

**75.12 / 95.04 ANÁLISIS NUMÉRICO I**  
**95.13 MÉTODOS MATEMÁTICOS Y NUMÉRICOS**  
**CB051 MODELACIÓN NUMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**TRABAJO PRÁCTICO**  
*2° Cuatrimestre 2025*

**Análisis cinemático y dinámico de un salto Bungee Jumping**

**OBJETIVOS**

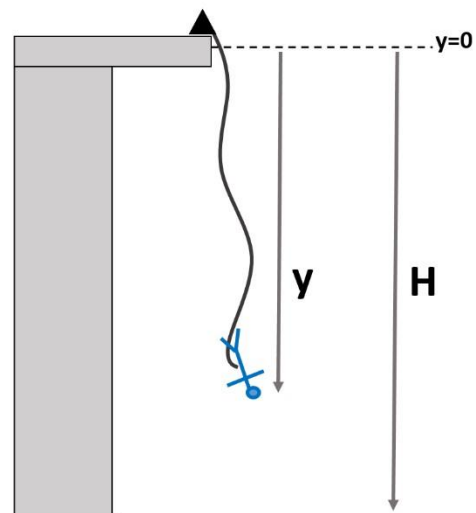
- Experimentar el uso de métodos iterativos para la resolución de ecuaciones no lineales y verificar resultados teóricos por métodos analíticos.
- Experimentar la simulación de distintos escenarios con los algoritmos desarrollados.

**PLANTEO DEL PROBLEMA**

Una persona de masa  $m$  realiza un salto *Bungee Jumping* desde una altura  $H$ . La cuerda utilizada reacciona con la siguiente ley constitutiva al ser sometida a un esfuerzo de tracción:

$$F_{ELÁSTICA} = k_1 \times \text{estiramiento}^{k_2}$$

Donde  $k_1$  y  $k_2$  son constantes positivas. La longitud natural de la cuerda tiene valor  $L_0$ . Considerar el salto sin velocidad inicial y suponer que la trayectoria realizada tiene exclusivamente dirección vertical. Tampoco considerar el rozamiento con el aire en los primeros 6 ítems.



**DESARROLLO DEL PRÁCTICO**

- 1) Expresar la fuerza elástica como función de la coordenada vertical “ $y$ ” (tener en cuenta que la cuerda no tiene resistencia a la compresión). Plantear la ecuación de movimiento correspondiente.
- 2) Considerando  $k_2=1$ , encontrar la solución analítica de la posición en función del tiempo aplicando la Transformada de Laplace. Encontrar el punto más bajo de la trayectoria.
- 3) Resolver el problema del ítem 2) por el *Método de Euler*. Encontrar el paso  $h$  necesario para que el error en el punto más bajo sea del 0.1%. Comprobar experimentalmente el orden del método.
- 4) Resolver el problema del ítem 2) por el *Método de Runge Kutta de orden 4*. Encontrar el paso  $h$  necesario para que el error en el punto más bajo sea del 0.1%. Comprobar experimentalmente el orden del método.

- 5) Graficar la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para 4 caídas sucesivas según cada método aplicado en los ítems 2), 3) y 4). Utilizar unidades de [m], [km/h] y [g], respectivamente. En cada gráfico superponer los resultados de cada método. Obtener conclusiones.
- 6) Dimensionar los parámetros de la cuerda  $k_1$  y  $k_2$  para que el recorrido en la primera caída supere el **90%** de  $H$  (y no supere el 100%), y a la vez, la aceleración en el punto más bajo **no** supere los **2.5g**. Discutir la dirección y el sentido del vector aceleración en dicho punto. Para este ítem, elija el método que considere más adecuado para la resolución.
- 7) Resolver nuevamente el ítem 6 pero incluyendo el efecto de la resistencia del aire bajo la siguiente ley:

$$F_{\text{VISCOsa}} = c_1 \times \text{velocidad\_relativa\_al\_aire}^{c_2}$$

Donde  $c_1$  y  $c_2$  son constantes positivas. Tener en cuenta que el valor de  $c_2$  puede afectar matemáticamente el sentido de la velocidad. Explicar cómo se soluciona este inconveniente. Considerar al aire en reposo. Comparar resultados con el ítem 6.

## DATOS

Considerar los siguientes datos. El valor NP deberá reemplazarse por el número de padrón de uno de los integrantes del grupo.

$$H = 150 \text{ m}$$

$$L0 = [ 0.1 / 10000 * (NP - 100000) + 0.25 ] * H$$

$$m = 40 \text{ kg} / 10000 * (NP - 100000) + 50 \text{ kg}$$

$$k1 = 10 / 10000 * (NP - 100000) + 40$$

$$c1 = 2 / 10000 * (NP - 100000) + 3$$

$$c2 = 1.5$$

## CONCLUSIONES

Presente sus conclusiones del trabajo práctico. En particular, comente sobre:

- La relación problema real - problema matemático - problema numérico;
- Utilidad de los métodos numéricos para simular escenarios.