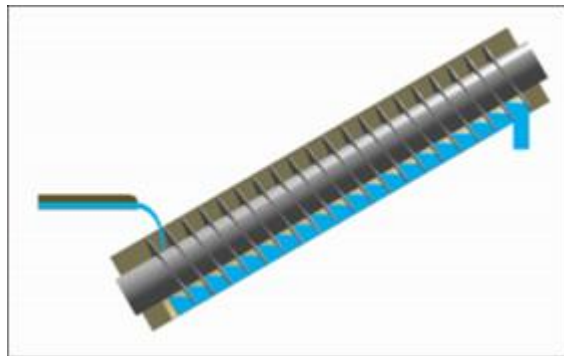
Bomba hidráulica

Una **bomba** es una **máquina hidráulica** generadora que transforma la energía (generalmente **energía mecánica**) con la que es accionada en **energía hidráulica** del **fluido incompresible** que mueve. El fluido incompresible puede ser **líquido** o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la **energía** del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el **principio de Bernoulli**. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Existe una ambigüedad en la utilización del término **bomba**, ya que generalmente es utilizado para referirse a las **máquinas de fluido** que transfieren energía, o *bombean* **fluidos incompresibles**, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los **compresores**, cuyo campo de aplicación es la **neumática** y no la **hidráulica**. Pero también es común encontrar el término **bomba** para referirse a máquinas que *bombean* otro tipo de fluidos, así como lo son las **bombas de vacío** o las **bombas de aire**.

Historia

La primera bomba conocida fue descrita por **Arquímedes** y se conoce como **tornillo de Arquímedes**, descrito por **Arquímedes** en el **siglo III adC**, aunque este sistema había sido utilizado anteriormente por **Senaquerib**, rey de **Asiria** en el **siglo VII adC**.



En el **siglo XII**, **Al-Jazari** describió e ilustró diferentes tipos de bombas, incluyendo bombas reversibles, bombas de doble acción, bombas de vacío, bombas de agua y bombas de desplazamiento positivo.^{2 3}

Tipos de bombas

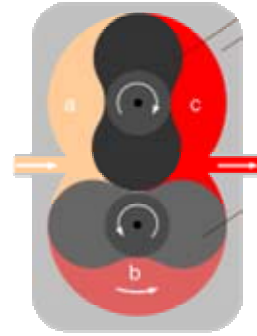
Según el principio de funcionamiento

La principal clasificación de las bombas se realiza atendiendo al principio de funcionamiento en el que se basan:

Bombas de desplazamiento positivo o **volumétricas**, en las que el principio de funcionamiento está basado en la **hidrostática**, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan **bombas volumétricas**. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen

variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en

- **Bombas de émbolo alternativo**, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la **bomba alternativa de pistón**, la **bomba rotativa de pistones** o la bomba pistones de accionamiento axial.
- **Bombas volumétricas rotativas** o **rotoestáticas**, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la **bomba de paletas**, la **bomba de lóbulos**, la **bomba de engranajes**, la **bomba de tornillo** o la **bomba peristáltica**.

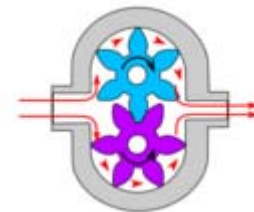


Bomba de lóbulos dobles.



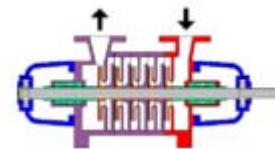
Bomba rotodinámica axial.

Bombas rotodinámicas, en las que el principio de funcionamiento está basado en el intercambio de **cantidad de movimiento** entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo. Estas **turbomáquinas hidráulicas generadoras** pueden subdividirse en:



Bomba de engranajes.

- **Radiales o centrífugas**, cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- **Axiales**, cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- **Diagonales o helicocentrífugas** cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.



Bomba centrífuga de 5 etapas.

Según el tipo de accionamiento

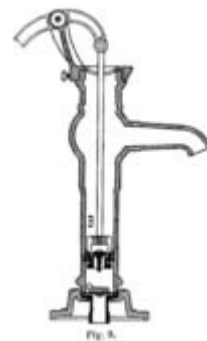
- **Electrobombas.** Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las **motobombas**, habitualmente accionadas por motores de explosión
- **Bombas neumáticas** que son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es **neumática**, normalmente a partir de **aire comprimido**.
- **Bombas de accionamiento hidráulico**, como la **bomba de ariete** o la **noria**.
- **Bombas manuales.** Un tipo de bomba manual es la bomba de balancín.

Tipos de bombas de émbolo

Bomba aspirante

Bomba aspirante de émbolo alternativo.

En una "bomba aspirante", un **cilindro** que contiene un **pistón** móvil está conectado con el suministro de agua mediante un **tubo**. Una **válvula** bloquea la entrada del tubo al cilindro. La válvula es como una puerta con goznes, que solo se abre hacia arriba, dejando subir, pero no bajar, el agua. Dentro del pistón, hay una segunda válvula que funciona en la misma forma. cuando se acciona la manivela, el pistón sube. Esto aumenta el volumen existente debajo del **pistón**, y, por lo tanto, la presión disminuye. La presión del aire normal que actúa sobre la superficie del agua, del pozo, hace subir el líquido por el tubo, franqueando la válvula-que se abre- y lo hace entrar en el cilindro. Cuando el pistón baja, se cierra la primera válvula, y se abre la segunda, que permite que el agua pase a la parte superior del pistón y ocupe el cilindro que está encima de éste. El golpe siguiente hacia arriba hace subir el agua a la espita y, al mismo tiempo, logra que entre más agua en el cilindro, por debajo del pistón. La acción continúa mientras el pistón sube y baja.



Una bomba aspirante es de acción limitada, en ciertos sentidos. No puede proporcionar un chorro continuo de líquido ni hacer subir el agua a través de una distancia mayor a 10 m. entre la superficie del pozo y la válvula inferior, ya que la presión normal del aire sólo puede actuar con fuerza suficiente para mantener una columna de agua de esa altura. Una bomba impelente vence esos obstáculos.

Bomba impelente

Bomba impelente de émbolo alternativo.

La bomba impelente consiste en un cilindro, un pistón y un caño que baja hasta el depósito de agua. Asimismo, tiene una válvula que deja entrar el agua al cilindro, pero no regresar. No hay válvula en el pistón, que es completamente sólido. Desde el extremo inferior del cilindro sale un segundo tubo que llega hasta una **cámara de aire**. La entrada a esa cámara es bloqueada por una válvula que deja entrar el agua, pero no salir. Desde el extremo inferior de la cámara de aire, otro **caño** lleva el agua a un **tanque** de la **azotea** o a una **manguera**.



Cebado de bombas rotodinámicas

Para el correcto funcionamiento de las bombas rotodinámicas se necesita que estén llenas de **fluido** incompresible, es decir, de líquido, pues en el caso estar llenas de fluido compresible (cualquier **gas** como el **aire**) no funcionarían correctamente.

El cebado de la bomba consiste en llenar de líquido la tubería de aspiración succión y la carcasa de la bomba, para facilitar la succión de líquido, evitando que queden bolsas de aire en el interior. Al ser necesaria esta operación en las bombas rotodinámicas, se dice que no tienen capacidad autocebante. Sin embargo, las bombas de desplazamiento positivo son autocebantes, es decir, aunque estén llenas de aire son capaces de llenar de fluido el circuito de aspiración.

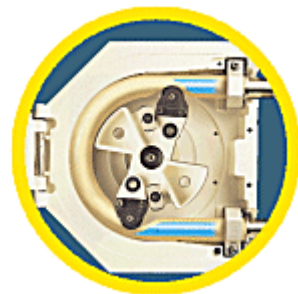
Por otra parte el funcionamiento de una bomba centrífuga en vacío puede estropear el sellado de la bomba debido a una deficiente refrigeración dado que no circula fluido por su interior que ayuda a mejorar la disipación del calor producido por la bomba.

Por lo tanto en instalaciones de bombeo cuyo esquema coincide con el indicado en el esquema adjunto es necesario un sistema adicional para evitar que la bomba se descebe. Algunos de estos sistemas se enumeran a continuación:

- Se puede construir un orificio en la parte superior de la carcasa de la bomba y arrojar agua sobre el mismo para que la bomba al encenderse esté llena de agua y pueda bombear correctamente. No se trata de un sistema muy eficiente.
- Se puede usar una **válvula** de pie (sin retorno o unidireccional). Permite el paso del líquido hacia la bomba pero impiden su regreso al depósito una vez se ha apagado la bomba con lo que impide el descebe de la **tubería** de impulsión. Puede presentar problemas cuando el fluido tiene suciedad que se deposita en el asiento de la bomba disminuyendo su estanqueidad, por otra parte supone una **pérdida de carga** más o menos importante en la tubería de impulsión por lo que aumenta el riesgo de que se produzca **cavitación** en la bomba.
- Uso de una **bomba de vacío**. La bomba de vacío es una bomba de desplazamiento positivo que extrae el aire de la tubería de impulsión y hace que el fluido llegue a la bomba centrífuga y de este modo quede cebada.
- Por último otra posibilidad consiste en instalar la bomba bajo carga, es decir por debajo del nivel del líquido, aunque esta disposición no siempre es posible, a no ser que se instale sumergida, con lo cual la bomba tiene que ser especial.

Bomba peristáltica

Una **bomba peristáltica** es un tipo de **bomba** de desplazamiento positivo usada para bombear una variedad de **fluidos**. El fluido es contenido dentro de un tubo flexible empotrado dentro de una cubierta circular de la bomba (aunque se han hecho bombas peristálticas lineales). Un **rotor** con un número de 'rodillos', 'zapatos' o 'limpiadores' unidos a la circunferencia externa comprimen el tubo flexible. Mientras que el rotor da vuelta, la parte del tubo bajo compresión se cierra (o se ocluye) forzando, de esta manera, el fluido a ser bombeado



para moverse a través del tubo. Adicionalmente, mientras el tubo se vuelve a abrir a su estado natural después del paso de la leva ('restitución'), el flujo del fluido es inducido a la bomba. Este proceso es llamado **peristalsis** y es usado en muchos sistemas biológicos como el **aparato digestivo**.

Usos

Las bombas peristálticas son típicamente usadas para bombear fluidos limpios o estériles porque la bomba no puede contaminar el líquido, o para bombear fluidos agresivos porque el fluido no puede contaminar la bomba. Algunas aplicaciones comunes incluyen bombear productos químicos agresivos, mezclas altas en sólidos y otros materiales donde el aislamiento del producto del ambiente, y el ambiente del producto, son críticos.

Bomba centrífuga

Una **bomba centrífuga** es un tipo de **bomba hidráulica** que transforma la **energía mecánica** de un impulsor rotatorio llamado rodete en **energía cinética** y **potencial** requeridas. Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la **densidad** del líquido, la energía que se aplica por unidad de **masa** del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Por tanto, la carga o energía de la bomba en pie-lb/lb se debe expresar en **pies** o en metros y es por eso por lo que se denomina genéricamente como "altura".



Las bombas centrífugas tienen un uso muy extenso en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier servicio. Las más comunes son las que están construidas bajo normativa DIN 24255 (en formas e hidráulica) con un único rodete, que abarcan capacidades hasta los 500 M³/h y alturas manométricas hasta los 100 metros con motores eléctricos de velocidad estándar. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodetes sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas.

Constituyen no menos del 80 % de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para manejar más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de pulsaciones de baja frecuencia.

Golpe de ariete

El **golpe de ariete** o **pulso de Joukowski**, llamado así por el ingeniero ruso [Nikolay Egorovich Zhukovskiy](#) (Жуковский, Николай Егорович en ruso), es junto a la **cavitación**, el principal causante de averías en **tuberías e instalaciones hidráulicas**.

El golpe de ariete se origina debido a que el agua es ligeramente **elástica** (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un **fluido** no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una **válvula** o un grifo instalado en el extremo de una **tubería** de cierta longitud, las **partículas** de agua que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una **sobrepresión** que se desplaza por la tubería a una **velocidad** algo menor que la **velocidad del sonido** en el agua. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el agua, reduciendo su **volumen**, y dilata ligeramente la tubería. Cuando toda el agua que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra **onda de presión** en el sentido contrario. El agua se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el agua puede pasar a estado **gaseoso** formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la **onda** no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a **presión atmosférica**, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del agua y a la dilatación de la tubería.

El problema del golpe de ariete es uno de los problemas más complejos de la hidráulica, y es resuelto generalmente mediante **modelos matemáticos** que permiten simular el comportamiento del sistema.

Consecuencias

Este fenómeno es muy peligroso, ya que la sobrepresión generada puede llegar a entre 60 y 100 veces la presión normal de la tubería, ocasionando roturas en los accesorios instalados en los extremos (grifos, válvulas, etc).

La fuerza del golpe de ariete es directamente proporcional a la longitud del conducto, ya que las ondas de sobrepresión se cargarán de más **energía**, e inversamente proporcional al tiempo durante el cual se cierra la llave: cuanto menos dura el cierre, más fuerte será el golpe.

El golpe de ariete estropea el sistema de abastecimiento de agua, a veces hace reventar tuberías de **hierro colado**, ensancha las de **plomo**, arranca codos instalados, etc.

Dispositivos para controlar el golpe de ariete

Para evitar este efecto, existen diversos sistemas:

- Para evitar los golpes de ariete causados por el cierre de válvulas, hay que estrangular gradualmente la corriente de agua, es decir, cortándola con lentitud

utilizando para ello, por ejemplo, válvulas de rosca. Cuanto más larga es la tubería, tanto más deberá durar el cierre.

- Sin embargo, cuando la interrupción del flujo se debe a causas incontrolables como, por ejemplo, la parada brusca de una **bomba** eléctrica, se utilizan tanques neumáticos con cámara de **aire comprimido**, torres piezométricas o válvulas que puedan absorber la onda de presión.
- Otro método es la colocación de ventosas de aireación, preferiblemente trifuncionales (1ª función: introducir aire cuando en la tubería se extraiga el agua, para evitar que se generen vacíos; 2ª función: extracción de grandes bolsas de aire que se generen, para evitar que una columna de aire empujada por el agua acabe reventando codos o, como es más habitual en las crestas de las redes donde acostumbran a acumularse las bolsas de aire; 3ª función: extracción de pequeñas bolsas de aire, debido a que el sistema de las mismas ventosas por lado tienen un sistema que permite la extracción de grandes cantidades y otra vía para las pequeñas bolsas que se puedan alojar en la misma ventosa) ¹ .
- Otro caso común de variación brusca de la velocidad del flujo en la tubería se da en las centrales hidroeléctricas, cuando se produce una caída parcial o total de la demanda. En estos casos tratándose de volúmenes importantes de agua que deben ser absorbidos, se utilizan en la mayoría de los casos torres piezométricas que se conectan con la presión atmosférica, o válvulas de seguridad.