



# Ondeando Banderas

## *Avances 1*

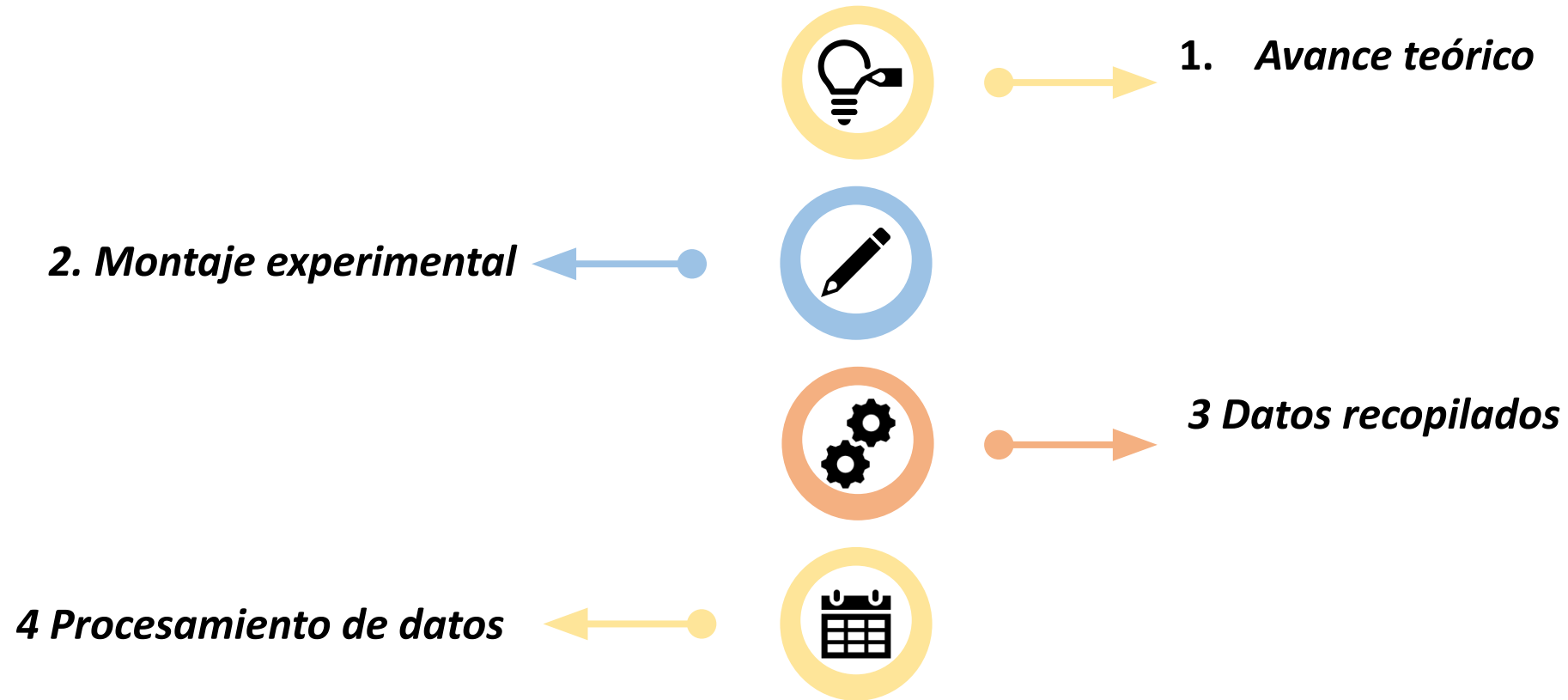
**Carvajal-Guerrero, M. F.**

**Guarín-Rojas, J. A.**

**Montaño-Villa, L. M.**

*Escuela de Física, Facultad de ciencias  
Universidad Industrial de Santander, Colombia*

18 de octubre de 2023





## Modelo teórico

### Ecuaciones diferenciales

Manela A. - On the sound produced by a flapping flag.

Considerado para deformaciones pequeñas.

Tiene en cuenta:

- movimiento bidimensional
- número de Reynolds  $\gg 1$ .

NO tiene en cuenta:

- el efecto de la gravedad
- el arrastre de la fricción.

Tiene solución exacta

$$-\omega^2 \zeta + \zeta'''' - \frac{\alpha^2}{\mu} \Delta \Pi = 0$$

### Resortes

Modelo desarrollado por el equipo IPT  
2023

Considerado para varios tipos de deformación

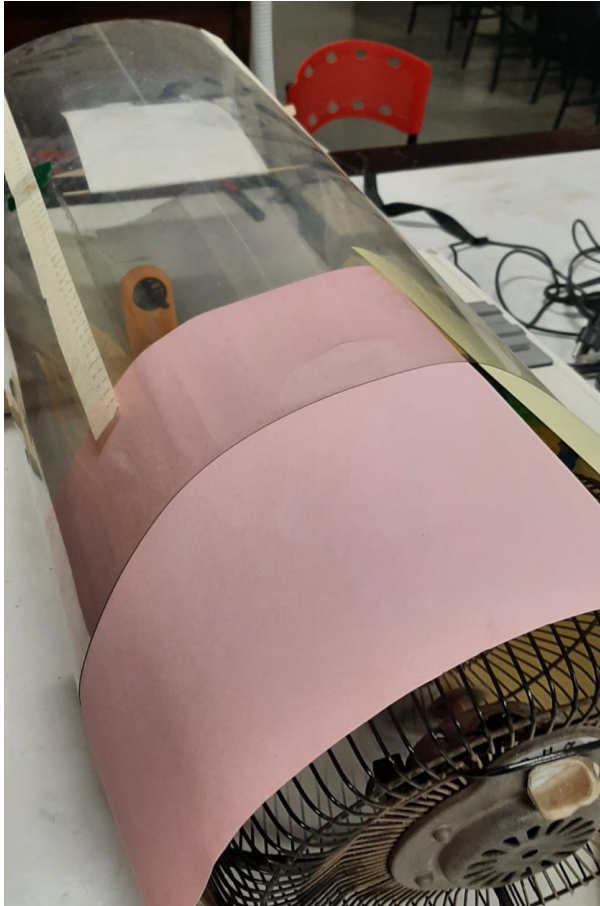
Modela la bandera como una serie de resortes de igual masa y constante de restitución.

Tiene en cuenta:

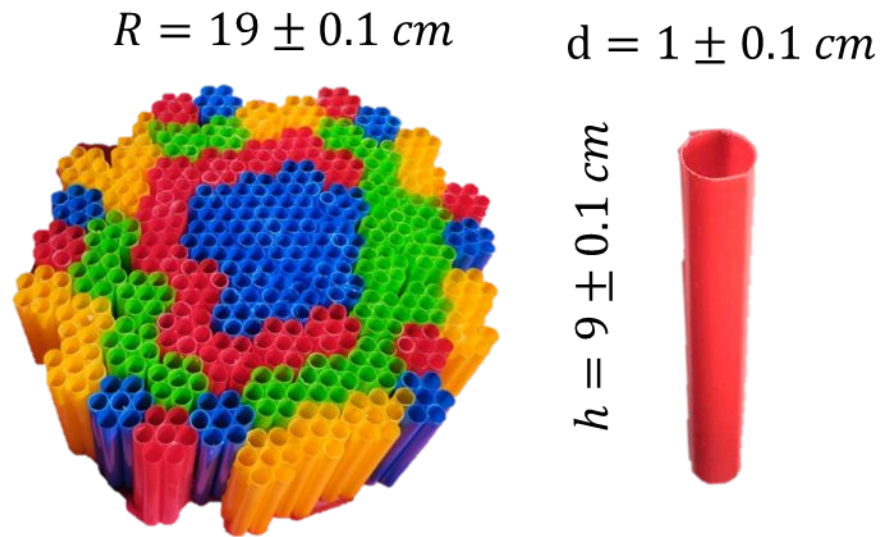
- fricción
- gravedad.

Solo cuenta con solución numérica.

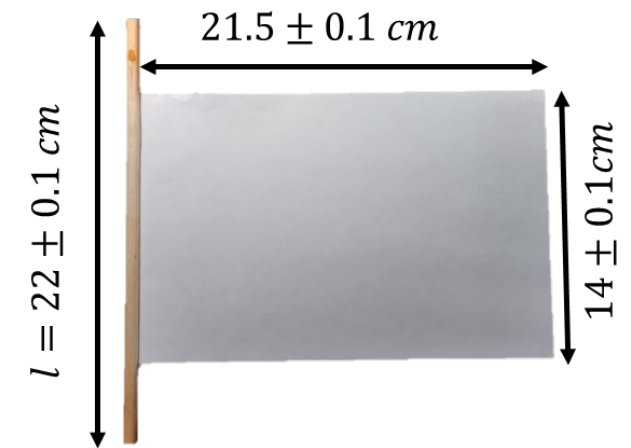
$$a_x^{(i)} = \frac{k}{m_i} (x_{i+1} + x_{i-1} - 2x_i) + \left( \frac{1}{m_i} \right) F_r \sin^2(\alpha) - g$$
$$a_y^{(i)} = \frac{k}{m_i} (y_{i+1} + y_{i-1} - 2y_i) - \left( \frac{1}{m_i} \right) F_r \sin(\alpha) \cos(\alpha) - g$$



*Fig. 1. Tubo de viento en acetato  
Ventilador con tres cambios  
Anemómetro digital*



*Fig. 2. Panel de tubos de plástico*



*Fig. 3. Bandera de papel  
bond y palo de balsa*

# Montaje experimental

V2- Yebrahil T  $\rightarrow$  Velocidad Medium  
Ventilador tapado

☒ Audio ventilador solo (45 seg)

☐ Audio bandera

$\rightarrow$  ☒ (a) arriba + ☒ video

☒ (a) abajo + ☒ video

☒ (b) arriba + ☒ video

☐ (b) abajo + ☐ video

Distancia a la malla:  $30 \pm 1$  cm

Velocidades

1.8 m/s

1.9 m/s

1.9 m/s

1.9 m/s

1.8 m/s

1.9 m/s

Temperaturas

29.2 °C

29.2 °C

29.2 °C

29.2 °C

29.2 °C

29.2 °C

Prom:

1.86 m/s

Prom T:

29.2 °C





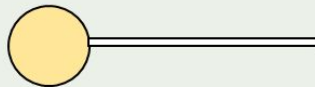




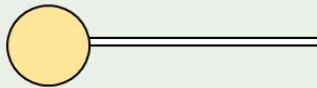
# Montaje experimental





Se recopilan 45 grabaciones para las bandera en diferentes configuraciones de unión al asta (empotrado/enrollado), así como de ubicación del asta (fuerte influencia gravitacional/baja influencia gravitacional) para las velocidades obtenidas.



	Enrollada		Empotrada	
	<i>Vista lateral</i>	<i>Vista superior</i>	<i>Vista lateral</i>	<i>Vista superior</i>
Fuerte influencia gravitacional				
Débil influencia gravitacional	<i>Vista lateral</i>	<i>Vista superior</i>	<i>Vista lateral</i>	<i>Vista superior</i>
				



Se realiza la carga de los audios usando la librería *Librosa* en Python y se toman muestras de 5 segundos para ser analizadas.

En esta primera parte se realiza la eliminación del ruido mediante la resta de amplitudes entre el audio del sonido producido por el ventilador únicamente y el audio del ondeo de la bandera más el ruido del ventilador.

