

The objective to reach with this uncomplicated module is the study in depth of the **equation of Bernoulli** and its demonstration.

This apparatus is based on Bernoulli's principle, which describes the behaviour of a laminar flow moving throughout a conduit and considers that in an ideal situation, for a fluid (without viscosity nor friction) in a regime of circulation through a closed conduit, the energy remains constant throughout its route.

The equipment comes with a Venturi tube, implemented to carry out experiments for the demonstration of the theory based on the theorem of the conservation of mechanical energy.

The regulation valve allows to work with a variety of flow rates giving rise to different scales in differential pressure.

The pressure results are shown in the multi-tube manometers installed in the equipment. Therefore, the readings of pressure along the conduit can be obtained quite easily.

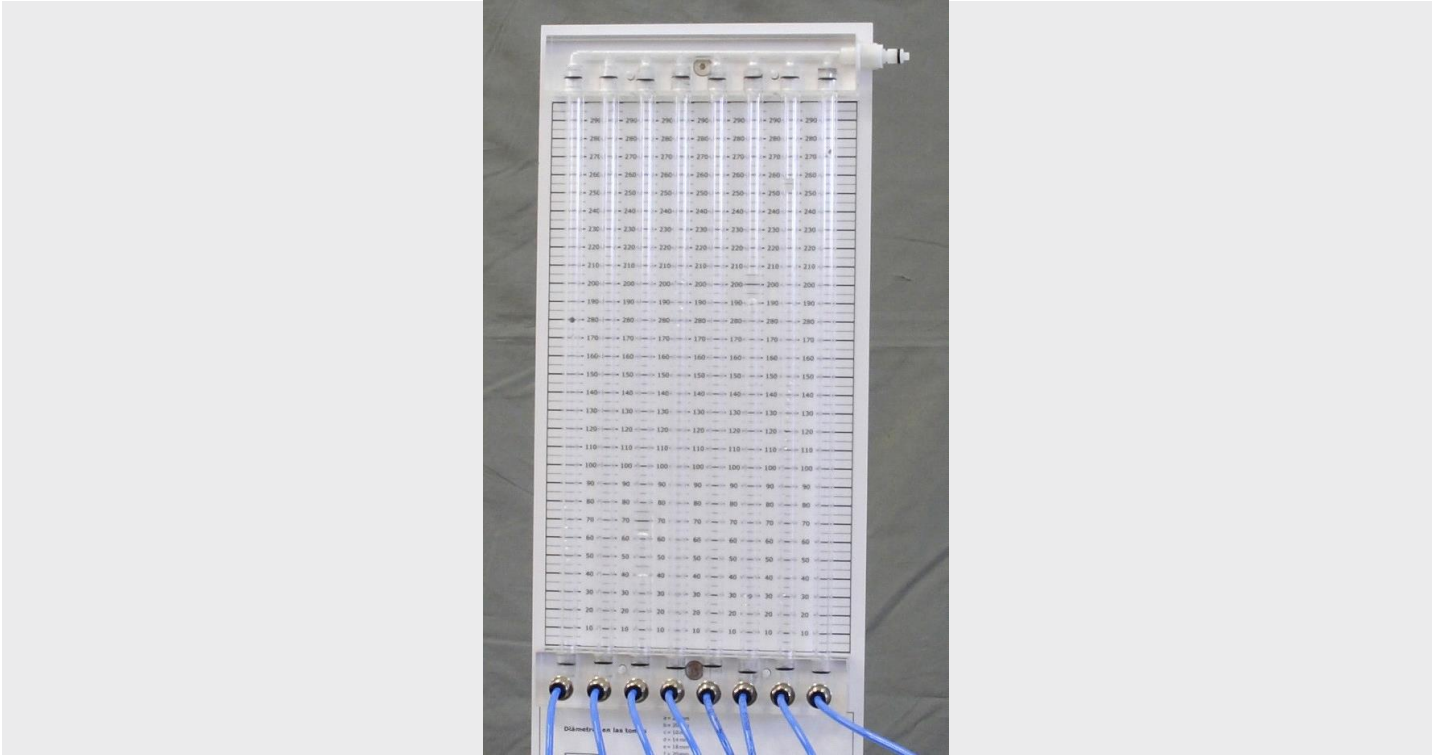
The measure of flow rates is carried out thanks to the volumetric tank in the hydraulic bench (required), which also enables the study of the relation between the pressure drop and the speed of the fluid.



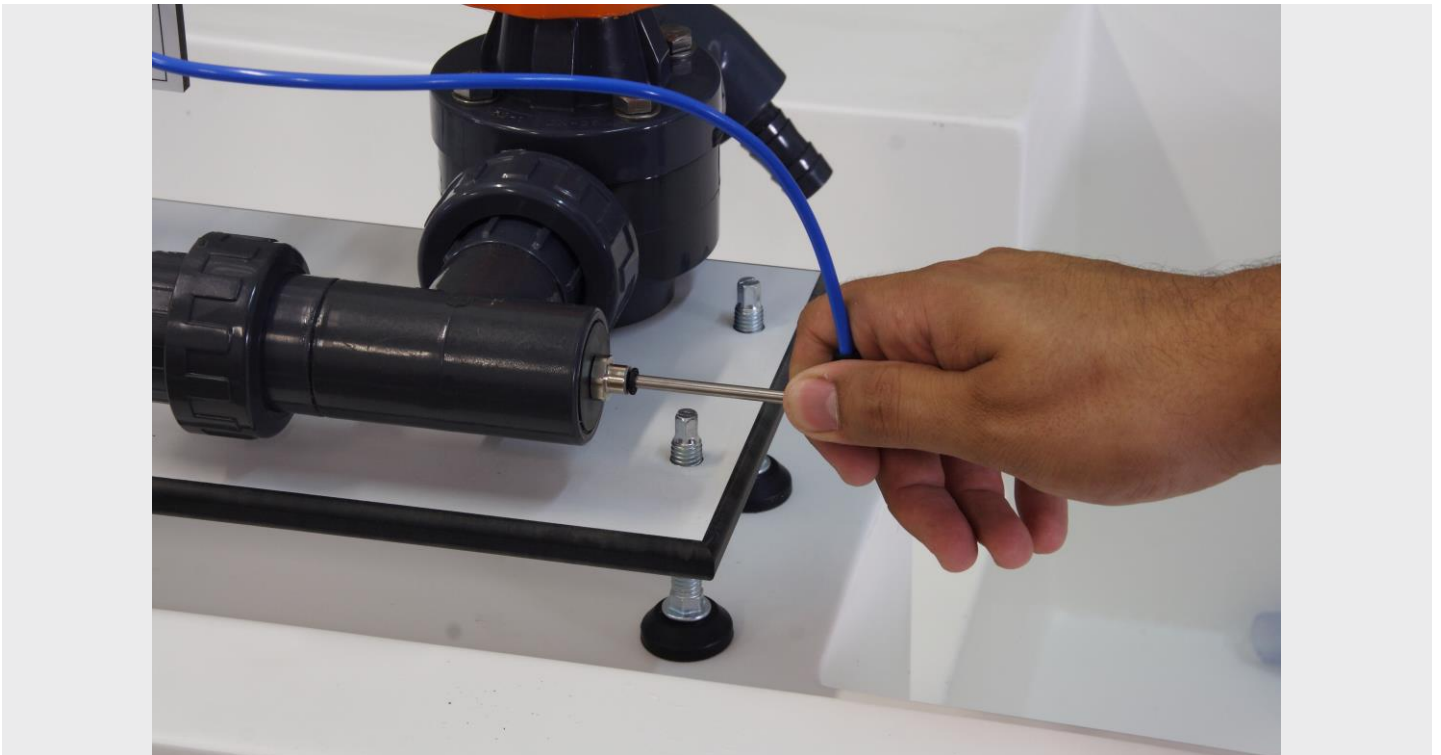
Venturi is easy to install and fully transparent.



Fasy connection to hydraulics bench.



8 tapping Multimanometer.



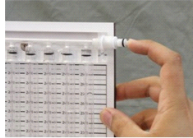
Pitot to know the speed of the fluid at each point.

### 4.3. PROCEDIMIENTO GENERAL

- Con la válvula de impulsión del banco cerrada ponemos en marcha la bomba. (Ver manual de instrucciones del banco hidráulico)
- Con todas las válvulas del equipo abiertas, abrimos poco a poco la válvula de impulsión del banco hidráulico observando cómo empieza a circular el agua por la instalación.

#### MULTIMANÓMETRO DE COLUMNA DE AGUA

- Observamos cómo los tubos se van llenando de agua. Para comprobar que no quedan burbujas de aire en los tubos de conexión, cerramos la válvula de membrana (4). Si todas las columnas de agua del manómetro alcanzan la misma altura, significa que hemos eliminado el aire y ya podemos empezar a trabajar con el manómetro de agua. En caso contrario abrimos el purgador (3) de la parte superior hasta que arrastremos las burbujas de aire restantes.
- Si por algún motivo el manómetro se llena completamente de agua, cerrar la válvula de impulsión del banco hidráulico, dejar la de membrana (4) abierta y abrir el purgador (3) para que entre aire.



- Es aconsejable comprobar de vez en cuando el manómetro contrastando el equilibrio en las columnas cuando la instalación está presurizada y no hay circulación de caudal.

NOTA: Para obtener unos resultados fiables, que corroboren la ecuación de Bernoulli, hay que ser riguroso en el proceso de obtención y lectura de los resultados.

### 5. PRÁCTICAS REALIZABLES

#### 5.1. ECUACIÓN DE BERNOULLI

##### 5.1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Si planteamos la ecuación de Bernoulli, para el caso ideal de un flujo sin pérdida de carga, entre dos puntos de una conducción, tenemos la expresión:

$$\frac{P}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} = Cte \quad (a)$$

De la expresión anterior, observamos que la suma de los tres términos anteriores, debe de ser constante. Esto significa que si uno de ellos, varía, aumenta o disminuye, es a costa de los otros términos.

En nuestro caso particular, el tubo de Venturi, que es donde vamos a estudiar este fenómeno, está en posición horizontal, por lo que en la ecuación (a) tenemos que  $z_1 = z_2$  con lo que la expresión queda de la forma:

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = Cte \quad (b)$$

En la ecuación (b), se observa claramente que si aumenta la energía cinética aguas abajo, es decir, en el punto 2, la presión estática en dicho punto debe de disminuir en la misma proporción para que su suma siga siendo constante.

Por otra parte, tenemos la ecuación de continuidad, según la cual el caudal en las diferentes secciones de una conducción, una vez alcanzado el régimen permanente, va a permanecer constante.

$$Q_1 = Q_2 = cte = Q \quad (c)$$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = cte. \quad (d)$$

En nuestro caso particular, tenemos que:

$$a_1 \cdot b_1 \cdot v_1 = a_2 \cdot b_2 \cdot v_2 = Q \quad (e)$$

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematic expressions used during the experimentation.

tubo de pitot. Debemos de tener en cuenta que el propio tubo de pitot disminuye la sección de paso del agua y por lo tanto aumenta la velocidad y disminuye la presión estática.

- Completamos la tabla siguiente, comparando el caudal medido con el tanque volumétrico y el calculado utilizando el tubo de pitot.
- Dibujamos la gráfica correspondiente en la que aparezcan las presiones estática, dinámica y total para cada una de las tomas piezométricas.

#### 5.3.3. LECTURAS Y RESULTADOS

##### CAUDALES

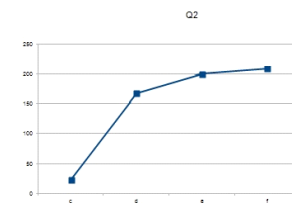
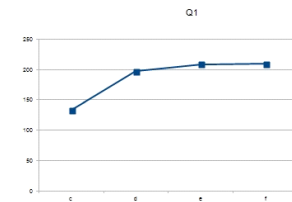
Lectura nº	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Caudal volumétrico	Caudal medio (l/s)
1	20	2	0,1	0,1026
	19	2	0,1052	
2	25,7	4	0,1556	0,1556
	25,7	4	0,1556	

#### TOMAS PIEZOMÉTRICAS

CAUDAL 1 Posición	Presión total (mm c.a.)	Presión estática (mm c.a.)	Presión dinámica (mm c.a.)	Caudal calculado (l/s)	Caudal medido (l/s)
c	221	133	88,0	0,09	0,102
d	220	197	23,0	0,09	
e	218	209	9,0	0,10	
f	217	210	7,0	0,10	
g	216	213	-3,0	0,11	
				Qmedio	0,097

CAUDAL 2 Posición	Presión total (mm c.a.)	Presión estática (mm c.a.)	Presión dinámica (mm c.a.)	Caudal calculado	Caudal medido
c	225	23	202,0	0,14	0,155
d	224	168	56,0	0,14	
e	223	200	23,0	0,15	
f	222	209	13,0	0,14	
g	221	215	6,0	0,15	
				Qmedio	0,144

#### GRÁFICA DE RESULTADOS



**DIKOIN**  
DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

**4. MÉTODO GENERAL**


**4.1. PASOS PREVIOS. INSTRUCCIONES DE USO**

4.1.1. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS RACORES INSTANTANEOS

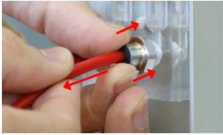
Para conectar los tubos a las tomas manométricas, simplemente empujar los tubos dentro de las mismas hasta que llegan tope.

Para su desconexión, utilizar ambas manos. Con una presionar hacia adentro la anilla negra de la toma manométrica que rodea al tubo de conexión, y con la otra tirar de éste último.

**CONECTAR**



**DESCONECTAR**



7

**DIKOIN**  
DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

**4.1.2. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ENCHUFES RÁPIDOS**

Para conectar los enchufes rápidos introducir el enchufe macho en los enchufes hembra.



Para desconectarlos simplemente presionar la pieza metálica que hay en la parte superior del enchufe.




8


**DIKOIN**  
DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

**4.2. INSTALACIÓN**

- Conectamos el equipo al banco hidráulico utilizando para ello las tuercas de unión y la manguera flexible proporcionada.



- Nivelamos el equipo mediante las patas regulables, fijándonos en el nivel de burbuja.



9

The manual shows clearly and with a lot of images, the hole process to operate the equipment.

**LEARNING OBJECTIVES**

Some of the learning objectives of this equipment are the following:

- Demonstration of the equation of Bernoulli in a Venturi nozzle.
- Calculation of the losses in a Venturi nozzle.
- Study of the static, dynamic and total pressures.
- Study of the Venturi nozzle as a flow measurer and calculation of the discharge coefficient.

**TECHNICAL DATA****Inner diameters:**

- Main pipe  $\varnothing = 25$  mm.

**Venturi nozzle:**

- Min. diameter  $\varnothing 10$ mm.
- Inlet angle  $14^\circ$ .
- Outlet angle  $21^\circ$ .

**Pressure measurement points:**

- a =25 mm
- b =20 mm
- c =10 mm
- d =14 mm
- e =18 mm
- f =20 mm
- g =25 mm

**Pressure gauges:**

- 8 tube manometer, measurement range 300 mmWC.

**REQUIREMENTS**

- DIKOIN hydraulic bench.