

El equipo FL 06.2 es un equipo sencillo en el que estudiar en profundidad la ecuación de Bernoulli y su demostración.

El equipo dispone de un manómetro multitubo en el que podemos leer de forma simultánea las diferentes presiones a lo largo del conducto.

La conexión al banco hidráulico (no incluido) se realiza con un enlace roscado que se coloca sin necesidad de herramientas, y las del manómetro son conexiones rápidas auto-obturantes, que no dejan salir el agua al desconectar.

**DIKOIN** FL 06.2 BERNOULLI

**4. METODO GENERAL**

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

**4.1.1. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS TUBOS ROTACIONALES**

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

Para su desconexión, utilizar ambos muelles, con una presionar hacia adentro la anilla negra de la toma masculina a que rodea el tubo de conexión, y con la otra tirar de este último.

**CONECTAR**




**DESCONECTAR**




**DIKOIN** FL 06.2 BERNOULLI

**4.1.2. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS FIJOS**

Para conectar los enchufes (solo) introducir el enchufe rosado en los enchufes hembra.



Para desconectarlos simplemente presionar la pestaña anillada que hay en la parte superior del enchufe.



El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

**DIKOIN** FL 06.2 BERNOULLI

**5. PRACTICAS REALIZABLES**

**5.1. ECUACION DE BERNOULLI**

**5.1.1. FUNDAMENTO TEORICO**

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

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + C_1 \quad (I)$$

De la expresión anterior, observamos que la suma de los tres términos anteriores, debe de ser constante. Esta significa que si uno de ellos, varía, aumenta o disminuye, en la cantidad de los otros términos.

En nuestro caso particular, flujo de líquido, que es donde vamos a enfocar este fenómeno, está en posición horizontal, por lo que en la ecuación (I) tenemos que  $z_1 = z_2$ , por lo que la expresión queda de la forma:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + C_1 \quad (II)$$

En la ecuación (II), se observa claramente que si aumenta la energía cinética aquí 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 los diferentes secciones de una conducción, una vez alcanzado el régimen permanente, va a permanecer constante.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \quad (3)$$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \text{ etc.} \quad (4)$$

En nuestro caso particular, tenemos que:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = Q \quad (5)$$

**DIKOIN** FL 06.2 BERNOULLI

En definitiva, observamos como según la ecuación de continuidad, a medida que se estrecha la sección de paso, la velocidad debe de aumentar para que el caudal permanezca constante. Esto origina a su vez un incremento del término  $\frac{v^2}{2g}$ , lo que implica una disminución del otro término de la ecuación de Bernoulli,  $\frac{P}{\rho g}$ , para que la suma de ambos permanezca asimismo constante. De forma esquemática:

- Ecuación de continuidad  $Q_1 = Q_2 = Q = C_1$   
 $S_1 v_1 = S_2 v_2 = Q = C_1$
- Derivamos la ecuación  $S_1 < S_2$  o  $S_1 > S_2$ , para que  $Q = C_1$
- Si  $v_1 > v_2$ , es  $\frac{v_1^2}{2g} > \frac{v_2^2}{2g}$
- Ecuación de Bernoulli  $\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$
- Si  $\frac{v_1^2}{2g} > \frac{v_2^2}{2g}$ , es  $\frac{P_1}{\rho g} > \frac{P_2}{\rho g}$  para que  $\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = C_1$

Según el razonamiento seguido hasta ahora, en dos secciones con igual área de paso, la velocidad debe de ser la misma y por lo tanto sus términos de energía cinética  $\frac{v^2}{2g}$ , lo que a su vez implica que sus términos de presión estática  $\frac{P}{\rho g}$ , sean iguales. Sin embargo, si realizamos las presiones estáticas entre dos puntos de igual sección aguas arriba e igual abajo del tubo de líquido, observamos que sus lecturas estáticas no concuerdan. Esto es debido a que para el caso de un fluido real, a la Ecuación de Bernoulli hay que añadirle un nuevo término debido a la pérdida de carga producida. Con lo que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_{f(1)} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (6)$$

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

**DIKOIN**  
**FL 06.2 BERNOULLI**

**DATOS PRELIMINARES**

| CARRIL<br>1<br>Posición | Diámetro<br>[mm] | Área<br>sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Velocidad<br>media<br>[m/s] | Altura<br>crítica<br>[m] | Altura<br>piezométrica<br>[m] | Altura total<br>[m + H <sub>p</sub> ]<br>[m] |
|-------------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| a                       | 28,2             | 623                                   | 8,43                        | 8,61                     | 318                           | 326,6  |
| b                       | 21,5             | 363                                   | 6,7                         | 25,49                    | 320                           | 326,7  |
| c                       | 35,5             | 219                                   | 1,2                         | 73,49                    | 325                           | 326,7  |
| d                       | 26               | 314                                   | 8,63                        | 34,64                    | 314                           | 318,0  |
| e                       | 23,8             | 443                                   | 8,37                        | 36,81                    | 328                           | 340,0  |
| f                       | 28,2             | 625                                   | 8,43                        | 8,01                     | 327                           | 345,0  |

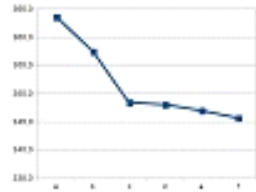
| CARRIL<br>2<br>Posición | Diámetro<br>[mm] | Área<br>sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Velocidad<br>media<br>[m/s] | Altura<br>crítica<br>[m] | Altura<br>piezométrica<br>[m] | Altura total<br>[m + H <sub>p</sub> ]<br>[m] |
|-------------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| a                       | 28,2             | 623                                   | 8,00                        | 42,62                    | 422                           | 434,62                                       |
| b                       | 21,5             | 363                                   | 3,37                        | 37,64                    | 328                           | 436,00                                       |
| c                       | 16,5             | 214                                   | 2,68                        | 36,15                    | 43                            | 412,15                                       |
| d                       | 23               | 314                                   | 3,82                        | 39,69                    | 345                           | 414,67                                       |
| e                       | 23,8             | 443                                   | 3,18                        | 84,60                    | 325                           | 409,65                                       |
| f                       | 28,2             | 623                                   | 8,03                        | 42,62                    | 337                           | 399,62                                       |

15

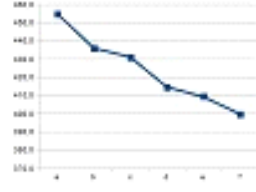
**DIKOIN**  
**FL 06.3 BERNOULLI**

**GRÁFICA DE RESULTADOS**

• Canal 1



• Canal 2



16

Junto con el manual de uso, se entrega un manual completamente resuelto con los datos que se deben obtener durante las prácticas con el equipo. De este modo, el profesor puede revisar fácilmente si los alumnos están realizando el trabajo correctamente.



Para el estudio de las presiones estática, dinámica y total, el equipo dispone de un tubo de pitot, cuya posición dentro del venturi se puede variar.



El sistema de construcción de los manómetros DIKOIN, en vidrio y metacrilato transparente mecanizado y pulido, permite visualizar con toda claridad si tenemos burbujas en el sistema, que puedan desviar la medición.

### PRACTICAS REALIZABLES

- Demostración de la ecuación de Bernoulli a lo largo de un tubo de venturi.
- Cálculo de la pérdida de carga de un tubo de venturi.
- Estudio de las presiones estática, dinámica y total.

### DATOS TECNICOS

#### Diámetros interiores:

- Tubería principal:
  - $\varnothing$ interior = 28,2 mm.
  - $\varnothing$ exterior = 32 mm.

#### Manómetros:

- Multimanómetro de 7 columnas de agua, rango de medida 600 mm c.a.

### REQUERIMIENTOS

- Banco Hidráulico FL 01.4.