

**Autores:**

- Ph.D. Luis Buitrón
- MSc. Elsa Arequipa
- Lic. Claudia Tonato
- Lic. Jorge Guachamín

**TEMA: ELASTICIDAD. SISTEMA DE RESORTES EN SERIE.**

**OBJETIVOS**

1. Determinar experimentalmente la constante elástica (constante equivalente) de un sistema de dos y tres resortes asociados en serie.
2. Deducir la constante equivalente para sistemas de  $n$  resortes asociados en serie.

**EQUIPO DE EXPERIMENTACIÓN**

1. Tres resortes helicoidales:  
 $k_1 = 20,12 \text{ N/m}$   
 a.  $k_2 = 20,12 \text{ N/m}$   
 b.  $k_3 = 18,48 \text{ N/m}$
2. Porta masas
3. Juego de masas calibradas
4. Regla A= 0,001 m
5. Material de soporte



**FUNDAMENTO CONCEPTUAL**

- Ley de Hooke
- Definición y características de la fuerza recuperadora.
- Módulo de elasticidad, límite de elasticidad y sistema elástico.

### PROCEDIMIENTO

Condiciones iniciales:

1. Armar el equipo de conformidad con la Figura 1.
2. Determinar la constante elástica de cada resorte. Se sugiere seguir el procedimiento de la práctica Ley de Hooke.

Para dos resortes:

3. Suspender dos resortes de constante elástica  $k$  conocida en serie, suspender al final el portamasas de 50 g.
4. Determinar la posición inicial  $y_0$  y registrar el valor en la Tabla 1 (Condiciones de partida).
5. Colocar en el portamasas, una masa de 50 g y luego, añadir masas de 50 g en 50 g hasta llegar a 300 g. Registrar para cada masa añadida la longitud final ( $y_f$ ) del portamasas en la Tabla 1. (Proceso de carga).
6. Retirar de 50 g en 50 g las masas ( $m$ ) añadidas en el portamasas hasta llegar a la posición inicial ( $y_0$ ). En cada descarga, registrar la longitud ( $y_f$ ) del extremo inferior del portamasas en la Tabla 1. (Proceso de descarga).
7. Obtener para el proceso de carga y de descarga, el valor promedio de la constante ( $k$ ).

Para tres resortes:

8. Asociar en serie tres resortes de constante elástica  $k$  conocida y repetir los pasos 3, 4, 5, 6 y 7.

### REGISTRO DE DATOS

Tabla 1:

Asociación de dos resortes en serie  $y_0 = 0,67 \text{ m}$

| m        |       | F    | $y_f$  | $\Delta y = y_f - y_0$ | $k = \frac{F}{\Delta y}$ |
|----------|-------|------|--------|------------------------|--------------------------|
| (kg)     |       | (N)  | (m)    | (m)                    | (N/m)                    |
| CARGA    | 0,050 | 0,49 | 0,714  | 0,044                  | 10,89                    |
|          | 0,100 | 0,98 | 0,764  | 0,094                  | 10,10                    |
|          | 0,150 | 1,47 | 0,81,8 | 0,148                  | 9,80                     |
|          | 0,200 | 1,96 | 0,870  | 0,200                  | 9,80                     |
|          | 0,250 | 2,45 | 0,920  | 0,250                  | 9,65                     |
|          | 0,300 | 2,94 | 0,974  | 0,304                  | 9,67                     |
| DESCARGA | 0,300 | 2,94 | 0,974  | 0,304                  | 9,67                     |
|          | 0,250 | 2,45 | 0,920  | 0,250                  | 9,65                     |
|          | 0,200 | 1,96 | 0,870  | 0,200                  | 9,80                     |
|          | 0,150 | 1,47 | 0,81,8 | 0,148                  | 9,80                     |
|          | 0,100 | 0,98 | 0,764  | 0,094                  | 10,10                    |
|          | 0,050 | 0,49 | 0,714  | 0,044                  | 10,89                    |

| Carga<br>$\bar{k} = 10,11 \text{ N/m}$           |       | Descarga<br>$\bar{k} = 10,11 \text{ N/m}$ |       | $\bar{k} = 10,11 \text{ N/m}$ |                          |
|--------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------|--------------------------|
| Tabla 2:<br>Asociación de tres resortes en serie |       |                                           |       |                               |                          |
|                                                  |       | $y_o = 0,53 \text{ ( m )}$                |       |                               |                          |
| m                                                |       | F                                         | $y_f$ | $\Delta y = y_f - y_o$        | $k = \frac{F}{\Delta y}$ |
| ( kg )                                           |       | ( N )                                     | (m)   | (m)                           | (N/m)                    |
| CARGA                                            | 0,050 | 0,49                                      | 0,606 | 0,076                         | 6,45                     |
|                                                  | 0,100 | 0,98                                      | 0,684 | 0,154                         | 6,36                     |
|                                                  | 0,150 | 1,47                                      | 0,762 | 0,232                         | 6,34                     |
|                                                  | 0,200 | 1,96                                      | 0,840 | 0,310                         | 6,32                     |
|                                                  | 0,050 | 0,49                                      | 0,917 | 0,387                         | 6,33                     |
|                                                  | 0,050 | 0,49                                      | 0,917 | 0,387                         | 6,33                     |
| DESCARGA                                         | 0,250 | 2,45                                      | 0,606 | 0,076                         | 6,45                     |
|                                                  | 0,200 | 1,96                                      | 0,684 | 0,154                         | 6,36                     |
|                                                  | 0,150 | 1,47                                      | 0,762 | 0,232                         | 6,34                     |
|                                                  | 0,100 | 0,98                                      | 0,840 | 0,310                         | 6,32                     |
|                                                  | 0,050 | 0,49                                      | 0,917 | 0,387                         | 6,33                     |
| Carga<br>$\bar{k} = 6,36 \text{ N/m}$            |       | Descarga<br>$\bar{k} = 6,36 \text{ N/m}$  |       | $\bar{k} = 6,36 \text{ N/m}$  |                          |

### CUESTIONARIO

1. Compare la constante  $k$  de uno de los resortes con  $\bar{k}$  de Tabla 1. (Dos resortes en serie). ¿Qué relación existe entre las constantes obtenidas?

Al comparar los valores obtenido de la constante elástica  $\bar{k}$ , obtenemos que es aproximadamente la mitad de  $k$ .

2. Compare la constante  $k$  de uno de los resortes con  $\bar{k}$  de tabla 2. (Tres resortes en serie). ¿Qué relación existe entre las constantes obtenidas?

Al comparar los valores obtenidos de la constante  $\bar{k}$ , notamos que su valor es aproximadamente la tercera parte de  $k$ .

3. ¿Qué conclusión puede establecer luego de conocer la relación entre las constantes obtenidas en la Tabla 1 y Tabla 2?

Generalizando, se concluye que la constante equivalente se reduce  $n$  veces de acuerdo con el número de resortes asociados.

4. Deducir el valor de  $\bar{k}$  para un sistema de dos y tres resortes en serie.

Teniendo:

$$(1) \quad F_1 = -k_1 \cdot \Delta x_1 \qquad (2) \quad F_2 = -k_2 \cdot \Delta x_2$$

Despejando la deformación:

$$\Delta x_1 = \frac{F_1}{k_1} \qquad \Delta x_2 = \frac{F_2}{k_2}$$

Concluimos que:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

Considerando que ambos resortes están sometidos a la misma fuerza  $F_1 = F_2 = F$ , se tiene que:

$$F = -k\Delta x \quad \text{donde } k \text{ es:}$$

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Reemplazando  $\Delta x$ , tenemos:

$$k = \frac{F}{\Delta x_1 + \Delta x_2}$$

$$k = \frac{F}{\frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2}}$$

$$k = \frac{F'}{\frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2}}$$

$$k = \frac{F}{\frac{F_1 k_2 + F_2 k_1}{k_1 k_2}}$$

$$k = \frac{F k_1 k_2}{F(k_1 + k_2)}$$

$$k = \frac{k_1 k_2}{(k_1 + k_2)}$$

Por lo tanto, la constante de un sistema de 2 resortes en serie será:

$$k_{eq} = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$$

Entonces:

$$k_{eq} = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$$

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}$$

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{k_1}{k_1 k_2} + \frac{k_2}{k_1 k_2}$$
$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Análogamente para 3 resortes.

5. Establezca si en los resortes se ha producido o no una deformación permanente.  
Argumente su respuesta.  
No se ha producido una deformación permanente porque no se ha excedido el límite elástico de los resortes.

### CONCLUSIONES

La constante elástica para un sistema de resortes asociados en serie es:

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$$