3.4 Eficiencia en una máquina hidráulica

Para el caso de una bomba;

$$\eta_B = P_H / P_{mec}$$

Para desarrollar la teoría del impulsor se hicieron simplificaciones, por lo que es necesario tomen en cuenta:

a) Debido al rozamiento mecánico, la potencia teórica es menor que la potencia mecánica real que se requiere tener disponible en la flecha, por lo que:

$$\eta_{mec} = P_u / P_{mec}$$

b) Debido a la fricción hidráulica en el impulsor y la voluta, la carga real de la bomba es en realidad menor que la carga teórica en el impulsor, por lo que:

$$\boldsymbol{\eta_H = H_B / H_u}$$

c) Debido al flujo de recirculación en el exterior del impulsor y a las fugas entre la flecha y la carcasa, el gasto real que entrega la bomba es menor que el gasto teórico en el impulsor, estos es:

$$\boldsymbol{\eta_V = Q / Q_i}$$

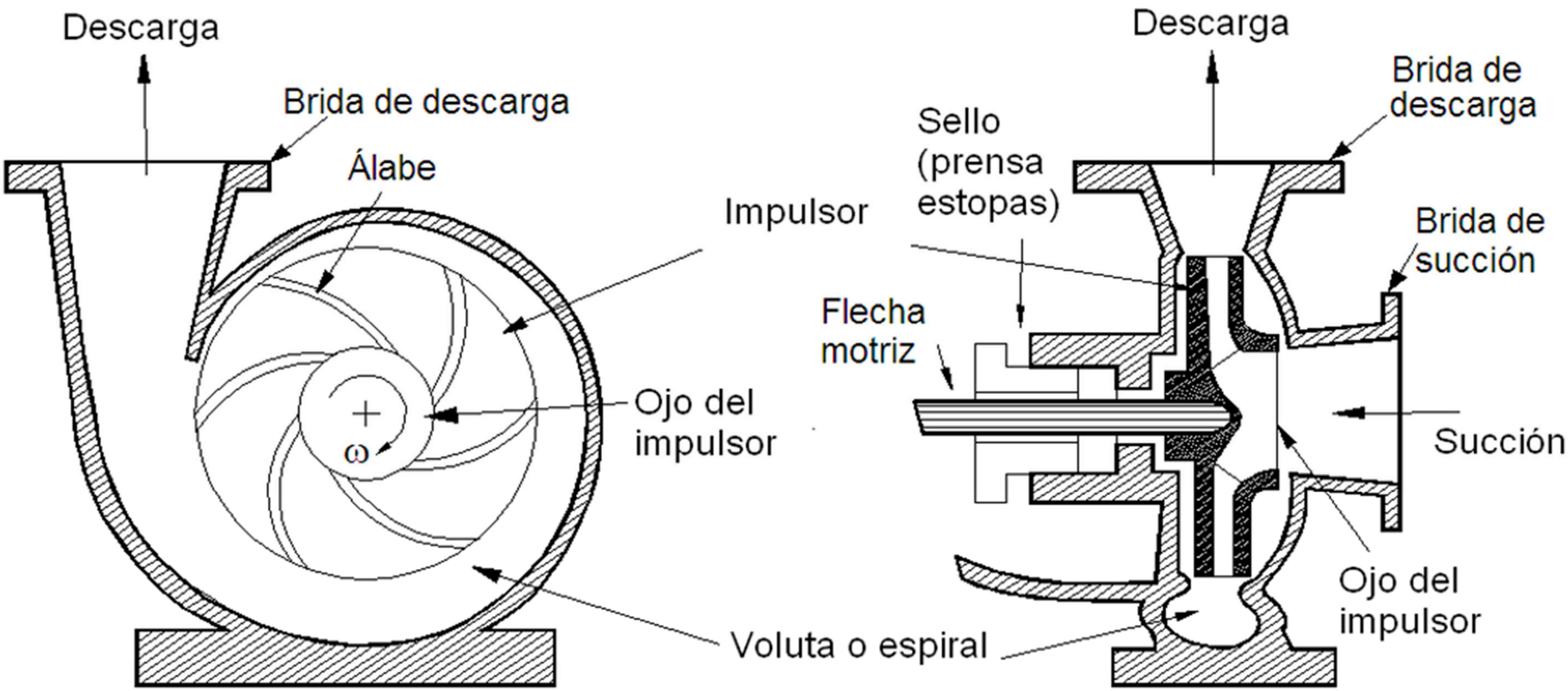
Al combinar estas cuatro eficiencias

$$\eta_B = \frac{P_H}{P_{mec}} \qquad\qquad \eta_B = \frac{\gamma\ Q\ H_B\ \eta_{mec}}{P_u} = \frac{\gamma\ Q\ H_B\ \eta_{mec}}{\gamma\ Q_i\ H_u} = \frac{Q\ H_B\ \eta_{mec}}{Q_i\ H_u}$$

Resulta que:

$$\boldsymbol{\eta_B = \eta_{mec} \cdot \eta_H \cdot \eta_V}$$

En todos los casos $0 < \eta < 100\ \%$


Descarga
Brida de descarga
Álabe
Impulsor
Ojo del impulsor
ω
Voluta o espiral
Descarga
Brida de descarga
Sello (prensa estopas)
Brida de succión
Flecha motriz
Succión
Ojo del impulsor

PROBLEMA

El impulsor del problema anterior tiene las siguientes características geométricas:

$D_1 =$	34	mm	$D_2 =$	84	mm
$b_1 =$	4.5	mm	$b_2 =$	4.5	mm
$\beta_1 =$	40	grados	$\beta_2 =$	25	grados
$\alpha_1 =$	90	grados	$\alpha_2 =$	11.03	grados

Si se sabe que el motor gira a 3,600 rpm y la bomba entrega un gasto de 2.5 lps con una carga de 15 m y con una eficiencia del 50%, determine las eficiencia volumétrica, hidráulica y mecánica, así como la potencia mecánica del motor requerido.

Solución

En el problema anterior se utilizaron las mismas características geométricas del impulsor, por lo tanto, se sabe que:

$$Q_i = \_\_\_\_ \left[\frac{m}{s}\right] \qquad H_u = \_\_\_\_[m] \qquad P_u = \_\_\_\_[kW]$$

Para determinar la eficiencia volumétrica:

$$\eta_V = \frac{Q}{Q_i}$$

Como ya tenemos el gasto al interior del impulsor y el gasto que entrega la bomba, se puede calcular fácilmente la eficiencia volumétrica.

$$\boxed{\eta_V = \_\_\_\_\%}$$

Para determinar la eficiencia hidráulica:

$$\eta_H = \frac{H_B}{H_u}$$

Como ya tenemos la carga teórica y la carga que entrega la bomba, se puede calcular fácilmente la eficiencia hidráulica.

$$\boxed{\eta_H = \_\_\_\_\%}$$

Para determinar la eficiencia mecánica:

$$\eta_{mec} = \frac{P_u}{P_{mec}}$$

La potencia mecánica no se ha calculado, por lo tanto:

$\eta_B = P_H / P_{mec}$ $$P_{mec} = \frac{P_H}{\eta_B}; \qquad P_H = \gamma\ Q\ H_B$$

$$P_H = \_\_\_\_[kW]$$

$$\boxed{P_{mec} = \_\_\_\_[kW]}$$

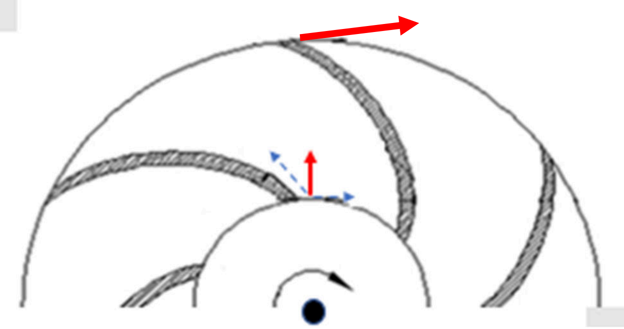
$$\boxed{\eta_{mec} = \_\_\_\_\%}$$

$$\eta_B = \eta_{mec} \cdot \eta_H \cdot \eta_V$$

PROBLEMA

Una bomba está acoplada a un motor que gira a 1,800 rpm y tiene las siguientes características:

D_1 =	75	mm	D_2 =	300	mm
b_1 =	60	mm	b_2 =	50	mm
β_1 =	45	grados	β_2 =	20	grados
α_1 =	90	grados			



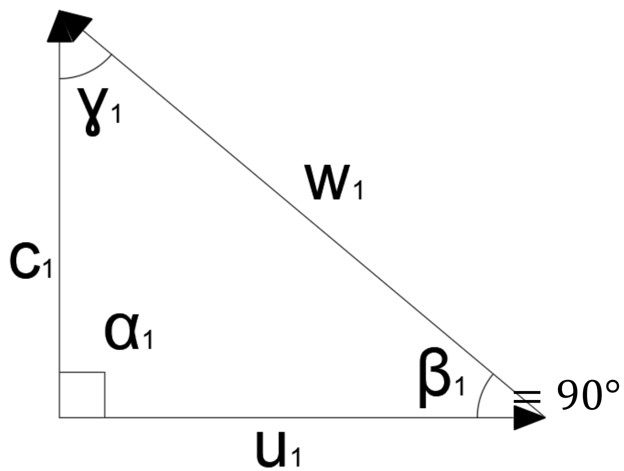
Si se considera que el flujo de entrada a los álabes es radial determine:

a) El gasto en el interior del impulsor y el gasto que entrega la bomba si la eficiencia volumétrica es del 100%
b) La carga teórica y la carga de bombeo si la eficiencia hidráulica es 82%
c) Las potencias hidráulica y mecánica si la eficiencia mecánica es 94%

Solución a)

$Q_i = 2\pi\, r_1 b_1 c_{m1}$ o bien $Q_i = 2\pi\, r_2 b_2 c_{m2}$

c_{m1} =?



Para determinar c_1 es necesario conocer u_1 o w_1; u_1 se obtiene directamente de la expresión:

$$u_1 = \omega r_1; \qquad \omega = \frac{2\pi}{60} N \quad \therefore$$

$$\omega = \_\_\_\_ [s^{-1}] \qquad\qquad u_1 = \_\_\_\_ \left[\frac{m}{s}\right]$$

Triángulo de entrada

De la definición de tangente: $c_1 = u_1 tan\beta_1$ $\qquad c_1 = \_\_\_\_ \left[\frac{m}{s}\right] \therefore$

Como $\alpha_1 = 90º$ $\therefore$ $\qquad c_{m1} = \_\_\_\_ \left[\frac{m}{s}\right]$

Para obtener el gasto al interior del impulsor: $Q_i = 2\pi\, r_1 b_1 c_{m1}$ ó $Q_i = \pi\, D_1 b_1 c_{m1}$

$$\boxed{Q_i = \_\_\_\_ \left[\frac{m^3}{s}\right]}$$

Para obtener Q:

$$\eta_V = \frac{Q}{Q_i} = \_\_\_\_\%$$

$$Q =$$

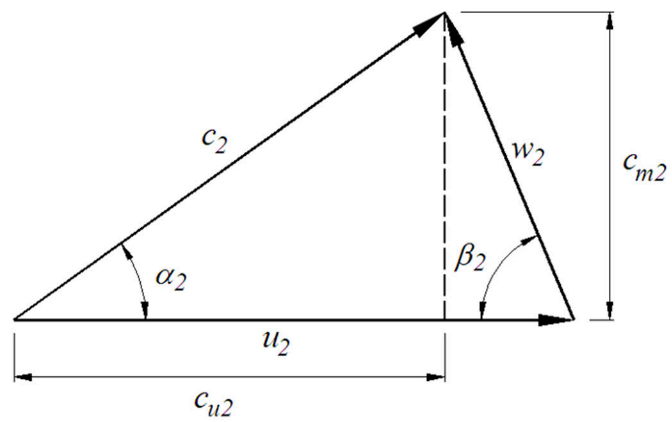
$$\boxed{Q = \_\_\_\_ \left[\frac{m^3}{s}\right]}$$

Solución b)

Para obtener la carga teórica H_u:

$$H_u = \frac{1}{g}\,(c_2 u_2 cos\ \alpha_2 - c_1 u_1 cos\ \alpha_1)$$

$$H_u = \frac{1}{g}\,(c_{u2} u_2 - c_{u1} u_1)$$



Triángulo de salida

$$H_u = \frac{1}{g}\,(c_{u2}u_2 - c_{u1}u_1)$$

$u_2 = \omega\, r_2 =$ =______ m/s

$c_{m2} = Q_i/A_2 = Q_i/\pi\, D_2 b_2$

c_{m2} = __ /π __ __ =______ m/s

$u_2 = \omega\, r_2 =$ =______ m/s

$w_2 = c_{m2}$ / sen $\beta_2 =$ =______ m/s

$c_{u2} = u_2 - w_2 \cos \beta_2 =$ =______ m/s

$\boxed{H_u = \_\_\_\_[m]}$

¿Cuáles son los valores de c_2 y α_2?

Para determinar la carga de bombeo H_B

$\eta_H = \frac{H_B}{H_u} =$ ______% ∴ $H_B =$_____ / _____

$\boxed{H_B = \_\_\_\_[m]}$

Solución c)

Para determinar la potencia hidráulica:

$P_H = \gamma \, Q \, H_B \quad \therefore$ $\boxed{P_H = \_\_\_\_[kW]}$

Para determinar la potencia mecánica:

$$\boldsymbol{\eta_B = P_H / P_{mec}}$$

$$\eta_B = \eta_{mec} \cdot \eta_H \cdot \eta_V \quad =$$

$$\boldsymbol{P_{mec} = P_H / \eta_B =}$$

$\boxed{P_{mec} = \_\_\_\_[kW]}$