

Manual de experimentos

HM 150.07 Estudio del Principio de Bernoulli

G.U.N.T. Gerätebau GmbH

Fahrenberg 14

D-22885 Barsbüttel • Alemania

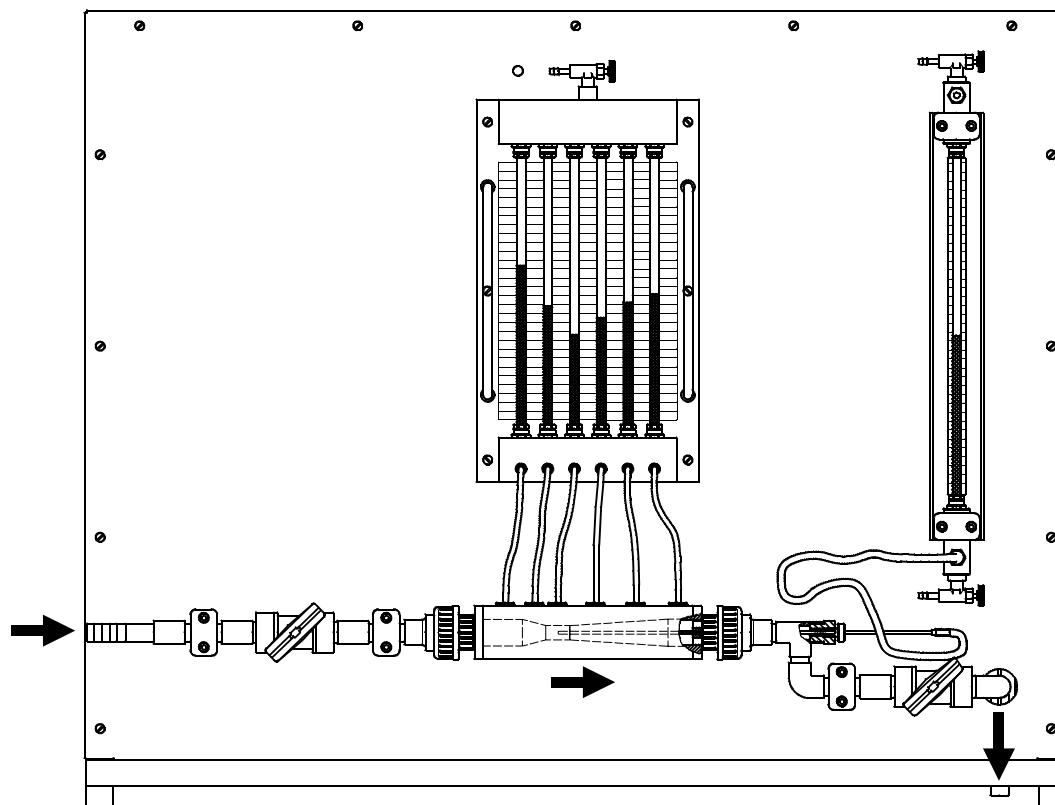
Teléfono +49 (40) 670854-0

Telefax +49 (40) 670854-42

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



Reservados todos los derechos G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel.



Instrucciones para ensayos

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



Indice General

| | |
|--|----|
| 1 Descripción del equipo | 1 |
| 2 Realización de ensayos | 3 |
| 3 Evaluación del ensayo | 5 |
| 3.1 Velocidad en el tubo de Venturi. | 7 |
| 3.2 Presión en el tubo de Venturi. | 10 |
| 3.3 Determinación del factor de paso | 11 |

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



1 Descripción del equipo

El equipo **HM150.07** sirve para estudiar el principio de Bernoulli.

Como objeto de medición se utiliza un tubo de Venturi con 6 puntos de medición de la presión.

Las 6 presiones estáticas se muestran en un panel con 6 manómetros.

Además, se puede medir la presión total en distintos puntos del tubo de Venturi. La presión total se indica en un segundo manómetro. La medición se efectúa mediante una sonda móvil en sentido axial respecto al tubo de Venturi. La sonda está cerrada herméticamente con una empaquetadura para prensaestopas.

El suministro de agua tiene lugar mediante el **HM150** Módulo básico para hidrodinámica o a través de la red del laboratorio.

El **HM150** permite crear un circuito cerrado de agua.

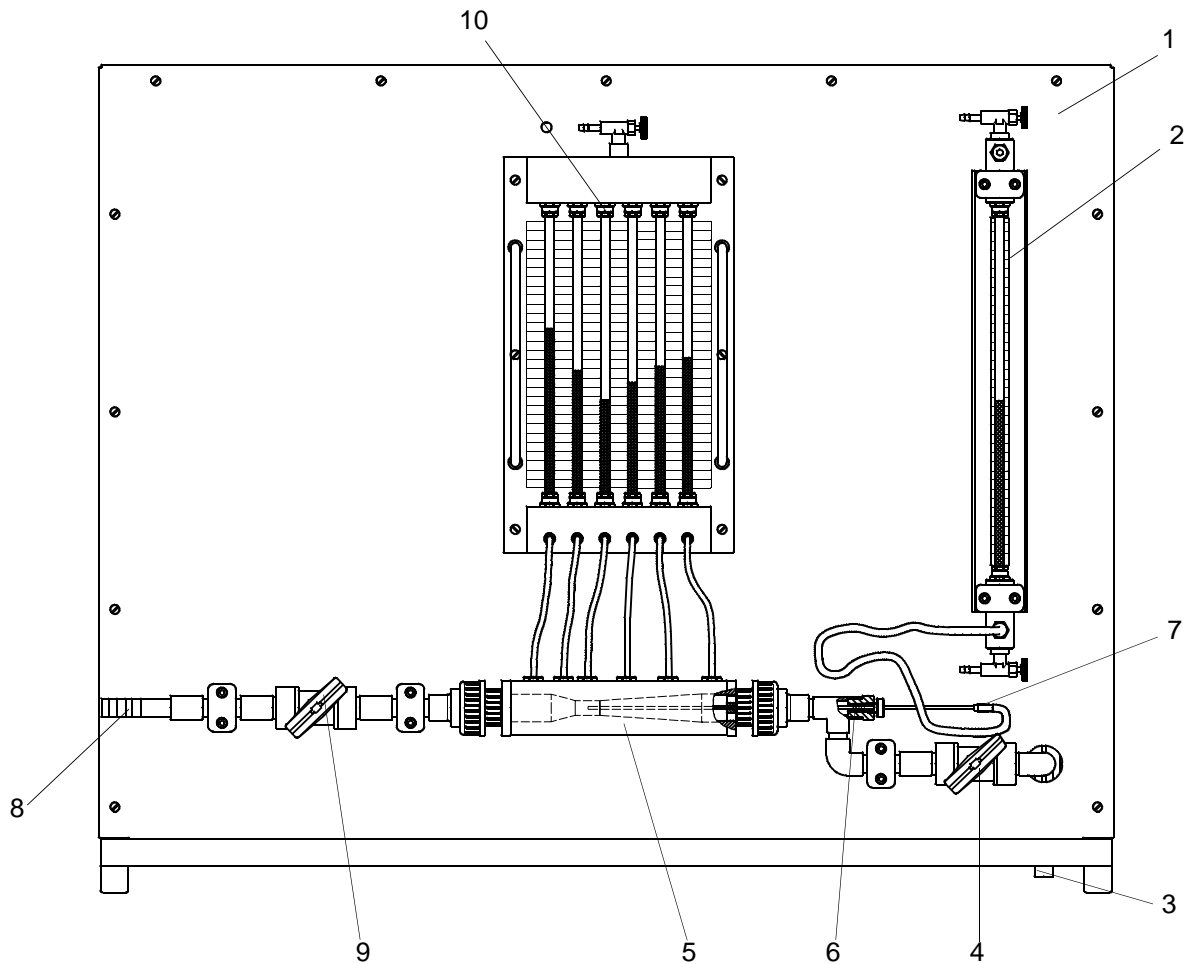
Posibles ensayos:

- Demostración del principio de Bernoulli
- Mediciones de la presión a lo largo del tubo de Venturi
- Determinación del factor de paso

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



Detalles:



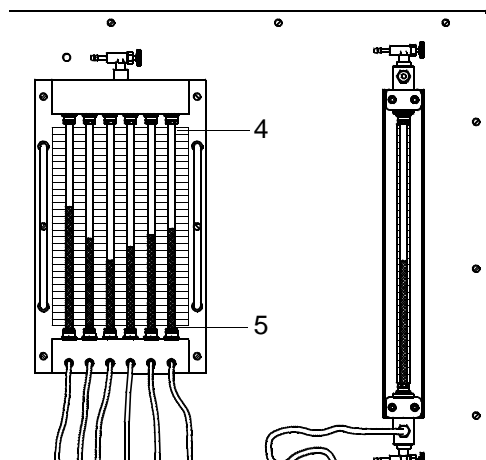
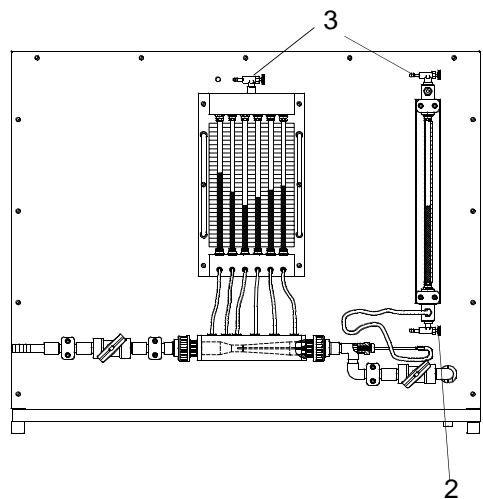
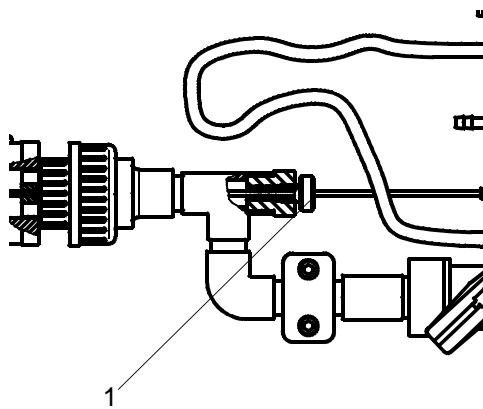
Reservados todos los derechos G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel.

- | | | | |
|---|----------------------------------|----|---|
| 1 | Panel de ejercicios | 6 | Empaquetadura para prensaestopas |
| 2 | Manómetro de tubito simple | 7 | Cabeza de medida de la presión total (móvil en sentido axial) |
| 3 | Tubo de salida | 8 | Racor de manguera de suministro de agua |
| 4 | Válvula de bola de salida | 9 | Válvula de bola de entrada |
| 5 | Tubo de Venturi con | 10 | Manómetro de 6 tubitos (distribución de la presión en el tubo de Venturi) |
| 6 | Puntos de medición de la presión | | |

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



2 Realización de ensayos



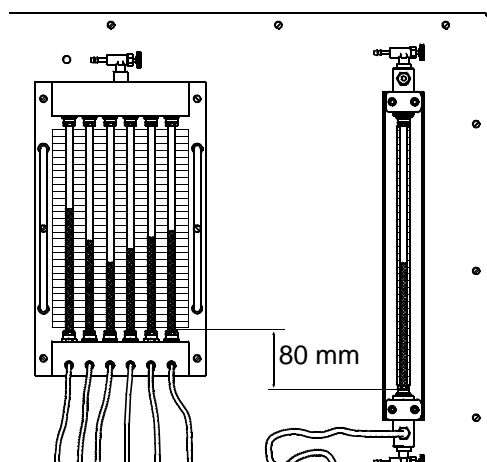
- Coloque el equipo de ensayo en el **HM150** de forma que la salida de agua vaya a parar al canal.
- Conectar **HM150** y el equipo con un tubo.
- Abrir la salida de **HM150**.
- Ajustar la tuerca racor [1] del prensaestopas de sonda de forma que la sonda se pueda mover fácilmente.
- Abrir las válvulas de bola de entrada y salida.
- Cerrar la válvula de salida [2] del manómetro de tubo simple, abajo.
- Conectar la bomba y abrir lentamente el grifo principal del **HM150**.
- Abrir las válvulas de purga [3] de los manómetros.
- Cerrar con cuidado el grifo de salida hasta que los manómetros queden irrigados.
- Ajustar simultáneamente el grifo de entrada y el de salida para regular el nivel de agua en los manómetros de forma que no excedan los límites inferior y superior del área de medición [4, 5].
- Medir la presión en todos los puntos de medición; después, colocar la sonda de presión total en el correspondiente nivel de medición y anotar la presión total.
- Determinar el caudal. Para ello se debe determinar el tiempo t , necesario para llenar el depósito volumétrico de **HM150** de 20 a 30 litros.

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



¡ATENCIÓN! El equipo de ensayo se debe colocar recto para evitar que los resultados de medición queden falseados.

Cuando se mida la presión, el depósito volumétrico de **HM150** debe estar vacío y el grifo de salida debe estar abierto. De lo contrario, cuando crece el nivel de agua en el depósito volumétrico también se modifica la altura de elevación de la bomba. Esto da lugar a relaciones de presión variables. Es importante mantener constante la presión de elevación de la bomba con caudales pequeños; de lo contrario, los resultados de medición quedan falseados.



El punto cero del manómetro de tubito sencillo se encuentra 80 mm por debajo del manómetro de 6 tubitos. Este dato se debe tener en cuenta cuando se lea la presión y se hagan cálculos.

Si se modifica el caudal, se deben volver a ajustar las dos válvulas de bola para que las presiones medidas se encuentren dentro de los márgenes de visualización.

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



3 Evaluación del ensayo

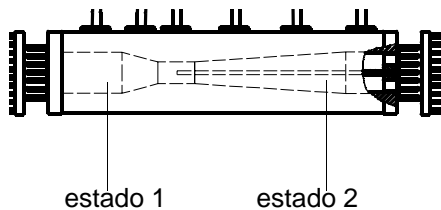
Los valores medidos se deben comparar con las ecuaciones de Bernoulli.

Ecuación de Bernoulli con una altura h constante.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} = const$$

Si se tienen en cuenta las pérdidas por fricción, al convertir las presiones p_1 y p_2 en niveles de presión estáticos h_1 y h_2 :

$$h_1 + \frac{w_1^2}{2g} = h_2 + \frac{w_2^2}{2g} + h_v$$



p_1 : presión en la sección transversal A_1

h_1 : nivel de presión en la sección transversal A_1

w_1 : velocidad de fluido en la sección transversal A_1

p_2 : presión en la sección transversal A_2

h_2 : nivel de presión en la sección transversal A_2

w_2 : velocidad de fluido en la sección transversal A_2

ρ : densidad del medio = constante para fluidos incompresibles, como el agua

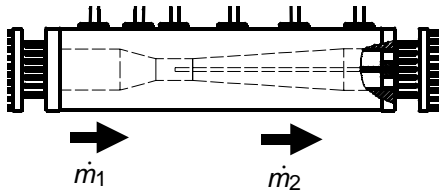
h_v nivel de pérdida

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



El caudal másico es constante en los sistemas cerrados.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$



Cuando $\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho$, entonces

$$\dot{V}_1 \cdot \rho = \dot{V}_2 \cdot \rho$$

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2$$

Cuando $\dot{V} = A \cdot w$, entonces

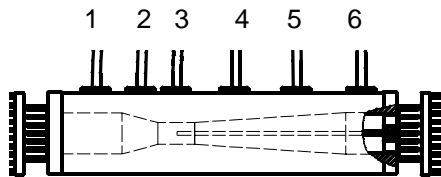
$$A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2 = \dot{V} = const.$$

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



3.1 Velocidad en el tubo de Venturi

El tubo de Venturi utilizado tiene 6 puntos de medición.



La tabla muestra la velocidad de referencia estandarizada w , que se deriva de la geometría del tubo de Venturi:

$$w_i = \frac{A_1}{A_i}$$

| Punto de medición i | D_i [mm] | A [$m^2 \cdot 10^{-4}$] | w |
|-----------------------|------------|-----------------------------|------|
| 1 | 28,4 | 6,33 | 1,00 |
| 2 | 22,5 | 3,97 | 1,59 |
| 3 | 14,0 | 1,54 | 4,11 |
| 4 | 17,2 | 2,32 | 2,72 |
| 5 | 24,2 | 4,60 | 1,37 |
| 6 | 28,4 | 6,33 | 1,00 |

Con la velocidad de referencia se pueden calcular las velocidades teóricas w_{rech} en 6 puntos de medición del tubo de Venturi a partir de un valor inicial.

Si el caudal es constante, se obtiene un valor inicial para calcular las velocidades teóricas de:

$$w_1 = \frac{V}{A_1}$$

Luego la velocidad w_1 se multiplica por los valores de w . Los resultados se muestran en la tabla de la página siguiente.

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



Se han calculado los valores siguientes para distintos caudales:

| i | h ₁ [mmWS] | h ₂ [mmWS] | h ₃ [mmWS] | h ₄ [mmWS] | h ₅ [mmWS] | h ₆ [mmWS] | t para 10 l | Ṽ [l/s] |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| h _{est.} | 280 | 269 | 120 | 195 | 242 | 250 | 36,29 | 0,275 |
| h _{tot.} | 369 | 369 | 370 | 364 | 359 | 352 | | |
| h _{din.} | 9 | 20 | 170 | 89 | 37 | 22 | | |
| w _{med.} | 0,420 | 0,626 | 1,826 | 1,320 | 0,852 | 0,594 | | |
| w _{cál.} | 0,435 | 0,692 | 1,785 | 1,185 | 0,592 | 0,4355 | | |
| h _{est.} | 205 | 196 | 62 | 128 | 166 | 173 | 39,0 | 0,256 |
| h _{tot.} | 293 | 294 | 292 | 288 | 280 | 276 | | |
| h _{din.} | 8 | 18 | 150 | 80 | 34 | 23 | | |
| w _{med.} | 0,396 | 0,594 | 1,715 | 1,250 | 0,816 | 0,671 | | |
| w _{cál.} | 0,404 | 0,644 | 1,662 | 1,100 | 0,556 | 0,404 | | |
| h _{est.} | 195 | 191 | 130 | 158 | 173 | 176 | 60,0 | 0,166 |
| h _{tot.} | 276 | 275 | 273 | 271 | 268 | 264 | | |
| h _{din.} | 1 | 4 | 57 | 33 | 15 | 8 | | |
| w _{med.} | 0,140 | 0,280 | 1,057 | 0,800 | 0,520 | 0,396 | | |
| w _{cál.} | 0,262 | 0,418 | 1,073 | 0,715 | 0,362 | 0,262 | | |

En la tabla se tienen en cuenta las relaciones siguientes.

Cálculo del nivel de presión dinámica:

$$h_{din.} = h_{tot.} - 80mm - h_{est.}$$

Se deben restar 80 mm porque los manómetros tenían una diferencia de punto cero de 80 mm.

La velocidad w_{med} se ha calculado a partir de la parte de presión dinámica medida mediante la fórmula:

$$w_{med.} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{din}}$$

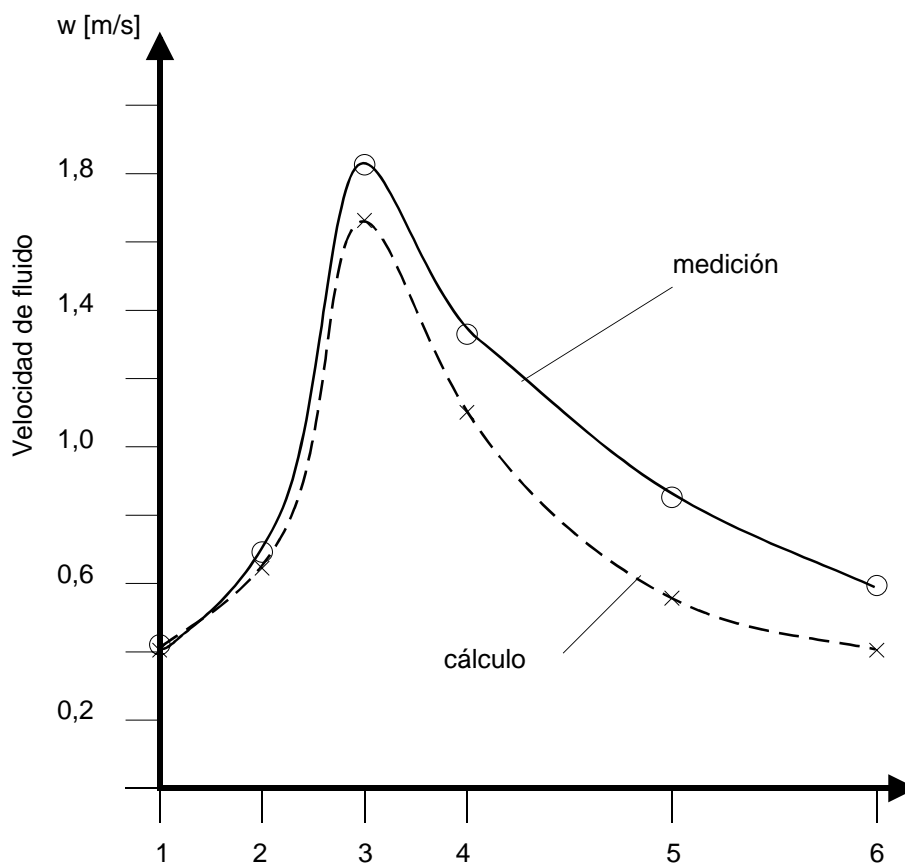
HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



Representación gráfica

El gráfico muestra las velocidades medidas y calculadas en el tubo de Venturi para un caudal de 0,275 Ltr/s.

Las desviaciones se deben a imprecisiones en la medición.

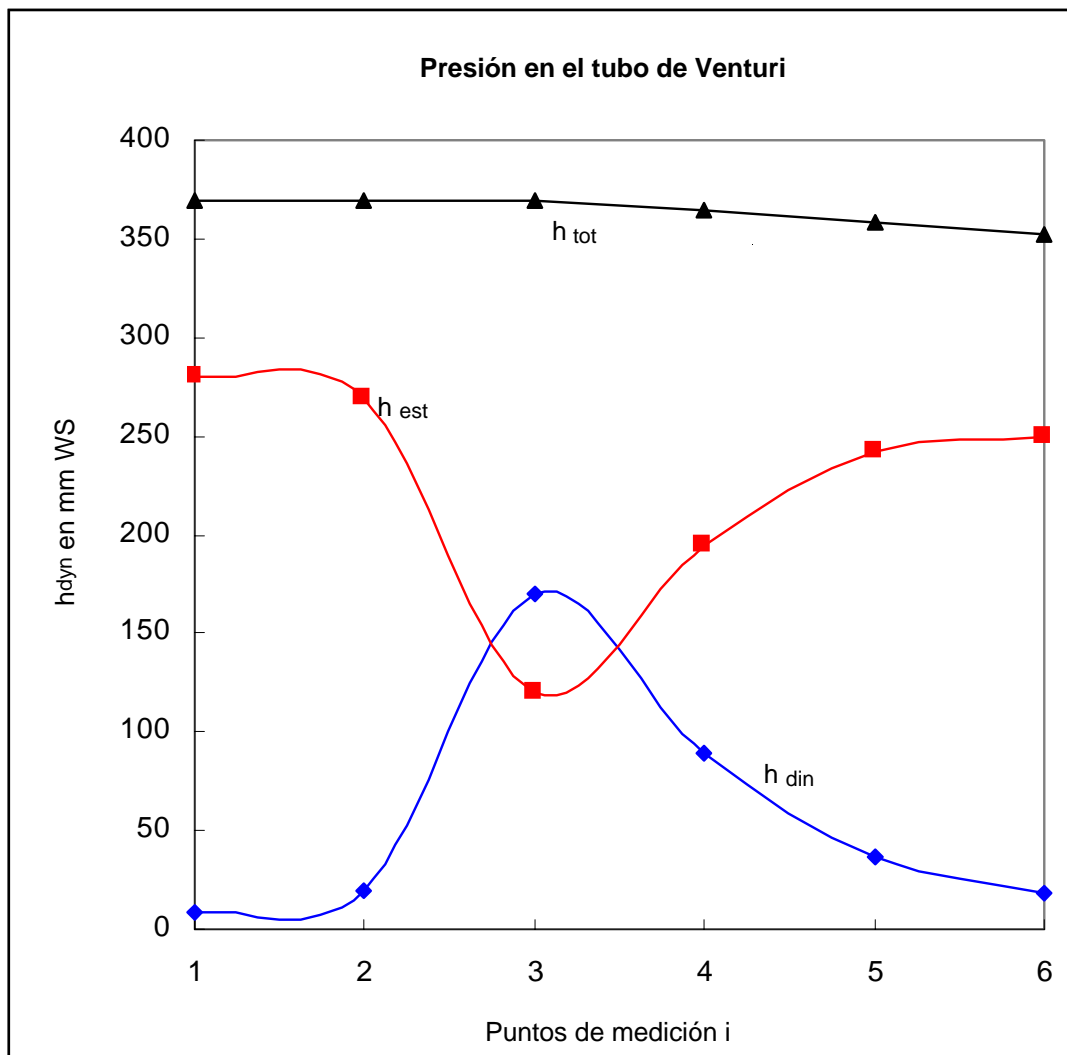


Puntos de medición i en el tubo de Venturi

3.2 Presión en el tubo de Venturi

Representación gráfica

Las modificaciones en la presión que se dan al inundar el tubo de Venturi se pueden representar directamente:



Se ve con claridad que la ecuación

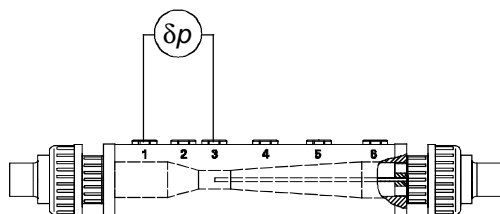
$$h_{din} = h_{tot} - 80\text{mm} - h_{est}$$

siempre se cumple. Asimismo, se ha podido detectar una pequeña pérdida de presión al inundar el tubo de Venturi.

HM150.07 Estudio del principio de Bernoulli



3.3 Determinación del factor de paso



El tubo de Venturi se utiliza para medir el caudal. Se diferencia de la medición de diafragma por su escasa pérdida de presión. El caudal se puede medir como la diferencia de presión Δp entre la entrada y el punto del tubo con menor diámetro:

$$V = K \cdot \sqrt{\Delta p}$$

El factor de paso K suele venir ajustado por el fabricante del tubo de Venturi. Si el factor de paso se desconoce, se puede calcular (si se conoce el caudal) a partir de la pérdida de presión Δp mediante la ecuación:

$$K = \frac{V}{\sqrt{\Delta p}}$$

bestimmt werden.

En la tabla siguiente se observa la pérdida de presión con distintos caudales y el factor de paso.

| Punto de medición i | $V = 0,275 \text{ l/s}$ | | $V = 0,256 \text{ l/s}$ | | $V = 0,166 \text{ l/s}$ | |
|---------------------|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|
| | $\Delta p \text{ [mm WS]}$ | $K \left[\left\{ \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \sqrt{\text{bar}}} \right\} \right]$ | $\Delta p \text{ [mm WS]}$ | $K \left[\left\{ \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \sqrt{\text{bar}}} \right\} \right]$ | $\Delta p \text{ [mm WS]}$ | $K \left[\left\{ \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \sqrt{\text{bar}}} \right\} \right]$ |
| 1 | 160 | 2,1 | 143 | 2,1 | 65 | 2,1 |
| 3 | | | | | | |

La pérdida de presión se puede leer en el manómetro de 6 tubitos, en la columna de agua en mm, y se puede utilizar en la ecuación en bares. El caudal se puede indicar en l/s.