MECÁNICA DE LOS FLUIDOS Y MÁQUINAS

UNIDAD N°7: Experimentación

Docentes:

- Ing. RODRIGUEZ, Carlos
- Ing. CORREA, Gustavo
- Ing. POLISCZUK, Dario

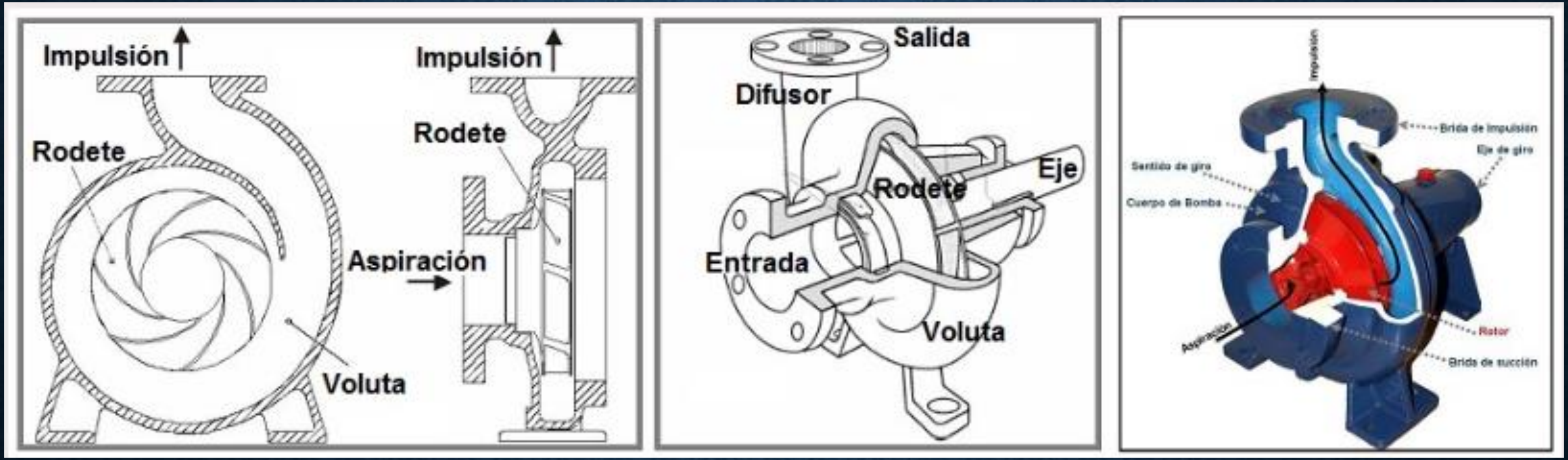
INTRODUCCIÓN

La experimentación dentro de la Mecánica de Fluidos es de gran importancia en la actualidad. En general las variables que pueden intervenir en un problema cualquiera de Mecánica de Fluidos se puede reducir a ocho:

Variable	Nombre	Unidad
F	Fuerza	N
L	Longitud	M
v	Velocidad	$m/_s$
ρ	Densidad	$kg/_{m^3}$
η	Viscosidad dinámica	$N \cdot s/_{m^2}$
g	Aceleración de la gravedad	$m/_{s^2}$
c	Velocidad del sonido	$m/_s$
σ	Tensión superficial	$N/_m$

INTRODUCCIÓN

Supongamos que se plante producir un conjunto de bombas centrifugas:



<u>Rodete</u>: es un tipo de rotor localizado en el interior de un tubo o conducto que tiene como función impulsar el agua, creando energía cinética dentro de la bomba.

<u>Voluta</u>: cámara o carcasa en forma de espiral de una bomba centrifuga dentro de la cual gira el rodete y que recoge el fluido propulsado radialmente por éste.

INTRODUCCIÓN

Se necesitan realizar ensayos experimentales que introduzcan y comprueben variantes de diseño (diámetros del rodete, forma de los álabes o paletas, entre otros), con estas consideraciones se podría proceder de la siguiente manera:

a) Construir un prototipo del mismo tamaño.

b) Considerar una de las variables, por ejemplo el rendimiento como variable independiente, función de las restantes variables que intervienen en el fenómeno.

INTRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos en el banco de pruebas se podrían representar mediante curvas:

1. Una función de una variable se puede representar por una curva.
2. Una función de dos variables se puede representar por un ábaco o familia de curvas, una curva para cada valor de la tercera variable.
3. Una función de tres variables se puede representar por una serie de ábacos; un ábaco por cada valor de la cuarta variable, y así sucesivamente.

INTRODUCCIÓN

En la práctica esto se realiza de la siguiente manera:

- Para la condición a) no se utiliza un prototipo 1:1 sino un *modelo* en una escala menor como ser 1:10 ó 1:100.
- Para la condición b) se reduce el número de variables a utilizar. Se utilizan los siguientes 5 números adimensionales que se indican en la siguiente tabla.

INTRODUCCIÓN

Variable	Nombre
El número de Euler	$Eu = \dfrac{v}{\sqrt{2 \cdot \dfrac{\Delta p}{\rho}}}$
El número de Reynolds	$Re = \dfrac{vL\rho}{\eta}$
El número de Froude	$Fr = \dfrac{v}{\sqrt{Lg}}$
El número de Mach	$Ma = \dfrac{v}{c}$
El número de Weber	$We = \dfrac{v}{\sqrt{\dfrac{\sigma}{\rho L}}}$

$$Eu = f(Re, Fr, Ma, We)$$

INTRODUCCIÓN

Además de realizar un ensayo en el modelo reducido, se realiza un estudio previo para determinar de las cinco fuerzas que se indican a continuación cual es aquella de la que fundamentalmente depende el problema concreto:

- Gradiente de presiones.
- Gravedad.
- Viscosidad.
- Elasticidad.
- Tensión superficial.

INTRODUCCIÓN

Además de realizar un ensayo en el modelo reducido, se realiza un estudio previo para determinar de las cinco fuerzas que se indican a continuación cual es aquella de la que fundamentalmente depende el problema concreto:

- Gradiente de presiones.
- Gravedad.
- Viscosidad.
- Elasticidad.
- Tensión superficial.

INTRODUCCIÓN

Fuerza	Variable
Gradiente de presiones	*El número de Euler será igual en el prototipo y en el modelo*
Si además del gradiente de presiones interviene la gravedad	$Eu = f(Fr)$, *se harán ensayos de manera que* Fr *sea igual en el modelo y en el prototipo, y solo entonces seran iguales los números de* Eu.
Si además del gradiente de presiones interviene la viscosidad	$Eu = f(Re)$, *se harán ensayos de manera que* Re *sea igual en el modelo y en el prototipo, y solo entonces seran iguales los números de* Eu.
Si además del gradiente de presiones interviene la elasticidad	$Eu = f(Ma)$, *se harán ensayos de manera que* Ma *sea igual en el modelo y en el prototipo, y solo entonces seran iguales los números de* Eu.
Si además del gradiente de presiones interviene la tensión superficial	$Eu = f(We)$, *se harán ensayos de manera que* We *sea igual en el modelo y en el prototipo, y solo entonces seran iguales los números de* Eu.

TEORÍA DE MODELOS

1- El modelo ha de ser geométricamente semejante al prototipo cuando:

Designaremos con el subíndice p las magnitudes del prototipo y con el subinidice m las magnitudes del modelo.

Las longitudes L, superficies A y volúmenes τ homólogos en el prototipo y el modelo deben cumplir:

$$\frac{L_p}{L_m} = \lambda \quad , \quad \frac{A_p}{A_m} = \lambda^2 \quad , \quad \frac{\tau_p}{\tau_m} = \lambda^3$$

$$\lambda - Escala\ del\ prototipo\ con\ respecto\ al\ modelo$$

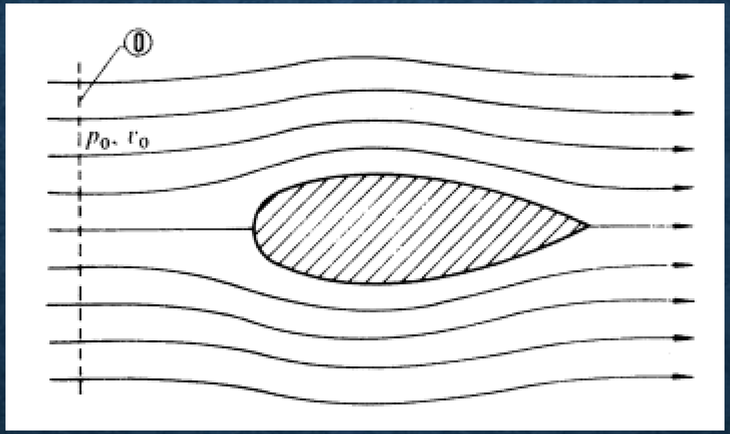
TEORÍA DE MODELOS

2- El modelo ha de ser dinámicamente semejante al prototipo:

Los flujos, o sea las líneas de corriente, han de ser semejantes. Para ello es necesario que las velocidades, aceleraciones, fuerzas, etc. Se hallen también en relaciones bien determinadas. Estas relaciones, como veremos, se deducen de la igualdad de los números de Euler, o los de Froude, Reynolds, etc.

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER

Se realizará el estudio investigando un modelo reducido a escala 1:40 de un pilar de un puente.



Consideraciones:

1. La corriente tendrá lugar en planos horizontales (corriente bidimensional). Las partículas de fluido no se acelerarán verticalmente. La fuerza de la gravedad no tendrá influjo alguno sobre este tipo de corriente.

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER

Consideraciones:

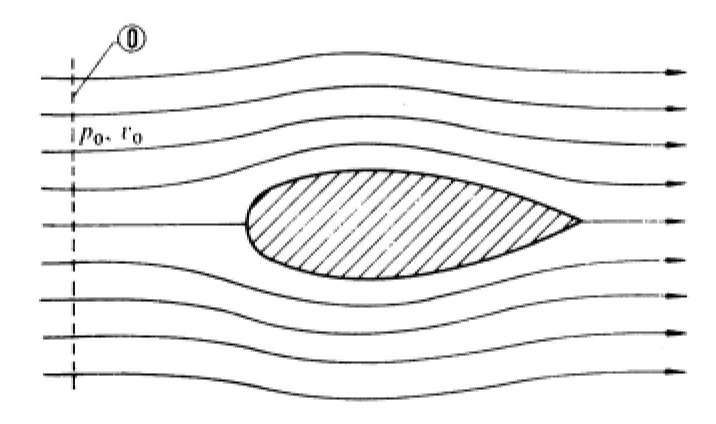
2. Tanto las fuerzas debidas a la viscosidad como las restantes fuerzas se estima que serán de escasa importancia y podrán despreciarse.
3. Las únicas fuerzas que actuarán sobre el pilar serán, pues, las debidas al gradiente de presiones.
4. En el infinito la corriente es uniforme, y además en todos los puntos del infinito (o puntos suficientemente alejados del pilar) la velocidad es la misma e igual a v_0.

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER

Consideraciones:

5. La ecuación de Bernoulli se cumplirá no solo entre dos puntos situados en la misma línea de corriente (en virtud de que la viscosidad es nula), sino entre dos puntos cualesquiera del fluido, porque supondremos que todas las partículas de fluido transportan la misma energía (movimiento irrotacional).

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER



$$p - p_0 = \frac{\rho}{2}(v_0^2 - v^2)$$

$$\frac{\Delta p}{\rho v_0^2/2} = 1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2$$

$$\frac{\Delta p}{\rho v_0^2/2} = C$$

siendo $\sqrt{1/\text{constante}} = \text{constante}$, se tendrá que en puntos homólogos

$$\frac{v_0}{\sqrt{2\,\Delta p/\rho}} = C$$

$$\boxed{\mathrm{Eu} = \frac{v}{\sqrt{2\,\Delta p/\rho}}}$$

donde v — velocidad característica (en nuestro caso $v = v_0$).

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER

En el ensayo del modelo del pilar del puente se construiría un modelo a escala, por ejemplo, $\lambda = 10{:}\,1$. Se introduciría en un canal de vidrio, donde por medio de una bomba se haría circular un caudal Q de agua cualquiera, obteniéndose una cierta velocidad v_{0m}. En el modelo, que podría ser de plástico, se podrían tomar medidas de presión en todo el contorno. La presión en el punto homólogo del prototipo se determinaría por al ecuación:

$$\mathrm{Eu}_p = \mathrm{Eu}_m$$

$$\frac{v_{op}}{\sqrt{2\,\Delta p_p/\rho_p}} = \frac{v_{om}}{\sqrt{2\,\Delta p_m/\rho_m}}$$

SEMEJANZA DINÁMICA Y GRADIENTE DE PRESIONES: NÚMERO DE EULER

$$\rho_p = \rho_{H_2O}$$
$$\rho_m = \rho_{aire}$$

$$\rho_m = \rho_p$$

$$\Delta p_p = \frac{v_{op}^2}{v_{om}^2} \Delta p_m$$