



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables

Taller de Energía Eólica

**Alumnos:** Mariel Álvarez C., Alejandro CostaMailler T., Diego Demangel M., Valeska Sepúlveda Q., Kevin Vazquez K., Víctor Vidal B.

**Profesor Responsable:** Cristian Mattar B.

**Ayudante Alumno:** Francisco Lang T.

## **ANEMOMETRO MANUAL**

### **Introducción**

Para la realización de variados estudios ligados a variables biofísicas, es necesario conocer tanto las características de la zona de interés como la cuantificación de las variables que se encuentran ligadas a la zona.

El viento es una variable biofísica que es necesaria para múltiples aplicaciones medioambientales, en donde se pueden destacar: la medición de parámetros radiativos de una superficie determinada, la determinación del potencial eólico, la cuantificación de la magnitud del viento para pronósticos y estudios meteorológicos, entre algunas.

La magnitud y dirección del viento es posible medirla con instrumentos llamados anemómetros, los cuales pueden ser de copelas (cazoletas) o sónicos. Estos instrumentos pueden disponerse en modalidad manual o portátil, o empotrados en una estación meteorológica. Estos instrumentos son de elevado costo y no permiten su uso masivo, lo que implica que la disponibilidad y distribución espacial de datos de viento en nuestro país sea escasa y no representativa en muchos casos.

Para nuestro diseño de anemómetro manual, se consideró la construcción de un anemómetro fácilmente replicable y a bajo costo, con lo cual se permita la fácil reproducción de este instrumento tanto para fines profesionales, investigativos y docentes.

### **Materiales**

- Tres cucharones con una forma semicircular.
- Tubo de PVC (cloruro de polivinilo).
- Ventilador de una fuente de poder de Computador.
- 3 tornillos.
- Velocímetro, Odómetro de bicicleta.
- Un pequeño imán.



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables

Taller de Energía Eólica

- Tapagorro de PVC.
- Dos coplas de PVC

### **Construcción:**

Como pilar y base estructural se usa un tubo de PVC. Además del tapagorro y la copla, que permite unir el extremo superior del tubo de PVC con la base del ventilador de la fuente de poder.



**Figura 1.** Pilar, tapagorro, copla y cucharón que fue transformado en copela

La fuente de poder constituye el rotor del anemómetro, en el cual se encaja la segunda copla que permite unir la parte superior del ventilador de la fuente de poder y rotor del anemómetro a los tres cucharones, que serán las cazoletas semiesféricas. Para construir las cazoletas se deben cortar la parte semiesférica de los cucharones. Luego se deben atornillar las piezas a la copla que se encuentra unida a la parte superior de la fuente de poder.



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables  
Taller de Energía Eólica



*Figura 2.* Copla ensamblada, con motor de fuente de poder como rotor.

Dependiendo de la naturaleza del objeto utilizado como cazoleta, deben realizarse ciertos ajustes o terminaciones para lograr una mayor sensibilidad del rotor ante las distintas velocidades del viento. En el caso de este rotor, se ha limado una parte de las cazoletas, como se aprecia en la **Figura 2**.

Una vez fijadas las cazoletas al rotor, se debe instalar el velocímetro que permitirá estimar la velocidad del viento mediante el número de revoluciones del rotor por unidad de tiempo.



*Figura 3.* Odómetro de bicicleta



*Figura 4.* Resorte





**UNIVERSIDAD DE CHILE**

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables

Taller de Energía Eólica

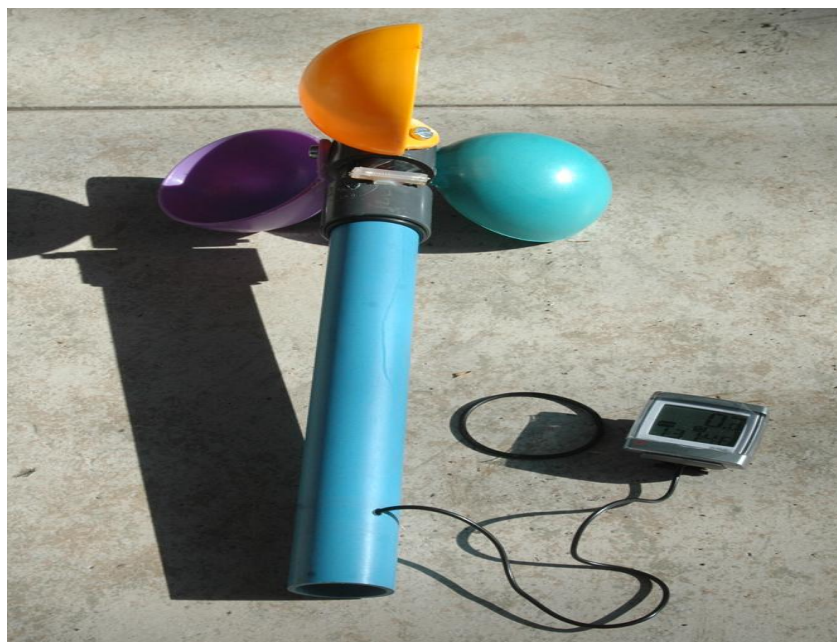
Para que el velocímetro pueda registrar el número de revoluciones por unidad de tiempo se ha fijado una pieza del velocímetro, formada por un pequeño resorte, a la copla unida a la parte superior del tubo de PVC, como se puede apreciar en la **Figura 4**.

El pequeño imán se ha fijado a la parte superior del rotor (parte superior del ventilador de la fuente de poder). De esta forma, por cada giro del rotor, el imán pasara cerca del resorte, produciéndose un movimiento del resorte que registra cada giro del imán fijado al rotor. Este registro es transmitido por los cables conectados al velocímetro y el resorte fijado a la copla unida a la parte superior del tubo de PVC. Estos cables pasan por el interior del tubo de PVC hasta la base del mismo donde se ubica el velocímetro que indica la velocidad del viento.



**Figura 5.** Secuencia de giro

La secuencia de la **Figura 5** ilustra el movimiento generado en el resorte por el giro del rotor y el imán que pasa sobre el resorte.



**Figura 6.** Anemómetro finalmente construido



En la **Figura 6** se muestra el anemómetro finalmente construido

### **Calibración**

La calibración, es la etapa final y esencial del proceso, y que permitirá poder hacer uso del anemómetro.

#### ***\*Metodología:***

La calibración consiste en poner a prueba el anemómetro a diferentes velocidades de viento conocidas, y así obtener la correlación que representan estas velocidades en comparación con las obtenidas y medidas por el anemómetro.

Para tal efecto se uso un túnel de viento facilitado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile

A continuación se describen los pasos realizados junto con los resultados obtenidos.

#### ***Paso 1.***

En primera instancia, se midieron y registraron las velocidades del viento percibidas por el anemómetro de referencia del túnel de viento a diferentes intervalos de frecuencia Mhz.

**Tabla 1.** Valores de velocidad del viento, medidos por el anemómetro de referencia, según distintos intervalos de frecuencia entregados.

Frecuencia en Mhz	Anemómetro de referencia Túnel de Viento (m/s)
5	1,55
10	3,1
15	4,8
20	6,3
25	8
30	9,5
35	11
40	12,5

Solamente se llego a una velocidad equivalente de 12,5 m/s, ya que el equipo no se encontraba en condiciones de entregar más, y siendo Santiago el lugar final de instalación, y no existiendo por lo general velocidades sobre ese nivel, se consideró aceptable para la futura calibración.



**Paso 2.**

Luego se procedió a desmontar el anemómetro original del tubo, para poner en su lugar y en la misma posición al anemómetro de fabricación casera como lo muestra la **Figura 7 y 8.**



**Figura 7.** Vista frontal del anemómetro casero en el túnel de viento



**Figura 8.** Vista lateral del anemómetro casero en el túnel de viento.

Se comprobó la firmeza del anemómetro en el tubo sostenedor para proseguir con el paso siguiente.

**Paso 3.**

Ya instalado, se registraron los valores entregados por el odómetro de nuestro anemómetro, a los distintos intervalos de frecuencias. Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 2.** Valores, medidos por el odómetro del anemómetro casero, según distintos intervalos de frecuencia entregados.

Frecuencia en Mhz	Odómetro del anemómetro casero (Km/hrs)
10	35,5
15	47,5
20	50
25	60
30	73



## UNIVERSIDAD DE CHILE

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables

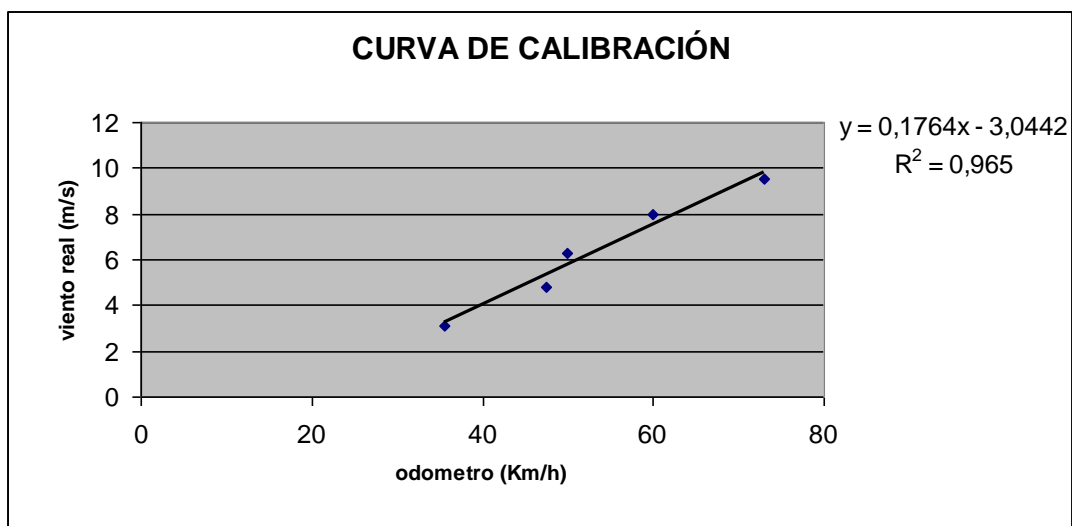
Taller de Energía Eólica

A diferencia de el anemómetro de referencia, nuestro anemómetro casero solo empezó a moverse al aplicar una potencia de 10 Mhz, lo cual nos indica que posee un par de arranque mayor, además solo se llevo a probar a potencias de 30 Mhz ya que después, el odómetro arrojó resultados ilógicos, debido a que posee un límite de velocidad de medición

Finalmente se realizó una correlación lineal entre estos valores generándose una curva de calibración y su gráfico correspondiente, con la cual se podrá estimar en terreno la velocidad real del viento:

**Tabla 3.** Resumen de los datos, desde la velocidad de arranque hasta la velocidad limite de confiabilidad de lectura del odómetro.

Frecuencia en Mhz	Odómetro del anemómetro (km/h)	Túnel de Viento (m/s)
10	35,5	3,1
15	47,5	4,8
20	50	6,3
25	60	8
30	73	9,5



**Figura 9.** Gráfico de la curva de calibración del anemómetro

### Agradecimientos:

Nuestros sinceros agradecimientos al profesor Rodrigo Palma del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile y a don Leonardo Stari, el cual tuvo la gentileza de ayudar y colaborar en el manejo e instalación del Túnel de Viento.