

Manual de experimentos

HM150.15 Golpe de Ariete

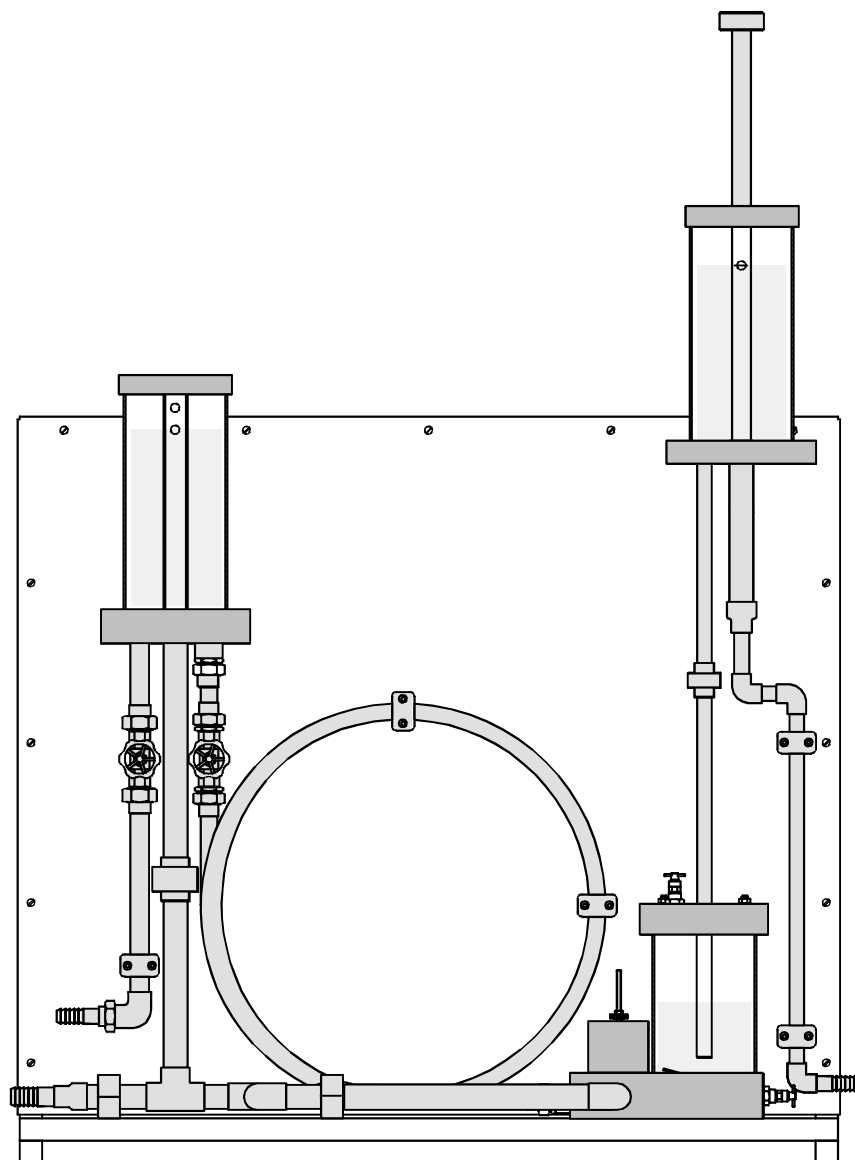
G.U.N.T. Gerätebau GmbH

Fahrenberg 14

D-22885 Barsbüttel • Alemania

Teléfono +49 (40) 670854-0

Telefax +49 (40) 670854-42



Manual de experimentos

Indice General

1	Introducción	1
2	Descripción del equipo	2
2.1	Estructura y funcionamiento del equipo	2
2.2	Puesta en marcha	4
2.3	Mantenimiento y conservación	4
3	Teoría	5
4	Ensayos	9
4.1	Puesta en marcha y realización del ensayo	9
4.2	Determinación de la relación de caudal másico	10
4.3	Determinación del grado de efectividad	11
5	Datos técnicos	12

1 Introducción

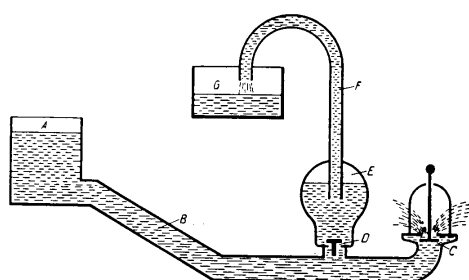


Fig. 1.1 Stoßheber

El accesorio **Fuerzas de reacción en tubos HM150.15** permite efectuar demostraciones de un ariete hidráulico. Con este tipo de bomba se puede transportar agua desde un nivel más alto sin necesidad de alimentación mecánica adicional. La energía cinética del agua que fluye se convierte en presión potencial mediante el frenado súbito. Esto permite mostrar la generación y el efecto de los golpes de ariete.

La instalación se ha concebido para utilizarse junto con el **módulo básico de dinámica de los fluidos HM150**. Si hay suficiente suministro de agua, la instalación también se puede conectar a las tuberías de agua.

Esta instalación no necesita mantenimiento y se ha fabricado con materiales anticorrosivos.

La sencilla construcción y el claro funcionamiento (válvulas abiertas y depósitos transparentes) hacen que la instalación resulte idónea para fines didácticos, tanto como modelo para demostraciones como para que los alumnos lleven a cabo ensayos.

2 Descripción del equipo

2.1 Estructura y funcionamiento del equipo

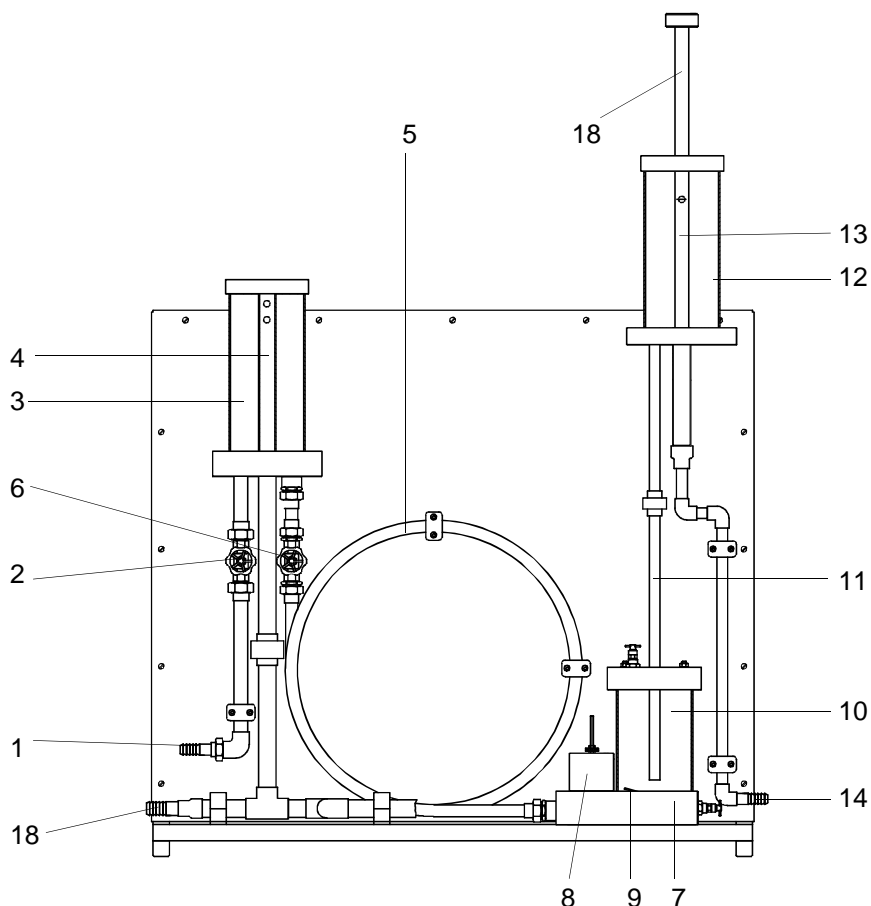


Fig. 2.1 Equipo completo

La instalación se compone básicamente de dos depósitos elevados, una tubería, un bloque de válvulas con cámara de aire, y las correspondientes griferías de entrada y salida.

Todos los componentes están montados en un panel. El agua va desde el soporte de entrada (1) hasta el primer depósito elevado (3) pasando por la válvula de entrada (2). Un rebosadero integrado (4) mantiene constante el nivel de agua. Una tubería de agua (5) de longitud L alimenta el depósito elevado. El caudal se puede regular con

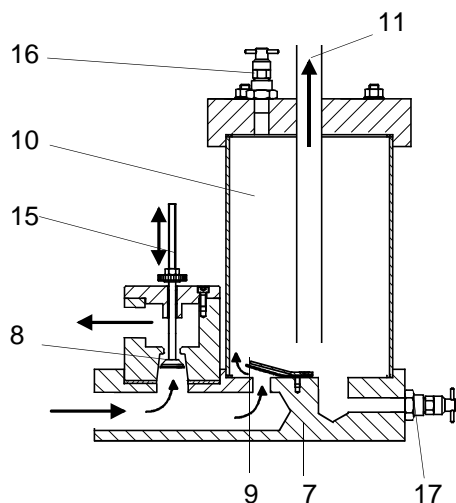


Fig. 2.2 Bloque de válvulas con

una segunda válvula reguladora (6). La válvula fluye por la tubería de agua hasta llegar al bloque de válvulas (7). En el bloque de válvulas se encuentra la válvula de impulsos con contrapeso (8). Mientras la velocidad del agua dentro de la tubería sea baja, la válvula estará abierta y el agua irá a parar directamente a la tubería de salida (18). Si se acelera el flujo de agua, la fuerza del flujo cierra de golpe la válvula de impulsos. El incremento de la presión en la tubería abre la válvula de bisagra de goma (9), que también se encuentra en el bloque de válvulas, y el agua fluye hacia la cámara de aire (10). Desde aquí, el agua pasa por el tubo ascendente (11) y va a parar al segundo depósito elevado (12). La altura de elevación se puede regular mediante un rebosadero ajustable (13, 18). El agua transportada sale por el soporte (14).

El nivel del agua se puede leer en las escalas de los dos depósitos elevados. El punto cero de las escalas se encuentra a la altura del bloque de válvulas.

La válvula de impulsos también se puede controlar manualmente mediante el husillo de la válvula (15).

La cantidad de aire en la cámara de aire se puede modificar mediante la válvula de aireación (16). La válvula de salida (17) permite vaciar la cámara de aire.

2.2 Puesta en marcha

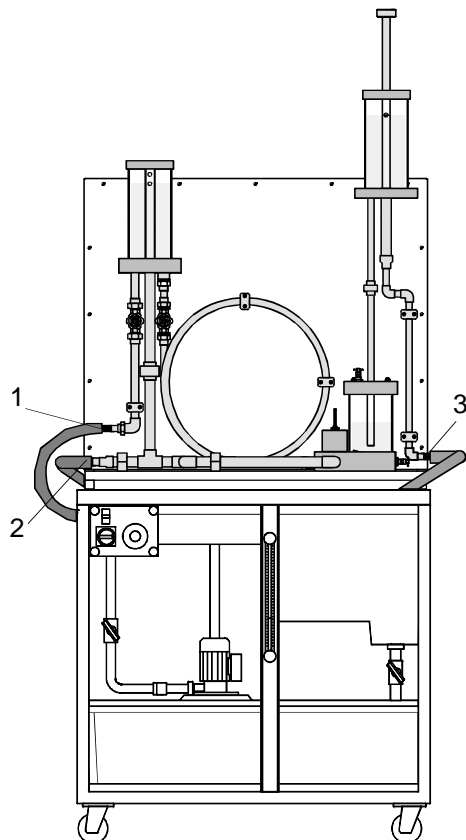


Fig. 2.3 Instalación montada en el equipo básico HM150

- Montar la instalación en el **módulo básico de dinámica de los fluidos HM150**.
- Preparar el suministro de agua:
 - a través del grifo de entrada del módulo básico HM150 para los soportes de entrada (1);
 - o a través de la conexión de agua corriente para los soportes de entrada (1).
- El agua sale por el tubo del rebosadero (2) y va a parar a la cubeta de recogida de HM150.
- El agua sale por el tubo de salida del depósito elevado y va a parar al depósito de calibración o a la cubeta de recogida de HM150 (3).

2.3 Mantenimiento y conservación

- La entrada de luz favorece la proliferación de algas. Por lo tanto, el equipo siempre se debe guardar con los depósitos vacíos.
- No utilizar disolventes ni sustancias abrasivas para la limpieza.

3 Teoría

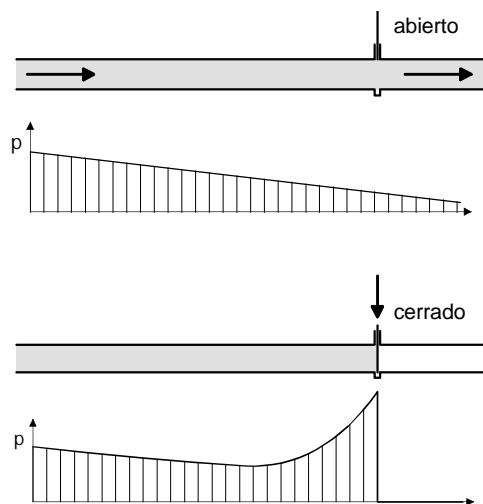


Fig. 3.1 Choque de ariete por frenado súbito del fluido

El **ariete hidráulico**, inventado por *Montgolfier* (1797), permite elevar a un nivel superior la misma cantidad de agua que se evacua utilizando tan sólo la energía del agua que fluye. Para ello se aprovecha el efecto que se consigue al detener de golpe el flujo de agua en una tubería, y que consiste en convertir en energía potencial la energía cinética inherente al agua.

El choque de ariete que se produce suele ser involuntario y puede provocar daños importantes en las tuberías. Sobre todo en las turbinas de agua con caída desde grandes alturas se intenta evitar que este choque de ariete no provoque daños con medidas constructivas adecuadas. Por ejemplo, las compuertas de cierre se cierran despacio. Por lo que respecta a las turbinas Pelton, primero se desvía la carga súbita del chorro de agua y después las agujas de la tobera se cierran poco a poco. Además, en las tuberías bajo presión se montan cámaras de equilibrio que reciben el choque de ariete y lo amortiguan.

Con el ariete hidráulico, este efecto se consigue de forma selectiva mediante una válvula que se cierra a intervalos (válvula de impulsos). El choque de ariete resultante se suaviza, porque el agua puede fluir a través de una válvula de presión e ir a parar a una cámara de aire. La cámara de aire amortigua el choque y permite que el agua siga fluyendo de forma constante hasta el tubo ascendente, que la conduce a un segundo depósito elevado.

Si se necesita una inundación sin pérdidas, se puede aplicar el principio de conservación de la energía:

Cuando no hay pérdidas al inundar la tubería, la velocidad máxima que puede alcanzar el agua con una caída de h_1 es de:

$$v_1 = \sqrt{2 g h_1}$$

La energía del agua que inunda la tubería es de:

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 2 g h_1$$

La energía del agua transportada hacia arriba hasta la altura h_2 es de:

$$E_{pot} = m_2 g h_2$$

Si se iguala, el resultado es:

$$m_1 g h_1 = m_2 g h_2$$

O, con los caudales másicos, se obtiene la relación de caudal másico:

$$\mu = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = \frac{h_1}{h_2}.$$

Es decir, el caudal másico \dot{m}_2 transportado hasta la altura h_2 depende de la relación entre las alturas. A menor cantidad de agua, mayor altura de elevación. Por supuesto, esta simple relación sólo es válida si:

1. En el tubo de entrada toda la energía potencial se puede convertir en velocidad.
2. Toda la energía cinética se puede convertir en presión.

En la práctica, hay pérdidas a causa del funcionamiento impreciso de las válvulas y de las resistencias al flujo, por lo que se da una reducción considerable de la relación de caudal másico.

En los esquemas siguientes se explica el funcionamiento del ariete hidráulico:

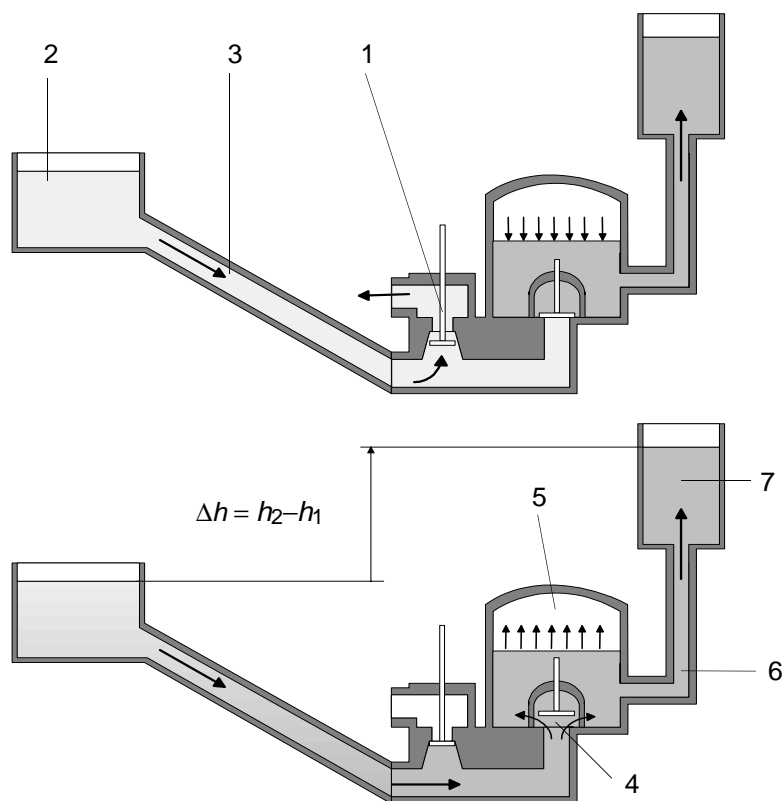


Fig. 3.2 Principio básico del ariete hidráulico

Primero se abre la válvula de impulsos (1) (figura 3.1, arriba). El agua empieza a fluir desde el primer depósito elevado (2) a través de la tubería (3) y de la válvula de impulsos cayendo hacia la salida. El agua que se encuentra en la tubería acelera hasta que la fuerza del flujo contra el plato de la válvula de impulsos es demasiado fuerte y la cierra. Entonces, la columna de agua en la tubería frena considerablemente y se crea una sobrepresión considerable en el extremo inferior de la tubería. Esta sobrepresión abre la válvula de retención (4) y el agua fluye hacia el interior de la cámara de aire (5) (figura 3.1, abajo). Cuando disminuye la

sobrepresión en el nivel de la tubería bajo presión y se detiene la inundación de la cámara de aire, la válvula de impulsos se vuelve a abrir por su propio peso y el proceso empieza de nuevo desde el principio. La cámara de aire amortigua el choque de ariete gracias al volumen de aire que contiene y permite transportar el agua de forma constante a través del tubo ascendente (6) hasta el segundo depósito elevado (7). Si no hubiera una cámara de aire, el agua tendría que volver a recibir una aceleración partiendo de cero en el tubo ascendente. Esto volvería a consumir gran parte de la presión generada y el grado de efectividad sería mucho menor.

La longitud del tubo no influye directamente en el caudal. Sí influye el tiempo de ciclo del transporte mediante la masa del agua que contiene y el tiempo de aceleración. Una tubería larga tiene tiempos de aceleración largos y tiempos de ciclo altos. Si las tuberías son demasiado cortas, la dinámica propia de la válvula de impulsos y de la válvula de retención ejercen una influencia negativa. Debido a su inercia, las válvulas no tienen tiempo suficiente para abrirse y cerrarse por completo en un mismo ciclo.

4 Ensayos

4.1 Puesta en marcha y realización del ensayo

El ariete hidráulico se pone en marcha fácilmente (respecto a los elementos de mando, véase figura 2.1).

- En primer lugar, la instalación se debe conectar a la alimentación de agua (HM150) como se muestra en la figura 2.2.
- Cerrar la válvula de aireación (16) y la válvula de salida (17).
- Abrir completamente la válvula reguladora (6).
- Conectar la bomba HM150 y abrir el grifo principal.
- Abrir la válvula de entrada (2) y llenar el primer depósito elevado (3).
- Cuando el agua llegue a la altura del rebosadero (4), reducir un poco la entrada para evitar que el nivel de agua siga subiendo.
- Normalmente, el ariete hidráulico ya se debería poner en marcha. Si no es así, la válvula de impulsos se puede accionar manualmente (8) mediante el husillo de la válvula (15).

El nivel de agua en la cámara de aire y en el tubo ascendente empieza a subir hasta que el agua entra en el segundo depósito elevado (12).

- La altura de elevación se puede regular mediante un rebosadero deslizante (18).
- Con la tuerca moleteada del husillo de la válvula (15) se puede regular la carrera de la válvula de impulsos y, en consecuencia, en cierta medida, también el tiempo de ciclo.
- Si se purga aire mediante la válvula de aireación (16), el efecto de la cámara de aire se

puede modificar y se puede estudiar su repercusión en el transporte.

- El caudal se puede medir con un cronómetro y un matraz graduado en la salida (14). Por cada litro se necesitan entre 20 y 50 s.

4.2 Determinación de la relación de caudal másico

En el ensayo de ejemplo siguiente se compara la relación de caudal másico real con la teórica. Para ello, hay que medir el nivel del agua, el caudal y la cantidad de agua perdida.

La altura de elevación se obtiene calculando la diferencia entre los dos niveles del agua.

$$1.^{\text{er}} \text{ depósito elevado: } h_1 = 0,88m$$

$$2.^{\circ} \text{ depósito elevado: } h_2 = 1,15m$$

$$\text{Altura de elevación: } \Delta h = 0,27m$$

El caudal medido es de 1 l/40 s o

$$\dot{m}_2 = 0,025 \text{ kg/s} .$$

La cantidad de agua perdida se calcula en la salida (18). Se debe tener en cuenta que el flujo de entrada a través de la válvula (2) esté regulado de forma que a través del rebosadero (4) salga la mínima agua posible. Esta cantidad adicional de agua falsearía el resultado de la medición.

La cantidad de agua perdida obtenida es de 1 l/14,5 s o

$$\dot{m}_v = 0,069 \text{ kg/s} .$$

La cantidad total de agua que sale del primer depósito elevado se calcula sumando el caudal y la cantidad de agua perdida:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_v = 0,094 \text{ kg/s} .$$

De todo ello se obtiene una relación de caudal másico real de:

$$\mu = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = 0,266 .$$

Debido a la relación entre las alturas, se debería obtener una relación de caudal másico teórica de:

$$\mu_{te} = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{0,88}{1,15} = 0,765$$

. Esto equivale a, aproximadamente, un 35% del transporte que en teoría es posible.

4.3 Determinación del grado de efectividad

El grado de efectividad se define como la relación entre uso y consumo.

El uso describe la energía de la cantidad de agua transportada; el consumo es la energía del agua utilizada. Si se utilizan los caudales másicos, se obtiene una relación de potencias de:

$$P_{en} = \dot{m}_1 g h_1 = 0,81 W,$$

$$P_{sa} = \dot{m}_2 g \Delta h = 0,066 W,$$

$$\eta = \frac{P_{sa}}{P_{en}} = \frac{0,066}{0,85} = 8,1\%.$$

El grado de efectividad es relativamente inferior al de otras bombas. No obstante, si se tiene en cuenta que la estructura del aparato es muy sencilla y que funciona con agua, el resultado no está nada mal.

5 Datos técnicos

Dimensiones

largo x ancho x alto: 1.150x640x1.550 mm

Peso: 40 kg

Consumo de agua: 400 Ltr/h

Altura de elevación máx.: 1,15 m

Longitud de tubo: 2,5 m

Diámetro de tubo, interior: 20 mm