

## IMEC2001 Taller 3: Incertidumbre

### 1. Tener en cuenta

- La entrega del taller es vía Bloque Neón. Únicamente se debe enviar el archivo Excel con la solución.
- El nombre del archivo de Excel debe ser **T3\_Apellidos.xlsx**. Por ejemplo: T3\_Salamanca\_VargasTorres.xlsx.
- La fecha límite de entrega en Bloque Neón es: **23:59h de Diciembre 1, 2023**.
- El taller es en parejas, solo lo envía una persona.
- Para poder realizar el segundo envío la nota debe estar en suficiente.

### 2. Introducción

Las turbinas eólicas se emplean para extraer la energía del viento y generar trabajo útil. Esto lo hacen convirtiendo la energía cinética del viento en energía mecánica. Sus componentes principales son la torre, el rotor y el buje con sus palas, la góndola y el generador. En este caso para la toma de datos se utilizó un aerogenerador eólico.



**Figura 1.** Aerogenerador Eólico.

### 3. Marco Teórico

El funcionamiento de una turbina eólica está afectado por el viento ya que este es el que gira las palas alrededor del rotor, lo que hace que se genere un movimiento en el generador y se pueda producir energía. La presión total está dada por la ecuación 1, la cual relaciona la presión estática ( $P_{est}$ ) y dinámica ( $P_{din}$ ).

$$P_{tot} = P_{din} + P_{est} \quad [1]$$

A partir de la presión dinámica y la densidad del aire ( $\rho_{aire}$ ) dada en la ecuación ( $R_{aire} = 287.058 \frac{J}{kg \cdot K}$ ,  $R_w = 461.5 \frac{J}{kg \cdot K}$ ,  $\varphi$  es la humedad relativa y  $P$  es la presión atmosférica) se puede obtener la velocidad del aire ( $v$ ), la cual está expresada en la ecuación 3.

$$\rho_{aire} = \frac{1}{T} \left( \frac{P}{R_{aire}} + \varphi P_{vapor} \left( \frac{1}{R_{aire}} - \frac{1}{R_w} \right) \right) \quad [2]$$

$$v = \sqrt{\frac{2P_{din}}{\rho_{aire}}} \quad [3]$$

Teniendo el valor de la velocidad del aire es posible encontrar la potencia eólica con la ecuación 5, en la cual el área ( $A$ ) de referencia se calcula con el diámetro del rotor.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad [4]$$

$$P_{eol} = \frac{1}{2} \rho_{aire} A v^3 \quad [5]$$

Con respecto a la potencia entregada esta se puede expresar en términos del voltaje y la corriente como se muestra en la ecuación 6.

$$P_{ent} = VI \quad [6]$$

Finalmente, para encontrar la eficiencia se utiliza la ecuación 7 que es la relación de la potencia entregada con la potencia eólica.

$$\eta = \frac{P_{ent}}{P_{eol}} \quad [7]$$

#### 4. Descripción del Taller

Durante la práctica de laboratorio se dispusieron de 6 puntos de operación, dentro de los cuales se varía la velocidad angular. Para cada punto se tomaron 3 datos de:

- Presión total y presión estática (**instrumento digital con resolución de 0.01 hPa**).
- Temperatura (**instrumento digital con resolución de 0.01 °C**).
- Humedad relativa (**instrumento digital con resolución de 0.01**).
- Corriente (**instrumento digital con resolución de 0.001 A**).
- Voltaje (**instrumento digital con resolución de 0.01 V**).

**Tabla 1.** Mediciones de Presiones.

Punto de operación	Velocidad ángular del tunel [rpm]	Presión total [hPa]			Presión estática [hPa]		
		1	2	3	1	2	3
1	100	741.63	741.62	741.62	741.58	741.59	741.58
2	150	741.8	741.8	741.8	741.68	741.71	741.71
3	200	741.95	741.94	741.94	741.78	741.78	741.77
4	250	742.12	742.15	742.16	741.84	741.86	741.87
5	300	742.41	742.43	742.42	741.98	741.99	741.98
6	350	742.73	742.74	742.74	742.07	742.06	742.12

Tabla 2. Mediciones de temperatura.

Punto de operación	Velocidad ángular del tunel [rpm]	Temperatura [°C]		
		1	2	3
1	100	20.57	20.57	20.57
2	150	20.63	20.63	20.63
3	200	20.69	20.7	20.7
4	250	20.8	20.83	20.83
5	300	20.29	20.97	20.99
6	350	21.1	21.11	21.14

Tabla 3. Mediciones de Humedad relativa.

Punto de operación	Velocidad ángular del tunel [rpm]	Humedad Relativa [%]		
		1	2	3
1	100	52.6	52.61	52.59
2	150	51.75	51.78	51.73
3	200	50.96	50.97	50.99
4	250	50.25	49.86	49.83
5	300	48.73	48.81	48.64
6	350	48.13	48.11	47.9

Tabla 4. Mediciones de Voltaje y Corriente.

Punto de operación	Velocidad angular del tunel [rpm]	Voltaje [V]			Corriente [A]		
		1	2	3	1	2	3
1	100	12.55	12.55	12.55	0	0	0
2	150	12.56	12.56	12.56	0.05	0.061	0.057
3	200	12.66	12.66	12.66	0.358	0.366	0.35
4	250	12.84	12.86	12.86	0.889	0.892	0.871
5	300	13.05	13.05	13.06	1.551	1.552	1.63
6	350	13.13	13.13	13.13	1.835	1.856	1.817

Además de los datos de la práctica se conocen los datos de la presión de vapor:

**Tabla 5.** Datos presión de vapor.

Punto de Operación	Presión de vapor [Pa]		
	1	2	3
1	2424.173	2424.173	2424.173
2	2433.107	2433.107	2433.107
3	2442.041	2443.530	2443.530
4	2458.420	2462.887	2462.887
5	2382.481	2483.733	2486.711
6	2503.910	2505.481	2510.194

### Ítem 1

Para la información dada:

1. Estime la eficiencia de la turbina para cada uno de los seis puntos diferentes de operación con sus respectivos valores de incertidumbre. La propagación de error debe realizarse en **Excel**.
2. Realice las siguientes gráficas a partir de los seis puntos de operación, e incluya las respectivas barras de error.
  - Gráfica de Eficiencia (eje vertical) vs. Velocidad Angular (eje horizontal).
  - Gráfica de la velocidad del viento (eje horizontal) vs velocidad angular (eje vertical).

### Notas:

- El diámetro de la turbina es de 0.51 m.
- Los errores aleatorios se deben estimar con un intervalo de confianza del 95% según la distribución de probabilidad correspondiente (e.g., Normal o t-Student).

---

### Bono

Para la información dada:

1. Estime la eficiencia de la turbina Pelton para cada uno de los seis puntos diferentes de operación con sus respectivos valores de incertidumbre a partir de la librería [uncertainties](#) en Python.
  2. Realice una gráfica de Eficiencia (eje vertical) vs. Velocidad Angular (eje horizontal) a partir de los seis puntos de operación, e incluya las respectivas barras de error a partir de la librería [matplotlib](#) en Python.
-