

INSTALACIONES Y MÁQUINAS DE FLUIDOS

GUION DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1º curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial

TEMA 6: TURBINAS: TURBINA KAPLAN

Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos

Autores

Igor Peñalva

Concepción Olondo

Urko Izquierdo

CONTENIDOS

1.	Procedimiento experimental: realización de la práctica	1
2.	Resultados.....	2
3.	Conclusiones.....	3
4.	Datos para la realización de la práctica.....	4

1. Procedimiento experimental: realización de la práctica

Para realizar la práctica se debe seguir el siguiente procedimiento:

- A. Accionamiento de las bombas tal y como se especifica en la Figura 2 del Tema 6, y apertura progresiva de la válvula hasta llegar a abrirla completamente. A modo de referencia, el valor del caudal medido por el medidor electrónico debe de superar los 310 L/min independientemente del rodete instalado.
- B. Se realizarán mediciones para dos tipos de rodetes. Inicialmente se trabajará con el que ya está instalado y una vez tomados los puntos experimentales requeridos a continuación, se volverá a repetir la toma de datos con otro rodete diferente que elegirá el profesor.
- C. Trabajando con un determinado rodete se establecerán 8 diferentes velocidades de giro de la turbina variando el par resistente (ejerciendo mayor fricción con la cinta) al variar el grado de apriete de la palanca superior (Figura 3 del Tema 6). De este modo, se obtienen determinadas relaciones del par mecánico $C_m = C_m(N)$, potencia mecánica $P_m = P_m(N)$ y rendimiento $\eta = \eta(N)$ respecto de la velocidad de giro N de la turbina. Por tanto, cada vez que se varía la velocidad de giro, la presión o el caudal, estos parámetros se verán influenciados. A continuación se describe cómo se mide o calcula cada una de las variables físicas que se acaban de mencionar:

I. Salto neto

El salto neto (H_n) en m C. A. se calcula a través de la medición de la presión de entrada, en m C. A. y la diferencia de cota entre la entrada y la salida de la turbina, correspondiente a 0,72 m.

II. Potencia hidráulica

La potencia hidráulica es la energía puesta a disposición de la turbina. Depende, principalmente, del caudal que entra a la turbina y del salto neto: $P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n$

III. Par mecánico

El par mecánico transmitido por el rodete al disco se calcula midiendo la fuerza tangencial aplicada al disco multiplicada por el radio del disco ($r = 0,03 \text{ m}$). La fuerza tangencial se calcula como la diferencia entre las lecturas en N del Dinamómetro 2, D_2 , y Dinamómetro 1, D_1 , (Figura 3 del Tema 6). Por tanto, el par resistente C_r aplicado al disco será:

$$C_r = (F_{D2} - F_{D1}) \cdot r$$

A la velocidad de giro correspondiente, el C_r será igual al par motor C_m transmitido por el rodete al disco. $C_r = C_m$.

IV. Velocidad de giro

Se medirá directamente con un tacómetro óptico que proporciona mediciones directas de la velocidad angular N en r.p.m.

V. Potencia mecánica

Si la velocidad de giro del conjunto rodete-disco en rpm es N , la potencia mecánica (P_m) será igual a:

$$P_m = C_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot N / 60$$

VI. Rendimiento

Se calculará como el balance entre Potencia Hidráulica (P_h) puesta a disposición de la turbina y Potencia Mecánica (P_m) transmitida por el rodete.

$$\eta_{\text{turbina}} = P_m \cdot P_h^{-1}$$

- D. Para cada uno de los rodetes empleados, se medirán 8 combinaciones de velocidad de giro (N , en r.p.m.) y fuerza ($F_{D2} - F_{D1}$, en g), y para cada combinación se deberá de medir también el caudal y la presión a la entrada según la Tabla 1. Se deberán de definir los extremos: el par máximo a velocidad de giro nula y la velocidad máxima (también denominada velocidad de embalamiento, N_{emb}) obtenida sin fricción del freno. Asimismo se intentará concentrar las medidas cerca de la velocidad media dentro del rango, es decir $N_{\text{emb}}/2$, para definir correctamente los máximos de potencia y rendimiento. La recogida de las medidas experimental se puede realizar en una tabla como la que se muestra a continuación.

Tabla 1: Datos experimentales de medida.

P6 : Turbinas: Turbina Kaplan	Datos	Caudal	P_{in}	N	F_{D2}	F_{D1}
	Unidades	(L/min)	(mm C. A. ó mbar)	(r.p.m.)	(g)	(g)
Rodete X	Q_i			$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
				$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
				$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$

2. Resultados

A partir de los datos experimentales se debe calcular el caudal, Q (m^3/s), el salto neto, H_n (m C. A.), la potencia hidráulica, P_h (W), el par, C_m (N·m), la potencia mecánica, P_m (W) y el rendimiento (%) para cada una de las velocidades de giro medidas así como para cada de los rodetes empleados. Con ello, se deberá de construir una tabla de resultados en el fichero de trabajo u hoja EXCEL. Esta tabla mostrará los datos experimentales en los cuales se basan los resultados experimentales obtenidos. Con los resultados de dicha tabla, se elaborarán las siguientes gráficas:



- **Gráfica 1:** Variación del rendimiento, potencia hidráulica, potencia mecánica y par en función de la velocidad de giro operando con el primer rodete.
- **Gráfica 2:** Variación del rendimiento, potencia hidráulica, potencia mecánica y par en función de la velocidad de giro operando con el segundo rodete.

Todas las curvas deben estar ajustadas al polinomio del grado que les corresponda, la regresión debe de visualizarse y la ecuación correspondiente también. Todas las gráficas deben tener un título y ejes titulados con las unidades correspondientes. Estas gráficas se presentarán en el informe y deberá de ser posible conocer la procedencia de los datos utilizados en la representación de las mismas.

3. Conclusiones

En el propio fichero Excel el alumno deberá explicar la forma de las tendencias de los resultados obtenidos y detectar los parámetros relevantes a la hora de diseñar y seleccionar una turbina para que su rendimiento sea el máximo.

4. Datos para la realización de la práctica

Tipo de álabe	MÁXIMO
Cota fija [mm] =	965
Nivel depósito [mm] =	265
distancia eje [m] =	0,03
Q [L/min]	310,0
Q [m ³ /s]	0,00517
Ph (p·g·Q·H) [w]	35,4795

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [mm H ₂ O]
1	1700	0	0	0,0
2	1500	200	90	0,0
3	1300	370	140	0,0
4	1100	560	180	0,0
5	900	750	240	80,0
6	700	900	290	140,0
7	500	1090	330	200,0
8	290	1250	370	278,0

Tipo de álabe	MEDIO
Cota fija [mm] =	965
Nivel depósito [mm] =	265
distancia eje [m] =	0,03
Q [L/min]	330,0
Q [m ³ /s]	0,00550
Ph (p·g·Q·H) [w]	37,7685

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [mm H ₂ O]
1	2150	0	0	0,0
2	1870	170	90	0,0
3	1550	450	160	135,0
4	1250	700	230	150,0
5	1050	880	290	165,0
6	750	1090	350	170,0
7	550	1230	370	175,0
8	300	1370	420	180,0

Tipo de álabe	MÍNIMO
Cota fija [mm] =	965
Nivel depósito [mm] =	265
distancia eje [m] =	0,03
Q [L/min]	335,0
Q [m ³ /s]	0,00558
Ph (p·g·Q·H) [w]	99,795495

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [mm H ₂ O]
1	3620	0	0	110,0
2	3310	290	100	125,0
3	3030	540	180	135,0
4	2710	790	250	150,0
5	2415	1010	320	165,0
6	2095	1150	360	170,0
7	1750	1340	420	175,0
8	1450	1510	470	180,0