

INSTALACIONES Y MÁQUINAS DE FLUIDOS

GUION DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1º curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial

TEMA 3: TURBINAS – TURBINA PELTON

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.....	4
3.	Conclusiones.....	4
4.	Datos para la realización de la práctica.....	5

1. Procedimiento experimental: realización de la práctica

Para realizar la práctica se debe seguir el siguiente procedimiento:

A. Arranque de la bomba de impulsión (Interruptor - Figura 4 del Tema 3). Tras encender la bomba, proceder a abrir la válvula de regulación de caudal (Válvula de apertura - Figura 4 del Tema3).

B. Ajuste de tres puntos de cierre del inyector por medio de la rosca (Figura 5 del Tema 3). La rosca posee un rango de 5,5 vueltas desde la máxima apertura del inyector (completamente abierto) hasta cierre completo. ¡CUIDADO!: NUNCA CERRAR COMPLETAMENTE EL INYECTOR PARA EVITAR QUE EL OBTURADOR SE QUEDE ENCASTRADO SOBRE EL ASIENTO. Los tres puntos de medición se establecerán de la siguiente manera, partiendo del inyector completamente abierto:

Punto 1: 2 vueltas

Punto 2: 3 vueltas

Punto 3: 4 vueltas

C. Una vez establecido el grado de cierre del inyector, y para cada una de las posiciones, manipular la válvula de control principal del banco hidráulico (Figura 4 del Tema 3) para conseguir un salto neto constante **$H_n = 5,0 \text{ m C. A.}$** (medido en el manómetro a la entrada del inyector).

D. Para cada grado de cierre del inyector, manteniendo en 5,0 m C. A. el salto neto constante, se tendrá un caudal constante (por ser turbina de acción), $Q = Q(N) = \text{Cte.}$, y unas 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. Para cada grado de cierre del inyector se establecerán diferentes velocidades de giro de la turbina variando el par resistente (fricción de la cinta) al variar el grado de apriete de la palanca superior (Figura 5 del Tema 3).

E. Finalmente manteniendo el grado de apertura del inyector correspondiente al Punto 3 (4 vueltas), se aumentará el salto neto a 10,0 m C. A. actuando sobre la válvula de regulación de caudal (Figura 4 del Tema 3). Para esta nueva situación, se establecerán también diferentes velocidades de giro de la turbina variando el par resistente, al igual que en el apartado anterior. A continuación, se describe cómo se mide o calcula cada una de las variables físicas que se acaban de comentar.

I. Caudal

El caudal se calcula como el cociente entre volumen de agua impulsado y tiempo transcurrido. La escala volumétrica (Figura 4 del Tema 3) mide el volumen introducido en el tanque de medición volumétrica. Se recomienda medir en la escala volumétrica el tiempo (segundos) que se tarda en llenar un volumen determinado (entre 2 marcas de una única escala) en el tanque, de manera que el tiempo medido sea superior a 30 segundos para cada medida de caudal. Para realizar esta operación habrá que cerrar la bola del desagüe en la parte inferior del tanque (Figura 1).



Figura 1. Bola de cierre del desagüe del banco hidráulico.

II. Salto neto

El salto neto (H_n) en m C. A. se lee directamente en el manómetro (Figura 5 del Tema 3).

III. Potencia hidráulica

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

IV. 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 5 del Tema 3). 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: $C_r = C_m$.

V. Velocidad de giro

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

VI. Potencia mecánica

Si la velocidad de giro del conjunto rodete-disco en r.p.m. es **N**, la potencia mecánica (**P_m**) será: $P_m = C_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot N / 60$

VII. Rendimiento de la turbina

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.

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

- F. Para cada uno de los tres grados del cierre del inyector, se medirán 10 combinaciones de **N**, **F_{D2}** y **F_{D1}** según la Tabla 1. Se deberán definir los extremos: el par máximo a velocidad de giro nula (ejerciendo la fuerza justa y necesaria para llegar a frenar el eje de la turbina) y la velocidad máxima (denominada velocidad de embalamiento, *N_{emb}*) obtenida sin fricción del freno. Asimismo se intentará concentrar varias medidas cerca de la velocidad media dentro del rango, es decir *N_{emb}/2*, para definir correctamente los máximos de potencia y rendimiento. La recogida de las medidas experimentales se puede realizar en una tabla como la que se muestra en este documento, Tabla 1.

Tabla 1: Datos experimentales de medida

P3: Turbinas: Turbina Pelton	Datos	Volumen	Tiempo	X	N	F _{D2}	F _{D1}
	Unidades	l	s	Nº vueltas	r.p.m.	N	N
Medida 1	Q ₁	X ₁	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), potencia hidráulica, P_h (W), par, C_m (N·m), potencia mecánica, P_m (W) y rendimiento, para cada una de las medidas de cierre del inyector. 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:** Representar en una misma gráfica el par para cada posición del inyector, en función de la velocidad de giro.
- **Gráfica 2:** Representar en una misma gráfica la curva de potencias hidráulica y mecánica para cada posición del inyector, en función de la velocidad de giro.
- **Gráfica 3:** Representar en una misma gráfica la curva de rendimiento obtenida para cada posición del inyector, en función de la velocidad de giro.
- **Gráfica 4:** Para el grado de apertura del inyector definido como "Punto 3", representar en una misma gráfica las curvas de potencias hidráulica y mecánica para cada altura neta, $H_n = 5,0$ m C. A. y $H_n = 10,0$ m C. A., en función de la velocidad de giro.

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

Turbina Pelton	Hn	V	t	x	N	Fd ₂	Fd ₁
	m C. A.	l	s	Nº vueltas	r.p.m.	N	N
Medida 1	5	20	40,3	2	1450	0	0
					1180	4,5	1
					1045	6,5	1,25
					874	8,5	1,5
					770	9,75	1,5
					690	10,5	1,6
					610	11	1,85
					443	12,3	2
					143	13,7	2,2
					0	13,5	2,75
Medida 2	5	15	33,9	3	1450	0	0
					1253	2,5	0,1
					1105	4,2	0,5
					991	5,5	0,6
					849	6,6	1
					733	7,5	1
					634	8,2	1,07
					385	9,8	1,18
					245	10,5	1,3
					0	10,6	1,75
Medida 3	5	15	48,7	4	1395	0	0
					1125	2,3	0,3
					1084	2,75	0,5
					888	4	0,5
					819	4,5	0,6
					778	4,9	0,6
					710	5,3	0,7
					462	6,3	0,85
					280	7	1
					0	7	1,2
Medida 4	10	15	33,8	4	1995	0	0
					1750	3	0,5
					1588	5,3	0,8
					1333	7,5	1,1
					1070	9,5	1,4
					950	10,9	1,6
					738	12	1,8
					430	13,8	2
					129	15,4	2,3
					0	16,5	4,2