



The equipment is designed to operate on hydraulic bench. The installation is mounted on a frame constructed of aluminum, with a system of pipes and valves that allow it to be coupled hydraulic pump and bank equipment in series or in parallel.

The equipment has a frequency converter for controlling the speed of rotation of the pump. Also has two wattmeter for obtaining the power consumed by both pumps.

Through the study of the characteristics of centrifugal pumps is demonstrated the operation and functioning and factors affecting their efficiency.

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

4.1.2. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ENCHUFES RÁPIDOS

Para conectarlos 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.



12

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

4.2. PROCEDIMIENTO GENERAL

- Colocamos el equipo sobre el banco hidráulico. Conectamos, mediante la manguera de suministro con enlace rápido, el equipo al banco hidráulico. Para ello roscamos los enlaces a ambos lados de la manguera.



- La tubería de aspiración (10) de la bomba del equipo la conectamos al depósito de almacenamiento de agua inferior. Para ello la válvula de bola que regula el paso del agua a este depósito debe estar cerrada.



13

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- A continuación, conectamos también la manguera mediante los enlaces rápidos a ambos lados de la misma.



- Ya podemos abrir la válvula del depósito inferior.



14

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

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.3 NPSH REQUERIDO EN UNA BOMBA

5.3.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

El fenómeno de la cavitación se produce cuando la presión del líquido que estamos bombeando disminuye hasta la de su presión de vapor para la temperatura de funcionamiento. En ese momento el líquido se vaporiza, formando cavidades o bolas de vapor que son arrastradas hacia zonas con una presión superior donde se vuelven a condensar generando sobrepresiones puntuales muy elevadas.

Las consecuencias más directas del fenómeno anteriormente descrito son fuertes vibraciones en la máquina, oxidación, desprendimiento del material y disminución tanto de la altura manométrica como del rendimiento.

Denominamos NPSH_{requerido} a la energía mínima que tiene el líquido a la entrada del rodete para que no se produzca cavitación. Si queremos obtener su valor, debemos de provocar la cavitación, igualando en ese momento el NPSH_{requerido} con el NPSH_{disponible}:

$$NPSH_{Disponible} = \frac{P_0 - P_{vapor}}{\rho \cdot g} - h_{tuberías} - h_{pérdidas}$$

$$h_{pérdidas} = \left(\frac{P_{atmosférica}}{\rho \cdot g} + h_{tuberías} + \frac{v_e^2}{2 \cdot g} \right);$$

con lo que tenemos:

$$NPSH_{Disponible} = \frac{P_0 - P_{vapor}}{\rho \cdot g} - h_{tuberías} \left(\frac{P_{atmosférica}}{\rho \cdot g} + h_{tuberías} + \frac{v_e^2}{2 \cdot g} \right) = \frac{P_0 - P_{vapor}}{\rho \cdot g} + \frac{P_{atmosférica}}{\rho \cdot g} - \frac{v_e^2}{2 \cdot g}$$

Todos los términos de la última ecuación anterior se pueden medir:

- Presión atmosférica (P_0)
- Presión de vapor (P_{vapor})
- Presión a la entrada ($P_{entrada}$)

Velocidad a la entrada (v_e): $v_e = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$

29

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.4 REGULACIÓN DE UNA BOMBA VARIANDO SU VELOCIDAD DE GIRO

5.4.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Obtenemos experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de la bomba conectada al variador de frecuencia cambiando su velocidad de giro. Ajustamos las nubes de puntos obtenidas a curvas características utilizando el método de los mínimos cuadrados u otro. Comprobamos que los resultados experimentales se corresponden con el desarrollo teórico.

Curvas características de una bomba:

$$H(Q) = A - BQ + CQ^2$$

$$P_{pot}(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H(Q)$$

$$\eta(Q) = DQ + EQ^2$$

$$P_{actual}(Q) = \frac{P_{pot}(Q)}{\eta(Q)}$$

Con lo que tenemos:

$$H'(Q) = A \cdot \omega^2 - B \cdot \omega Q + C \cdot \omega^2 Q^2$$

$$P_{pot}'(Q) = \rho \cdot g \cdot \omega Q \cdot H'(Q)$$

$$\eta'(Q) = D \cdot \omega Q + E \cdot \omega^2 Q^2$$

$$P_{actual}'(Q) = \frac{P_{pot}'(Q)}{\eta'(Q)}$$

LEYES DE SEMEJANZA

$$\frac{H'}{H} = \frac{N^2}{N'^2} = \alpha^2; \quad \frac{Q'}{Q} = \frac{N}{N'} = \alpha$$

5.4.2. MÉTODO

- Ponemos en marcha la bomba (B) conectada al variador de frecuencia, ya que ésta es una bomba de velocidad variable.
- Utilizamos el depósito volumétrico del banco hidráulico para obtener los caudales de circulación.
- Anotamos los diferentes valores de presión y potencia obtenidos para los caudales proporcionados por la bomba.
- Variamos la velocidad de giro de la bomba usando el potenciómetro y anotamos los nuevos valores de presión y potencia para cada nuevo caudal.
- Completamos las tablas siguientes con los datos obtenidos.

33

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.5 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS IGUALES FUNCIONANDO EN SERIE

5.5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Obtenemos experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de las dos bombas funcionando en serie. Ajustamos las nubes de puntos obtenidas a curvas características utilizando el método de los mínimos cuadrados. Comprobamos que los resultados experimentales se corresponden con el desarrollo teórico.

Curvas características de una bomba:

INDEPENDIENTE:

$$H(Q) = A - BQ + CQ^2$$

$$P_{pot}(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H(Q)$$

$$\eta(Q) = DQ + EQ^2$$

$$P_{actual}(Q) = \frac{P_{pot}(Q)}{\eta(Q)}$$

EN SERIE:

$$H'(Q) = 2[A - BQ + CQ^2] - A + BQ + CQ^2$$

$$P_{pot}'(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H'(Q)$$

$$\eta'(Q) = DQ + EQ^2$$

$$P_{actual}'(Q) = \frac{P_{pot}'(Q)}{\eta'(Q)}$$

43

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

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5-3-3. LECTURAS Y RESULTADOS

CAUDALES

Tiempo (seg.)	Volumen (l)	Q (l/s)
0	0	0,000
12,56	6	0,478
9,87	10	1,013
7,75	10	1,290
7,19	10	1,391

RESULTADOS

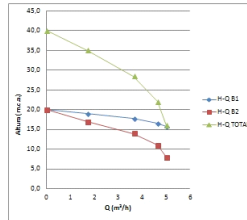
Caudal (m ³ /s)	B1					B2						
	P impulsión (m.c.a.)	P aspiración (m.c.a.)	H B1 (m.c.a.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Hidráulica (W)	η ₀ (%)	P impulsión (m.c.a.)	P aspiración (m.c.a.)	H B1 (m.c.a.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Hidráulica (W)	η ₀ (%)
0	40	20	20,0	430	0	0%	20	0	20,0	430	0	0%
0,00047	35	16	19,0	520	89	17%	17	0	17,0	520	80	15%
0,00101	28,5	10,7	17,8	680	177	26%	14	0	14,0	610	139	23%
0,00129	22	5,5	16,5	770	209	27%	11	0	11,0	680	139	20%
0,00139	16	0,3	15,7	840	214	26%	8	0	8,0	700	109	16%

45

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS BOMBAS TRABAJANDO EN GRUPO

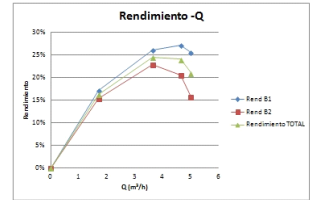
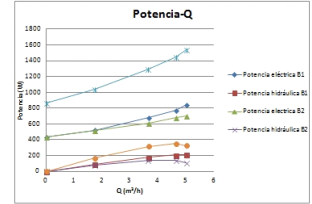
BOMBAS TRABAJANDO EN CONJUNTO	Pot. eléctrica TOTAL	Pot. Hidráulica TOTAL	Rend. TOTAL
650	0	0	0%
1040	168,70	16	16%
1290	316,06	25%	25%
1450	348,09	24%	24%
1840	323,36	21%	21%

GRÁFICAS DE RESULTADOS



46

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS



47

PRACTICES EXECUTABLE

- Bringing on stream of a bomb, analysis and study of the aspects to consider.
- Priming the pump.
- Checking the sense of rotation.
- Overcurrent produced in the motor.
- Study and obtaining the characteristic curves of a pump.
 - Height - flow (H - F).
 - Power - Flow (P-F).
 - Efficiency - Flow (η -F).
- Study of the cavitation, and obtaining the NPSH curve required-flow.
- Study of the different forms of regulation of turbo pump.
- Variation of the rotation speed. Getting new characteristic curves.
- Modification of the operation point by variation of the pumping station.
- Maneuvered in an the impulsion valve.
- Analysis of identical pumps that operate in identical group.
- Operating characteristic curves in series.
 - Height-discharge (H-F).
 - Power-flow (P-F).
 - Efficiency-caudal (η -F).
- Operating characteristic curves in parallel.
 - Height - flow (H-F).
 - Power-flow (P-F).
 - Efficiency - flow (η -F).
- Analysis of different pumps operate in group.
- Operating characteristic curves in series.
 - Height - flow (H-F).
 - Power-flow (P-F).
 - Efficiency-caudal (η -F).
- Operating characteristic curves in parallel.
 - Height - flow (H-F).
 - Power-flow (P-F).
 - Efficiency-caudal (η -F).

TECHNICAL DATAInside diameters:

- . Suction pipe:
 - . \varnothing_{in} = 27,2 mm.
 - . \varnothing_{ext} = 27,2 mm.
- . Impulsion pipe.
 - . \varnothing_{in} = 34 mm.
 - . \varnothing_{ext} = 40 mm.

Manometros:

- Bourdon type with glycerin of -10,33+35 m.w.c.(x3).
- Bourdon type with glycerin of -10,33+70 m.w.c.

Characteristics of the pump:

- . Pump head maximum 23 m.w.c.
- . Flow 20 / 160 l / min.
- . W 21 / 10 m.w.c.
- . W max. 23 m.w.c.
- . W min. 10 m.w.c.
- . Power consumed 750 W (1 HP).
- . Rotational speed 2.900 r.p.m.

Indicadores de potencia:

- Wattmeters of scale 0-1200 W.

REQUIREMENTS

- Hydraulic Bench FL 01.4
- Electrical Plug-in: 230V/50Hz.