

## Caracterización de la Turbina de pequeña escala para túnel de viento.

7/9/23

### Resumen:

Se logró obtener la curva de caracterización de la turbina por medio del sistema de adquisición de datos con Arduino. Se obtuvo una eficiencia general promedio de 3.3% y a una velocidad del viento de aproximadamente 18 m/s se obtuvo una potencia de 5W.

### Participantes:

Carlos Echandi Jara 2019380033

### Metodología:

Inicialmente se armó el circuito con el sistema de recopilación de datos y de las cargas resistivas. Se arma todo el equipo y se coloca la turbina dentro del túnel. Esta se somete a velocidades del motor del túnel de los 1000RPM a los 1770 RPM con un intervalo de 100 RPM y finalizando en 1770RPM que es el máximo. El orden de las velocidades se estableció de forma aleatoria y se logró realizar dos ciclos de pruebas, una por la mañana y otra por la tarde. Para cada velocidad se tomaron varias medidas para obtener la carga con mayor transferencia de poder y se registro esta medición. Las cargas consisten un arreglo de resistencias y potenciómetro que suman entre los 1  $\Omega$  a los 200  $\Omega$ . En la figura 1 se muestra en general la configuración que se utilizó para tomar las medidas.



Figura 1. Método de toma de mediciones.

El multímetro que se muestra en la figura 1 se utilizó para verificar que las mediciones fueran las correctas y para variar la carga de máxima potencia con mayor facilidad al medir el voltaje de salida. En la figura 2 se muestra más cerca el circuito utilizado para realizar las mediciones.

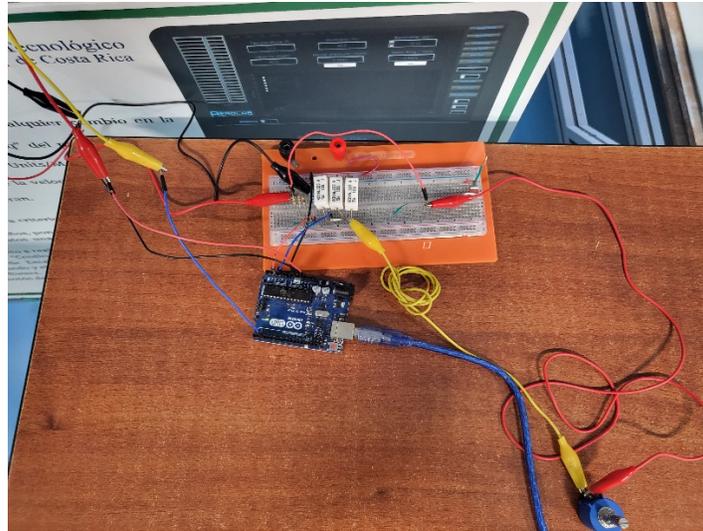


Figura 2. Circuito de cargas y medición.

El sistema de recopilación de datos toma aproximadamente 39 medidas en 10 segundos para una frecuencia de muestreo de 3.9 Hz y saca el promedio de las medidas. Por lo tanto, para poder tomar cada medición se espera de 10 a 20s después del cambio para que el sistema se estabilice y para no se midan los valores durante un momento transitorio.

El primer ciclo se realizó de las 9 am a las 10:47 am aproximadamente y el segundo se realizó de las 11 am a la 1pm y se retomó a las 2 pm para terminar a las 3 pm. En la figura 3 se muestra una imagen de la turbina dentro del túnel de viento.



Figura 3. Turbina dentro del túnel.

## Resultados:

En la tabla 1 y en la figura 1 se encuentra un resumen general de los resultados.

Tabla1. Resultados promediados

| RPM motor | RPM Turbina | Voltaje (V) | Corriente (A) | Potencia (W) | Velocidad viento(m/s) | Potencia Teórica(W) | Eficiencia Global(%) | Resistencia ( $\Omega$ ) |
|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| 1000      | 702         | 6.84        | 0.134         | 0.92         | 10.12                 | 28.06               | 3.3                  | 51.6                     |
| 1100      | 753         | 7.50        | 0.144         | 1.07         | 11.15                 | 37.55               | 2.9                  | 52.6                     |
| 1200      | 837         | 8.41        | 0.179         | 1.50         | 12.18                 | 48.97               | 3.1                  | 47.1                     |
| 1300      | 966         | 9.30        | 0.223         | 2.07         | 13.22                 | 62.50               | 3.3                  | 42.1                     |
| 1400      | 1062        | 10.40       | 0.254         | 2.64         | 14.25                 | 78.32               | 3.4                  | 41.0                     |
| 1500      | 1158        | 11.09       | 0.295         | 3.26         | 15.28                 | 96.60               | 3.4                  | 37.7                     |
| 1600      | 1299        | 12.14       | 0.329         | 3.99         | 16.31                 | 117.53              | 3.4                  | 36.9                     |
| 1700      | 1359        | 12.33       | 0.396         | 4.88         | 17.34                 | 141.28              | 3.5                  | 31.1                     |
| 1770      | 1512        | 13.99       | 0.404         | 5.54         | 18.07                 | 159.69              | 3.5                  | 36.1                     |

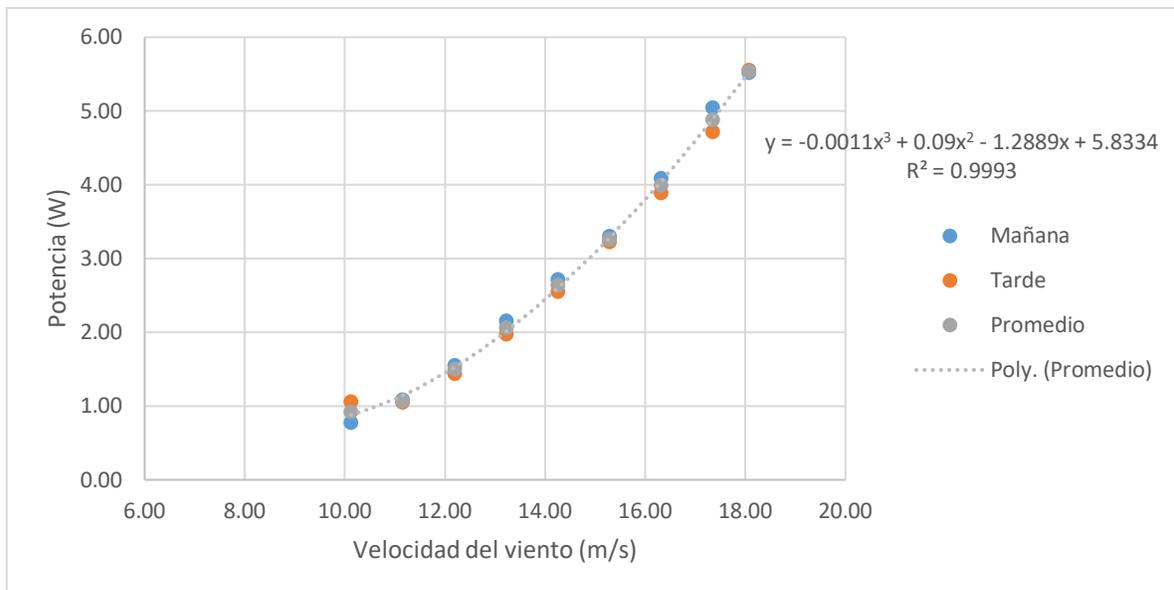


Figura 4. Curva de caracterización de la turbina.

## Discusión y Recomendaciones:

Luego de realizar las pruebas se montó la gráfica de la figura 4, la cual, corresponde a la curva de caracterización de la turbina para velocidades del viento de ente 10 m/s a 18m/s. Se propone una curva de mayor ajuste polinomial ya que la relación teórica entre la potencia y la velocidad del viento es polinomial de grado 3.

La mayor velocidad que se obtuvo fue de 1512 rpm en la turbina lo que da un valor máximo de potencia de 5.5W. Se observa que la carga de máxima potencia disminuye conforme la velocidad de giro aumenta y para el rango de velocidades del túnel de viento, la carga se debe variar de aproximadamente los 52  $\Omega$  a los 31  $\Omega$ .

Se obtuvo una eficiencia promedio del sistema de 3.3%. De este total se debe tomar en cuenta el límite de Betz de 60% de máxima potencia, esto da una eficiencia del 5.5%. Este valor de eficiencia bajo se atribuye a que el rotor no se diseñó para maximizar la potencia del generador que se está utilizando y a pérdidas de fricción en el sistema mecánico. Además, se notó una leve deformación en las aspas, estas se encuentran pandeadas debido a desgaste de uso, calor y transporte. Se le atribuye perdidas de eficiencia a este problema ya que en pruebas anteriores con las aspas sin deformación se logró obtener una mayor velocidad de giro en la turbina y una mayor eficiencia.

Se recomienda rediseñar las aspas para que tengan una mayor resistencia y un tamaño de cuerda mayor. Así mismo, rediseñar el rotor para ser utilizado con el generador actual. Además, se recomienda hacer un tratamiento para disminuir la rugosidad de las aspas y disminuir las perdidas por fricción.

Se logró implementar el sistema de recopilación de datos con el uso del Arduino y resistencias ya que todas las mediciones se hicieron de esta forma.

## Desglose de Resultados

Tabla 2. Primer ciclo de pruebas de la turbina en la mañana.

| Prueba | RPM motor | RPM Turbina | Voltaje (V) | Corriente (A) | Potencia (W) | Velocidad viento(m/s) | Potencia Teórica(W) | Eficiencia Global(%) | Resistencia ( $\Omega$ ) |
|--------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| 1      | 1100      | 804         | 7.99        | 0.136         | 1.09         | 11.15                 | 37.5                | 2.9                  | 58.8                     |
| 2      | 1000      | 690         | 6.67        | 0.117         | 0.78         | 10.12                 | 28.1                | 2.8                  | 57.1                     |
| 3      | 1300      | 972         | 8.97        | 0.241         | 2.16         | 13.22                 | 62.5                | 3.5                  | 37.2                     |
| 4      | 1200      | 852         | 8.80        | 0.177         | 1.56         | 12.18                 | 49.0                | 3.2                  | 49.7                     |
| 5      | 1600      | 1314        | 12.26       | 0.334         | 4.09         | 16.31                 | 117.5               | 3.5                  | 36.8                     |
| 6      | 1400      | 1086        | 10.61       | 0.257         | 2.72         | 14.25                 | 78.3                | 3.5                  | 41.3                     |
| 7      | 1770      | 1410        | 11.98       | 0.461         | 5.52         | 18.07                 | 159.7               | 3.5                  | 26.0                     |
| 8      | 1500      | 1158        | 10.94       | 0.302         | 3.30         | 15.28                 | 96.6                | 3.4                  | 36.2                     |
| 9      | 1700      | 1362        | 12.53       | 0.403         | 5.05         | 17.34                 | 141.3               | 3.6                  | 31.1                     |

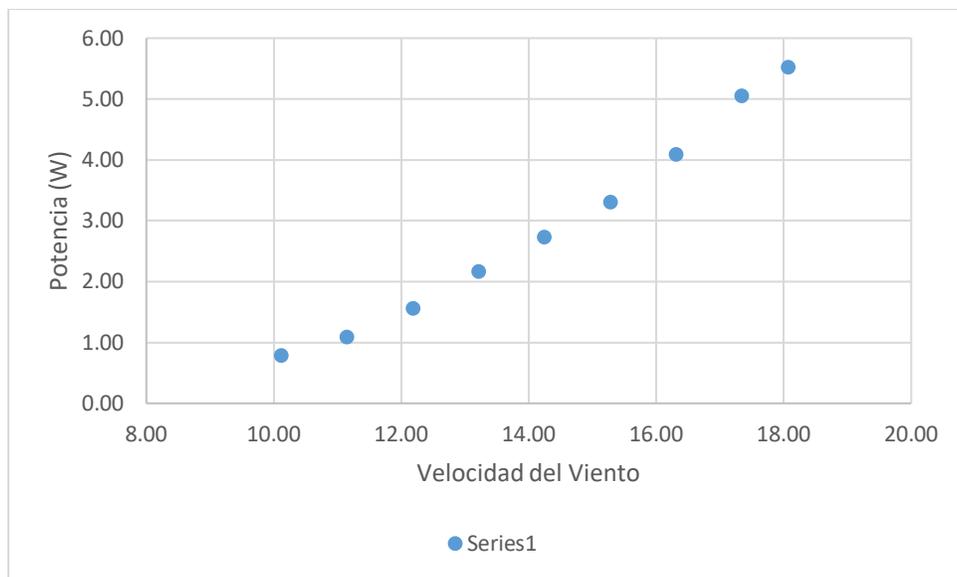


Figura 5. Datos tomados en la mañana.

Tabla 3. Segundo ciclo de pruebas de la turbina en la tarde.

| Prueba | RPM motor | RPM Turbina | Voltaje (V) | Corriente (A) | Potencia (W) | Velocidad viento(m/s) | Potencia Teórica(W) | Eficiencia Global(%) | Resistencia ( $\Omega$ ) |
|--------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| 1      | 1500      | 1158        | 11.24       | 0.287         | 3.22         | 15.28                 | 96.6                | 3.3                  | 39.1                     |
| 2      | 1000      | 714         | 7.00        | 0.152         | 1.06         | 10.12                 | 28.1                | 3.8                  | 46.1                     |
| 3      | 1200      | 822         | 8.02        | 0.180         | 1.44         | 12.18                 | 49.0                | 2.9                  | 44.6                     |
| 4      | 1300      | 960         | 9.63        | 0.205         | 1.97         | 13.22                 | 62.5                | 3.2                  | 47.0                     |
| 5      | 1600      | 1284        | 12.03       | 0.324         | 3.90         | 16.31                 | 117.5               | 3.3                  | 37.1                     |
| 6      | 1700      | 1356        | 12.13       | 0.389         | 4.72         | 17.34                 | 141.3               | 3.3                  | 31.2                     |
| 7      | 1770      | 1614        | 16.01       | 0.347         | 5.55         | 18.07                 | 159.7               | 3.5                  | 46.1                     |
| 8      | 1400      | 1038        | 10.18       | 0.251         | 2.56         | 14.25                 | 78.3                | 3.3                  | 40.6                     |
| 9      | 1100      | 702         | 7.00        | 0.151         | 1.06         | 11.15                 | 37.5                | 2.8                  | 46.4                     |

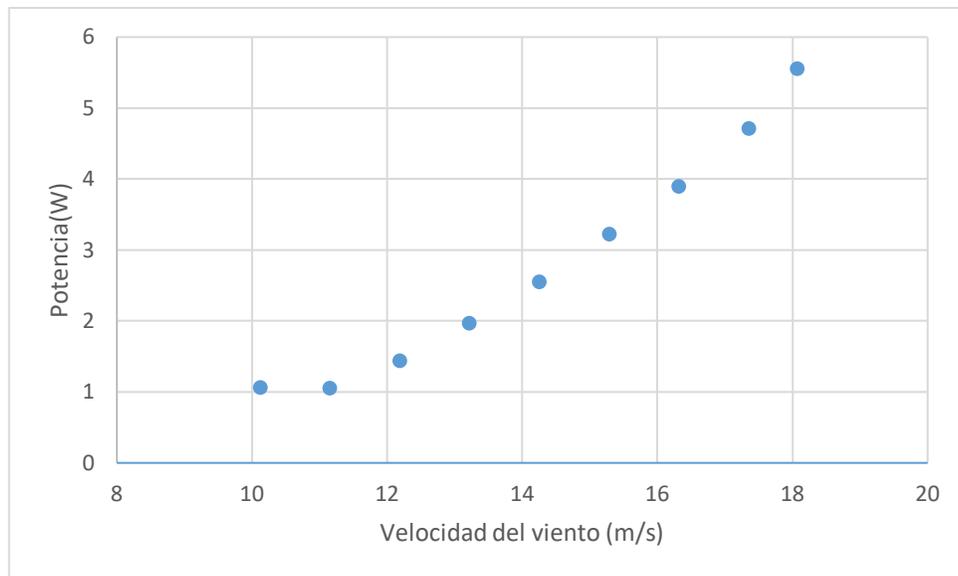


Figura 6. Datos tomados en la tarde.

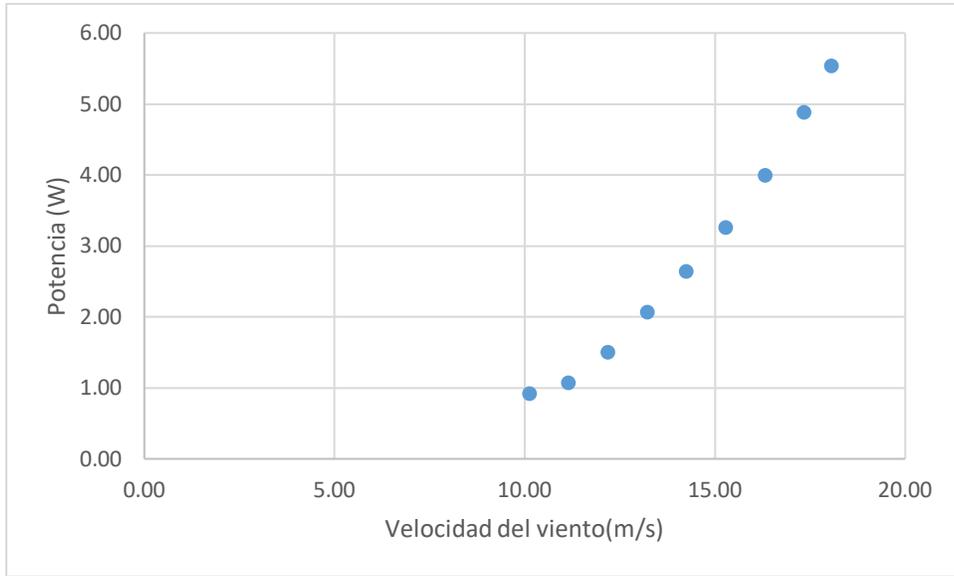


Figura 7. Datos promedios de mañana y tarde