Laboratorio 1

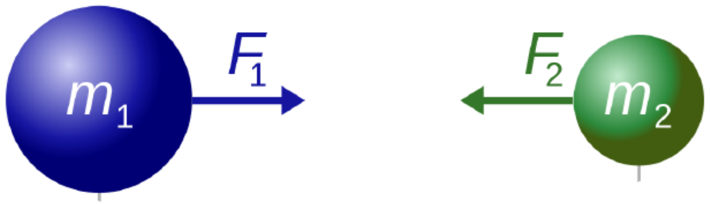
Turno D

Clase 11
Leyes de Conservación
Colisiones

(24/06/2023)

Leyes de Conservación

- ✓ Analizar las leyes de conservación de energía y impulso (momento).
- ✓ Estudiar distintas condiciones de interacción en entre cuerpos.
- ✓ En el caso de dos cuerpos :



MASA: Concepto asociado a cada uno de los cuerpos

FUERZA: Concepto asociado a la interacción

Leyes de Conservación

- ✓ Si un sistema no interactúa con su entorno de ninguna manera, entonces ciertas propiedades mecánicas del sistema no pueden cambiar (se "conservan").
- ✓ Las leyes de conservación resultantes pueden considerarse los principios más fundamentales de la mecánica.
- ✓ En mecánica, ejemplos de cantidades conservadas son la energía, el momento y el momento angular.
- ✓ Las leyes de conservación son exactas para un sistema aislado.

Teoremas de Conservación

- ✓ Vinculan los valores de las variables dinámicas en el estado inicial antes de la interacción con los del estado final una vez finalizada la interacción.
- ✓ Quedan fijados por las condiciones iniciales del sistema.
- ✓ Para cada Teorema de Conservación se define una nueva variable :

Teorema de conservación de la cantidad de movimiento

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

Teorema de conservación de la energía mecánica

$$E = K + U$$

Teorema de conservación del impulso angular

$$\vec{L} = \vec{r} x \vec{P}$$

Teorema de conservación del impulso lineal

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

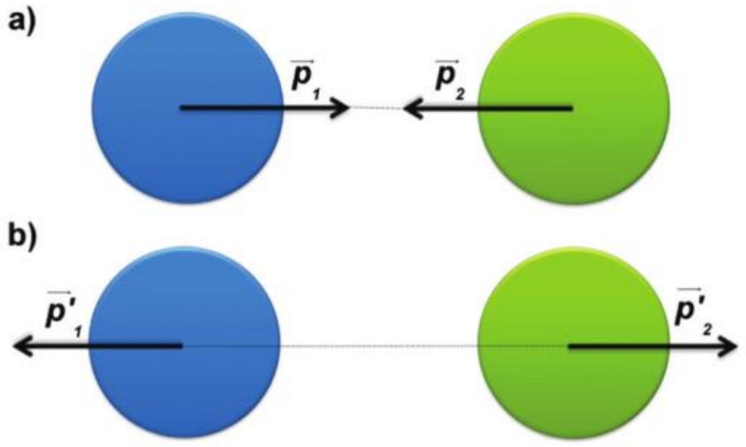
Cantidad de movimiento de una partícula de masa m y velocidad v

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \Longrightarrow \Delta P = P_f - P_i = \int_{t_i}^{t_f} F dt$$

En ausencia de fuerza externas $\vec{F} = 0 \rightarrow \vec{P} = \mathrm{cte}$

En el caso de dos cuerpos que chocan



$$\vec{P} = cte = \vec{P_1^0} + \vec{P_2^0} = \vec{P_1} + \vec{P_2} \Longrightarrow m_1\vec{v_1^0} + m_2\vec{v_2^0} = m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2}$$

$$m_1\left(\vec{v_1} - \vec{v_1^0}\right) + m_2\left(\vec{v_2} - \vec{v_2^0}\right) = 0$$

Si el movimiento es 1-D (considerando el modulo de las velocidades)

$$\boxed{m_1(v_1 - v_1^0) = -m_2(v_2 - v_2^0)}$$

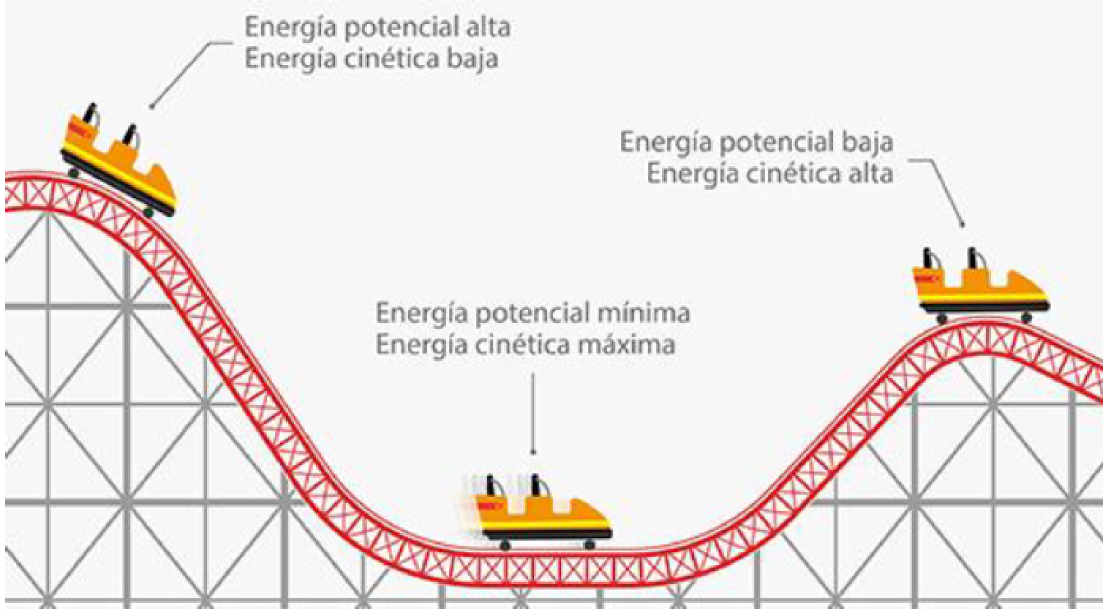
Conservación de la energía

Energía mecánica = Energía Cinética + Energía Potencial

E = K + U

Energía Cinética $K = \frac{1}{2}mv^2$

Energía Potencial $U = mgh$



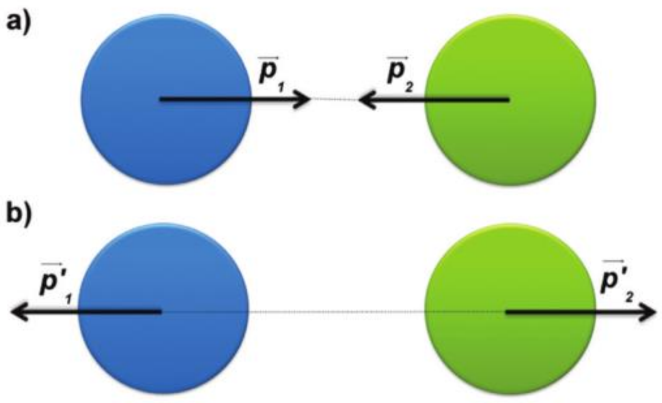
Energía mecánica:

Se conserva en un sistema aislado en el que no actúan fuerzas NO conservativas (Rozamiento)

La energía cinética estará vinculada a la energía potencial del mecanismo de interacción y el trabajo de fuerzas no conservativas:

$$\Delta K = W - \Delta U$$

Conservación de la energía



Si las fuerzas de interacción entre los cuerpos son **conservativas**, la energía cinética total **es la misma** antes y después de la colisión.

Colisión perfectamente elástica

inicial

$$\boxed{\frac{1}{2}m_1\left(v_1^0\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(v_2^0\right)^2}=\boxed{\frac{1}{2}m_1\left(v_1\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(v_2\right)^2}$$

final

$$m_1\left[\left(v_1^0\right)^2-\left(v_1\right)^2\right]=m_2\left[\left(v_2\right)^2-\left(v_2^0\right)^2\right]$$

La **Colisión perfectamente inelástica** se da cuando la velocidad final de ambos objetos se igualan , v1 = v2

$$m_1 v_1^0 + m_2 v_2^0 = (m_1+m_2)v_2$$

$$E_0=\frac{1}{2}m_1\left(v_1^0\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(v_2^0\right)^2$$

$$E_f=\frac{1}{2}m_1\left(v_2\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(v_2\right)^2=\frac{1}{2}\left(m_1+m_2\right){v_2}^2$$

Si el objeto 2 está inicialmente en reposo $v_2^0 = 0$

$$\frac{E_f}{E_0}=\frac{\left(m_1+m_2\right){v_2}^2}{m_1\left(v_1^0\right)^2}$$

$$\frac{E_f}{E_0}=\frac{m_1}{\left(m_1+m_2\right)}$$

< 1

La energía cinética total decrece en un choque inelástico

La energía cinética estará vinculada a la energía potencial del mecanismo de interacción y el trabajo de fuerzas no conservativas:

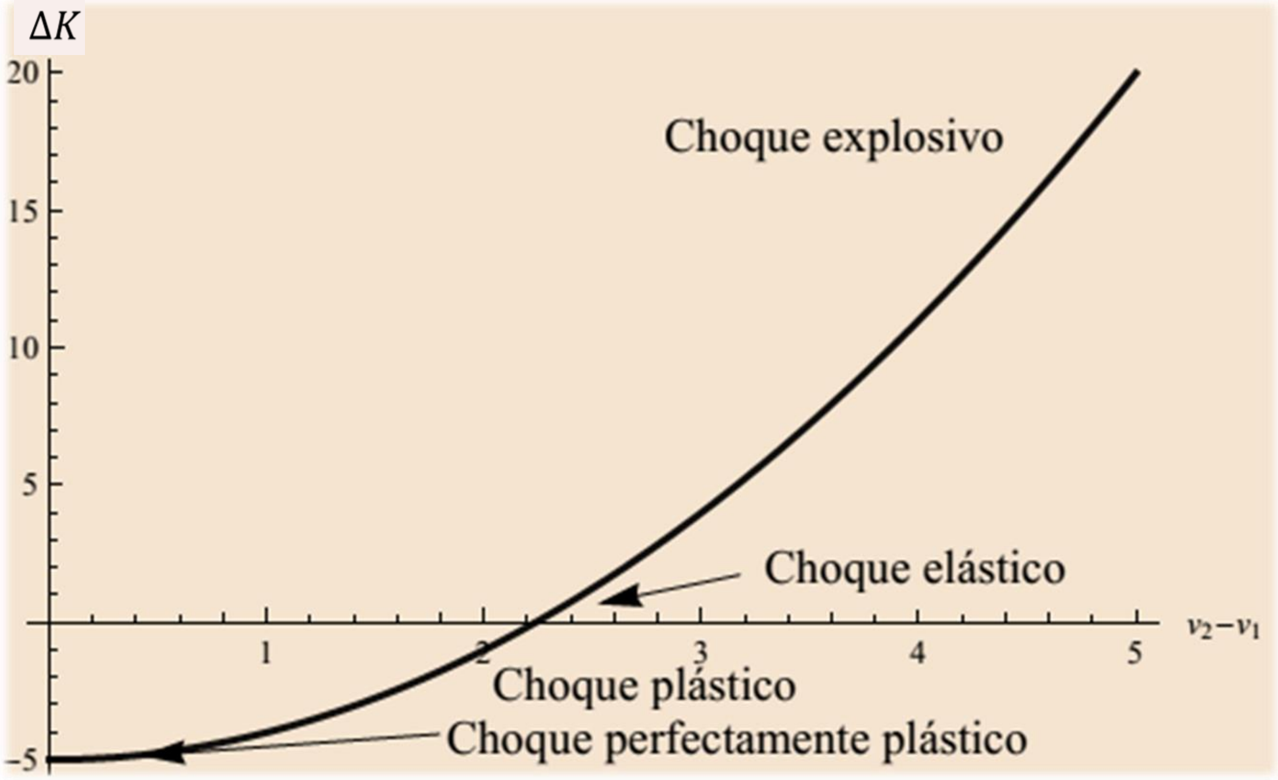
$$\Delta K = W - \Delta U$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m_1 \left({v_1}^2 - {v_1^0}^2 \right) + \frac{1}{2} m_2 ({v_2}^2 - {v_2^0}^2)$$

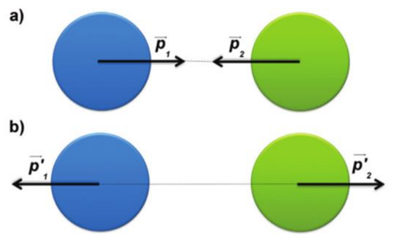
Por conservación de momento

$$m_1 v_1^0 + m_2 v_2^0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} [(v_2 - v_1)^2 - (v_2^0 - v_1^0)^2]$$



Nos van a interesar especialmente dos casos:



1. <u>Colisión elástica</u>:

Por conservación de energía cinética

$$m_1\left[\left(v_1^0\right)^2-\left(v_1\right)^2\right]=m_2\left[\left(v_2\right)^2-\left(v_2^0\right)^2\right]$$

Por conservación de momento

$$m_1(v_1 - v_1^0) = -m_2(v_2 - v_2^0)$$

$$m_1[(v_1^0 - v_1)(v_1^0 + v_1)] = -m_2[(v_2^0 - v_2)(v_2^0 + v_2)]$$

$$\cancel{m_1}[(v_1^0 \cancel{-} v_1)(v_1^0 + v_1)] = \cancel{m_1}[(v_1^0 \cancel{-} v_1)(v_2^0 + v_2)]$$

$$(v_2^0 + v_2) = (v_1^0 + v_1)$$

$$\boxed{v_2 - v_1 = -(v_2^0 - v_1^0)}$$

Solamente si se conservan el momento y la energía

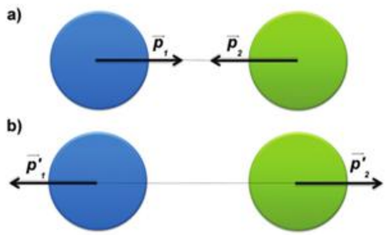
Se define el Coeficiente de restitución R

$$\boxed{R = -\frac{v_2 - v_1}{v_2^0 - v_1^0}}$$

$$R = 1$$

(Colisión elástica)

Colisión elástica



Por conservación del impulso lineal

$$m_1 v_1^0 + m_2 v_2^0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Por conservación de energía

$$v_2 - v_1 = -(v_2^0 - v_1^0)$$

$$v_1 = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} v_1^0 + 2\frac{m_2}{m_1 + m_2} v_2^0$$

$$v_2 = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2} v_2^0 + 2\frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1^0$$

Suponiendo que el móvil 2 está en reposo $\xrightarrow{v_2^0 = 0}$ $v_1 = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} v_1^0 \qquad v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1^0$

$m_2 > m_1$ — El móvil 1 invierte la marcha

$m_2 \gg m_1 \Rightarrow v_1 = -v_1^0 \;\; y \;\; v_2 = 0$ — El móvil 1 se refleja

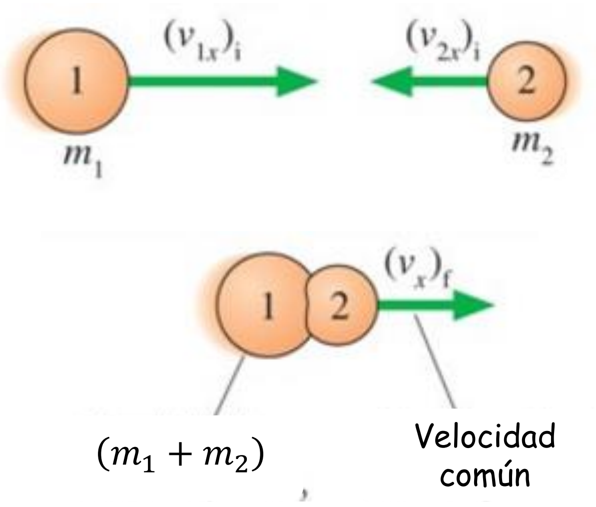
$m_1 \gg m_2 \Rightarrow v_1 = v_1^0 \;\; y \;\; v_2 = 2v_1^0$ — El móvil 2 sale disparado

$m_1 = m_2 \Rightarrow v_1 = 0 \;\; y \;\; v_2 = v_1^0$ — Los móviles intercambian sus movimientos

2. Colisión perfectamente plástica o inelástica:

Antes

Después



$$\Delta K_{pl} = K_f - K_i$$

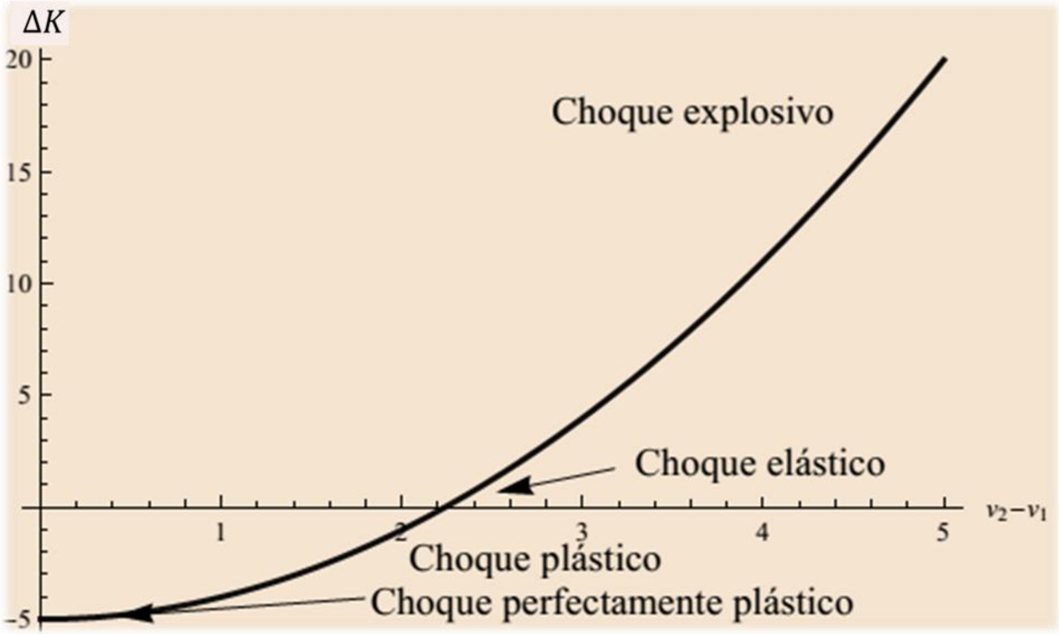
$$\Delta K_{pl} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_2^2 - \left\{\frac{1}{2}m_1(v_1^0)^2 + \frac{1}{2}m_2(v_2^0)^2\right\} \qquad (1)$$

$$m_1 v_1^0 + m_2 v_2^0 = (m_1 + m_2)v_2$$ Por conservación de momento

$$v_2 = \frac{m_1 v_1^0 + m_2 v_2^0}{m_1 + m_2}$$

Reemplazando en (1) y agrupando

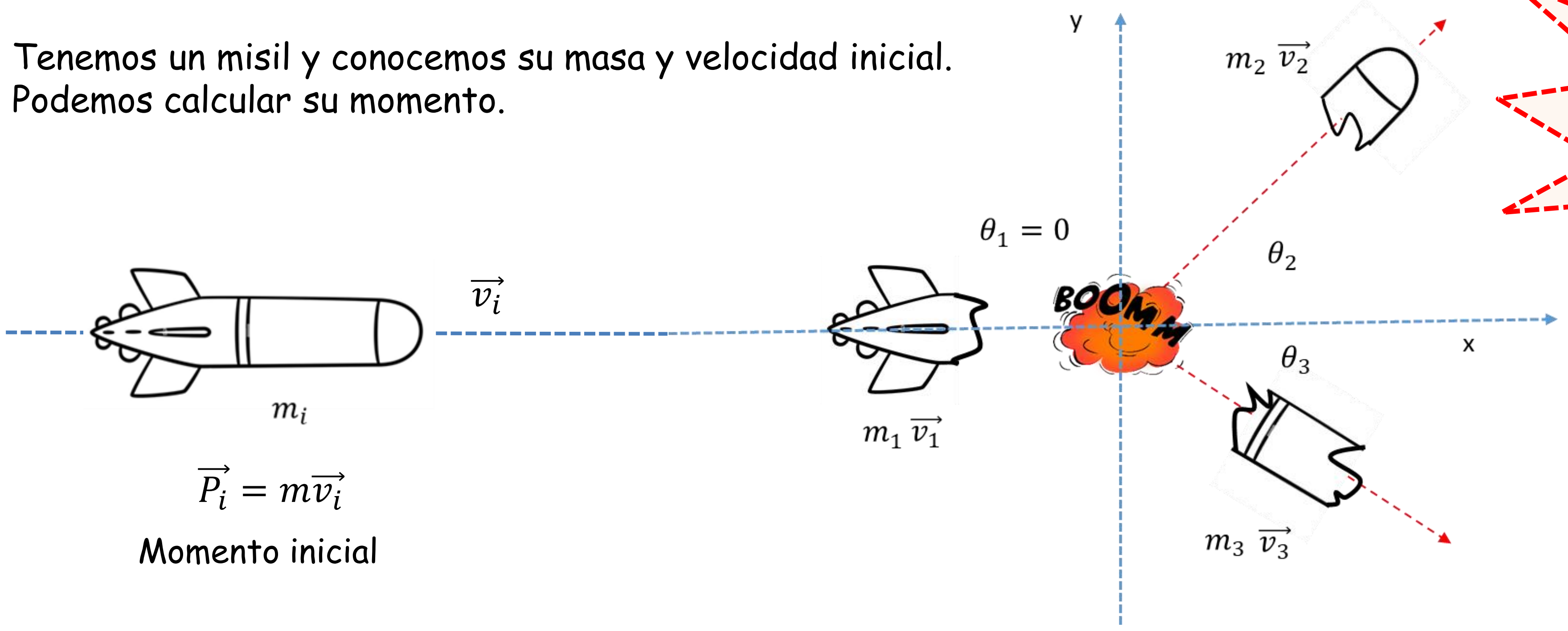
$$\boxed{\Delta K_{Pl} = -\frac{1}{2}\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}(v_2^0 - v_1^0)^2}$$



Caso general $\Delta K = \frac{1}{2}\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\left[(v_2 - v_1)^2 - (v_2^0 - v_1^0)^2\right]$

Conservación de momento - Explosión

Tenemos un misil y conocemos su masa y velocidad inicial.
Podemos calcular su momento.



En un instante, el misil explota en tres partes

$$\vec{P_i} = m\vec{v_i}$$

Momento inicial

$$\vec{P_f} = \sum_j m_j\vec{v_j}$$

Momento final

$$\vec{P_i} = m_i\vec{v_i} \begin{cases} P_{i,x} = m_i v_i \\ P_{i,y} = 0 \end{cases}$$

$$\vec{P_f} = m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2} + m_3\vec{v_3} \begin{cases} P_{f,x} = -m_1 v_1 + m_2 v_2 cos\theta_2 + m_3 v_2 cos\theta_3 \\ P_{f,y} = m_2 v_2 sen\theta_2 + m_3 v_2 sen\theta_3 \end{cases}$$

$$P_{i,x} = P_{f,x}$$

$$P_{i,y} = P_{f,y}$$

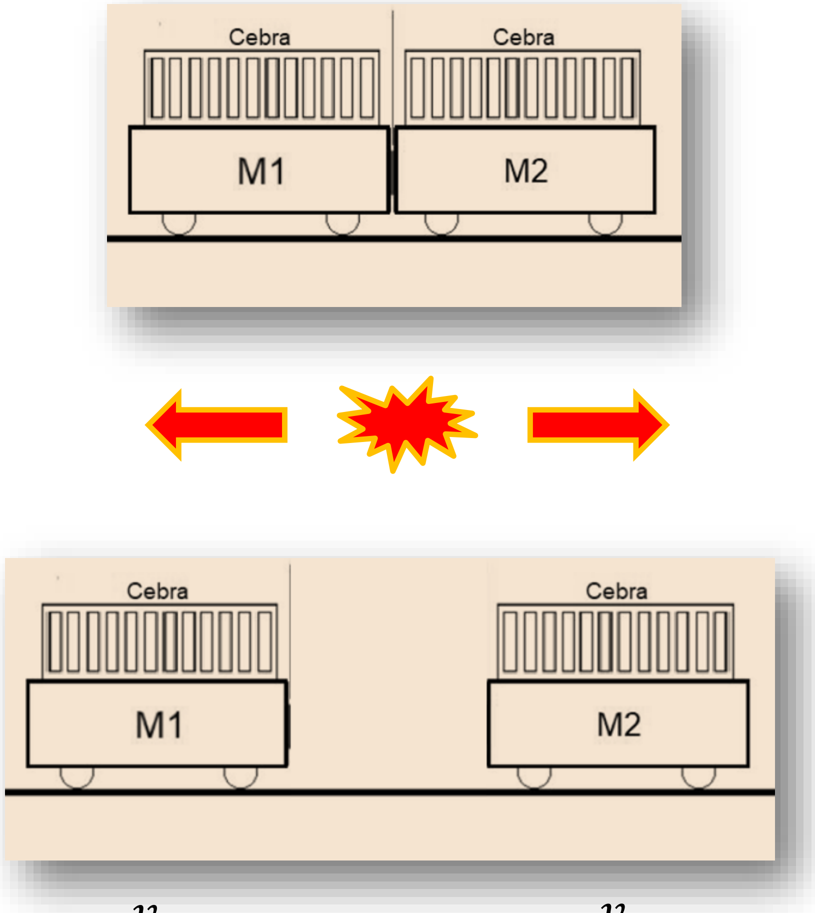
Consideremos una situación mas sencilla (1-D). Dos carros acoplados que están en reposo y se separan (por una explosión).

Antes de la explosión

$$P_{i,x} = (M_1 + M_2)v_i$$

$v_i = 0$

$$P_{i,x} = 0$$



x

Después de la explosión

$$P_{f,x} = -M_1 v_1 + M_2 v_2$$

v_1 v_2

Por conservación de momento lineal

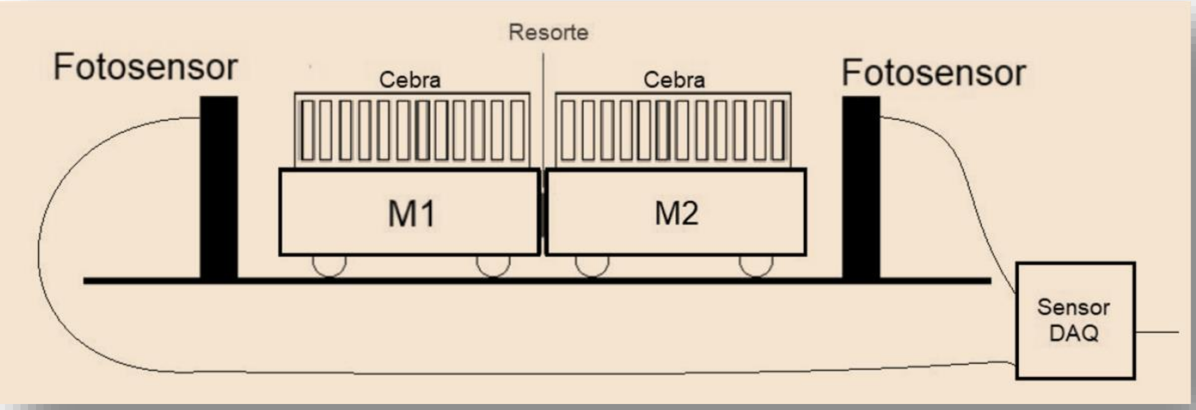
$$P_{i,x} = P_{f,x}$$

$$0 = -M_1 v_1 + M_2 v_2$$

$$\boxed{\frac{M_1}{M_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

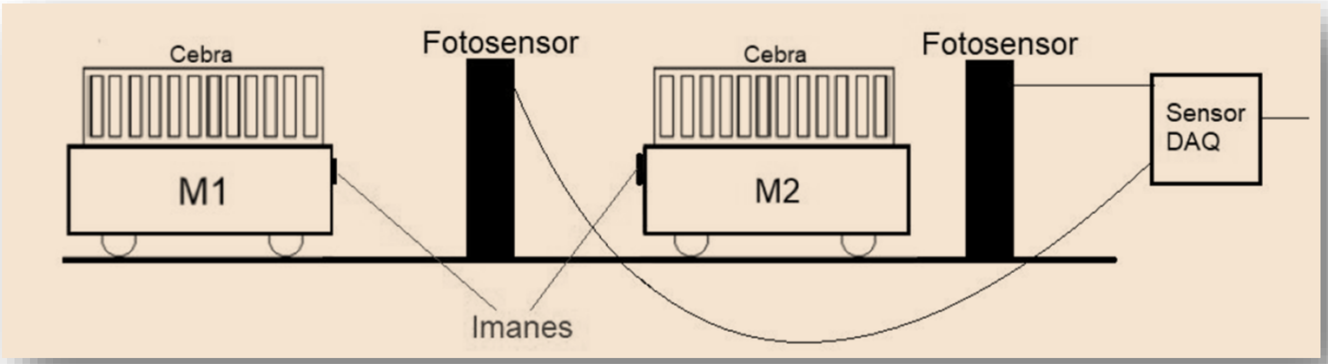
Trabajo Práctico N° 7 – Parte 1 : Explosión

- Se utilizan dos carritos ubicándolos uno junto al otro sobre un riel sin inclinación, de manera en que ambos posean una velocidad inicial nula y estén en contacto.
- Uno de los dos carritos debe ubicarse de manera tal que su resorte esté contra el otro carrito.
- A una corta distancia de estos, uno a cada lado, se colocan dos photogates (conectados al Sensor DAQ).
- Se libera el resorte del carrito M1. Entonces, ambos carros se muevan de su posición inicial en direcciones contrarias.
- Medir las velocidades de cada carro.
- Realizar 4 experiencia variando las masa de los carros.
- Verificar si si se conserva el momento en todo los casos.



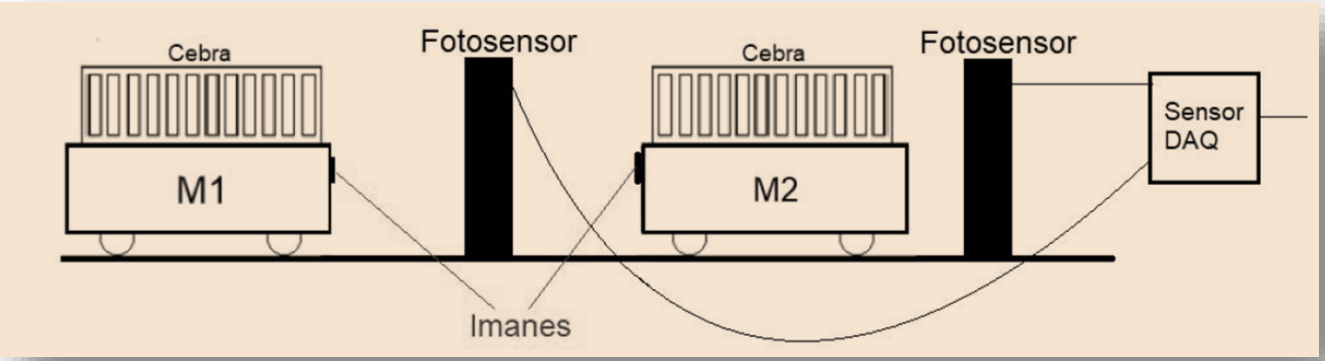
Trabajo Práctico N° 7 – Parte 2 : Colisión elástica

- Se utilizan dos carritos ubicándolos un riel sin inclinación, de manera en que los imanes de ambos carros sean del mismos signo (al acercarlos se repelen).
- De esta forma al colisionar los carritos, se repelen simulado un choque elástico.
- Inicialmente el carrito M2 está en reposo.
- Se impulsa el carrito M1 de tal forma que ninguno de los carritos se detenga mientras se toman los datos con los photogates (para estimar sus velocidades).
- Realizar 4 experiencia variando las masa de los carros.
- Verificar si se conserva el momento en todo los casos.
- Estudiar el coeficiente de restitución R



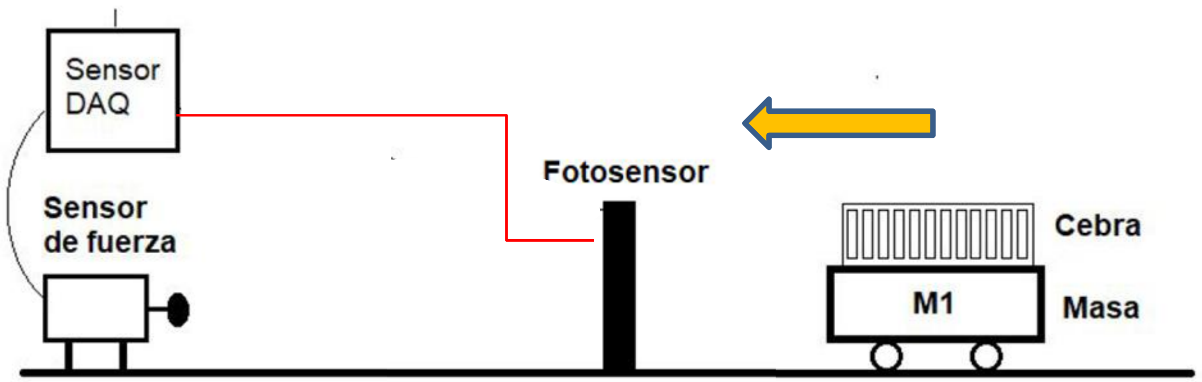
Trabajo Práctico N° 7 – Parte 3 : Colisión inelástico

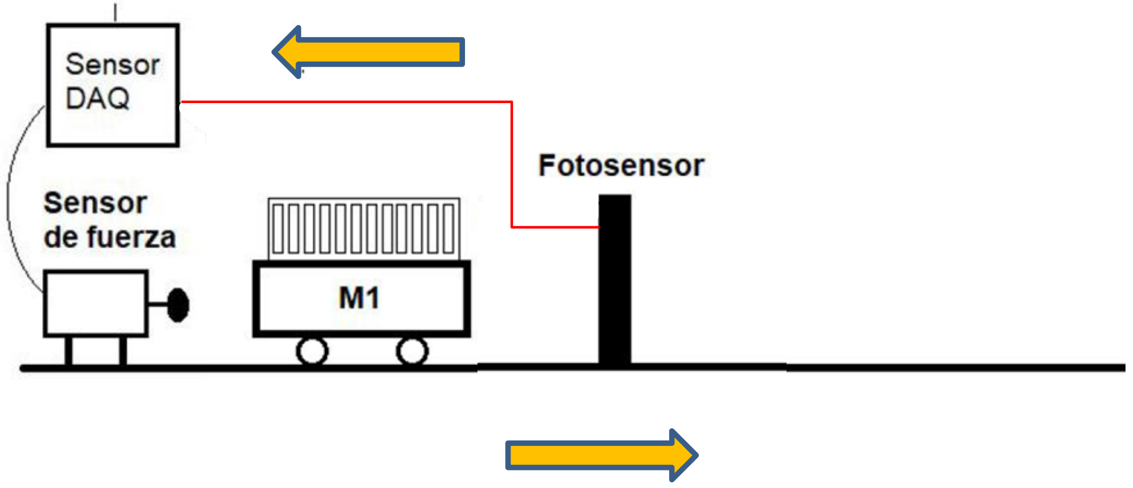
- Se utilizan dos carritos ubicándolos un riel sin inclinación, de manera en que los imanes de ambos carros (en las caras que se enfrentan) sean de signo opuesto (al acercarlos se atraen).
- Inicialmente el carrito M2 está en reposo.
- Se impulsa el carrito M1 de tal forma que al chocar los carritos M1 y M2 quedarán unidos en un solo sistema.
- Se mide la velocidad inicial de M1 y la del conjunto M1+M2 con los photogates.
- Realizar 4 experiencia variando las masa de los carros.
- Verificar si se conserva el momento en todo los casos.



Trabajo Práctico N° 7 – Parte 4 : Cambio de momento lineal

- Para comprobar que en una colisión el momento lineal de uno de los dos objetos cambia usamos el carrito M1 ubicado en el riel horizontal.
- Se utilizará el sensor de fuerza que debe ser previamente calibrado.
- Se ubica el photogate a una corta distancia y sensor de fuerza a aproximadamente 20 cm de este.
- Se empuja el carrito hacia el sensor de fuerza y se mide la velocidad con la ayuda del photogate.
- Se registrar simultáneamente la señal del photogate y la del sensor de fuerza desde el inicio de la experiencia.
- El tiempo de medición debe incluir el choque con el sensor de fuerza y el posterior regreso del carrito pasando por segunda vez por el photogate, donde se vuelve a medir la velocidad.
- Se analiza la fuerza medida en función del tiempo.
- Esta experiencia se realiza con tres masas diferentes colocando pesas en el carrito.



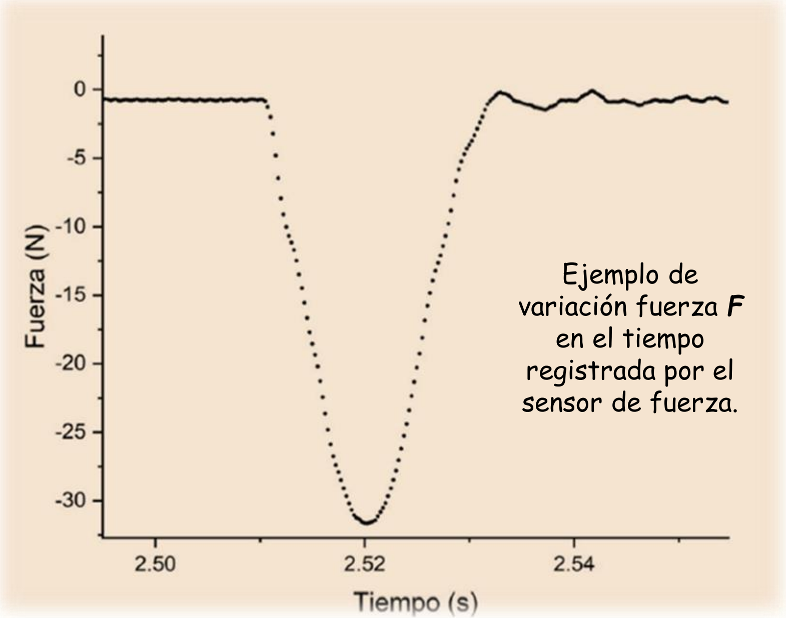


Trabajo Práctico N° 7 – Parte 4 : Cambio de momento lineal

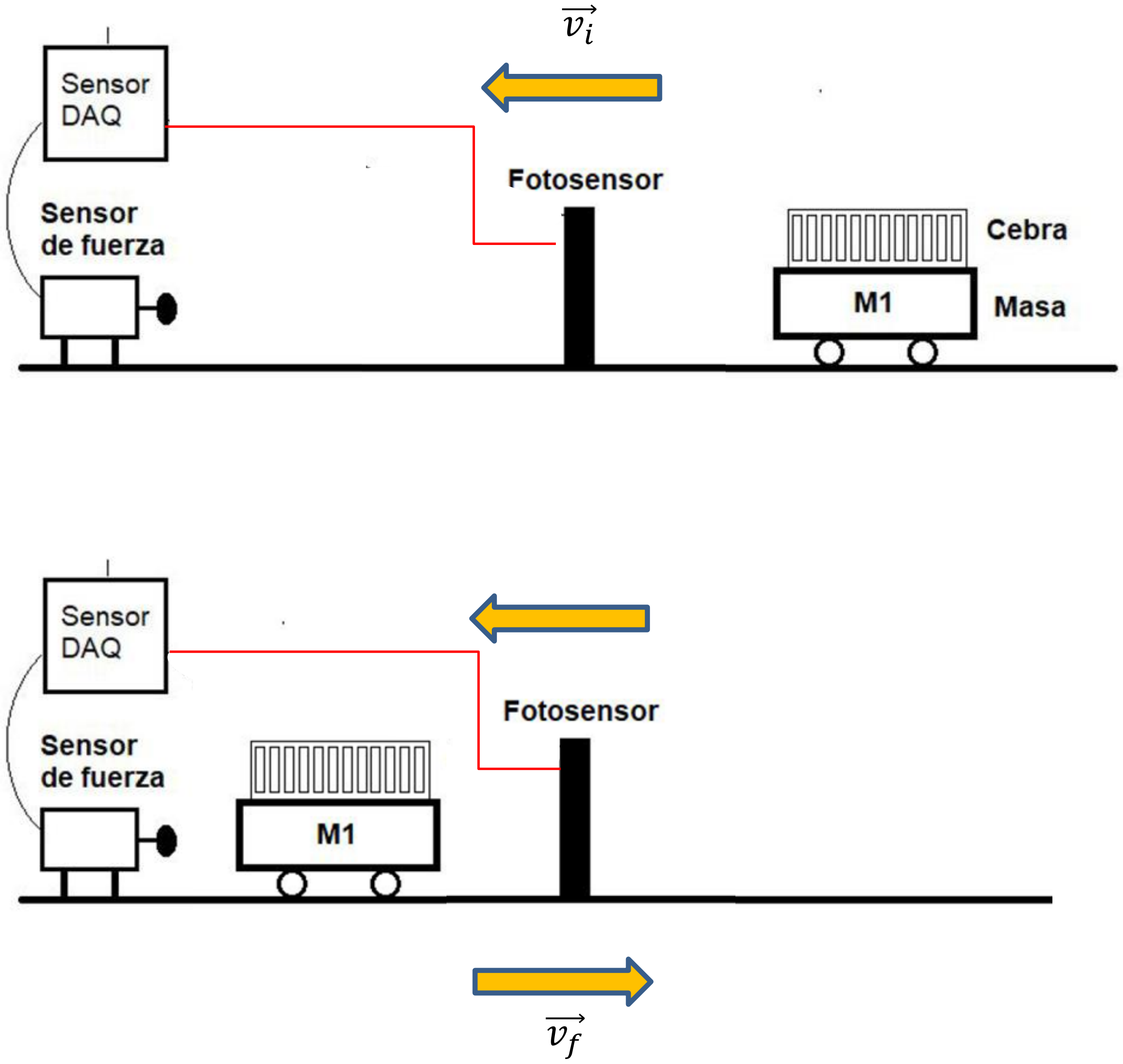
- La variación del momento lineal también puede extraerse de la definición del impulso de una fuerza $\boldsymbol{F}$, que para tiempos muy pequeños como en el caso de una colisión, se define

$$\int_0^t F\,dt = \Delta mv = \Delta P \qquad (1)$$

$$\Delta P = P_f - P_i$$

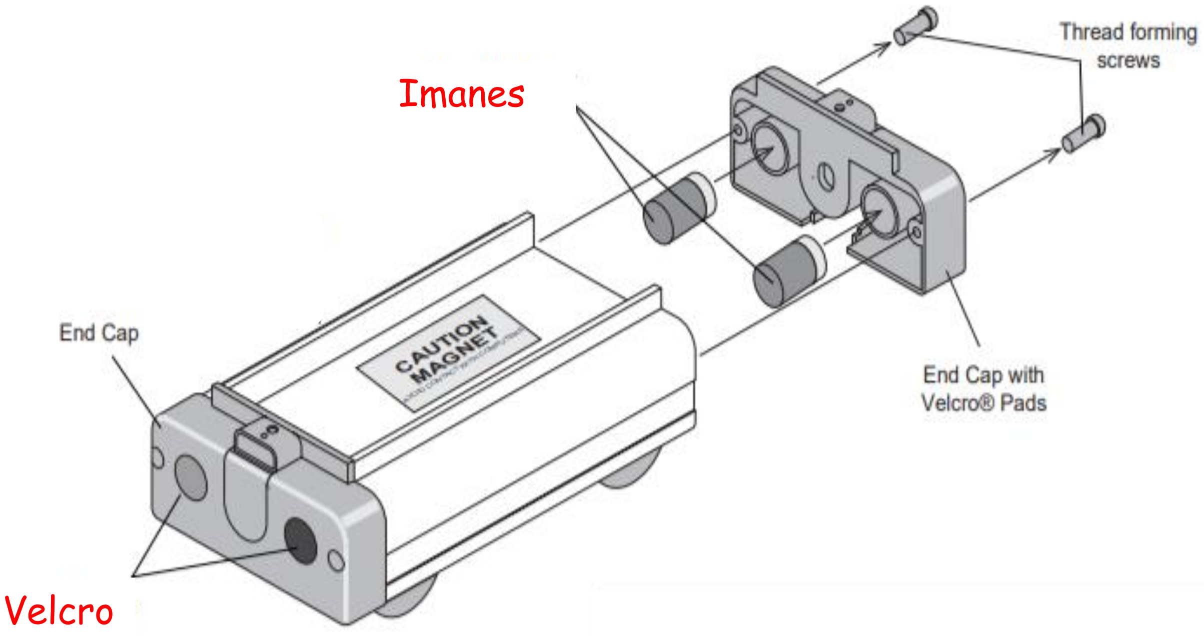


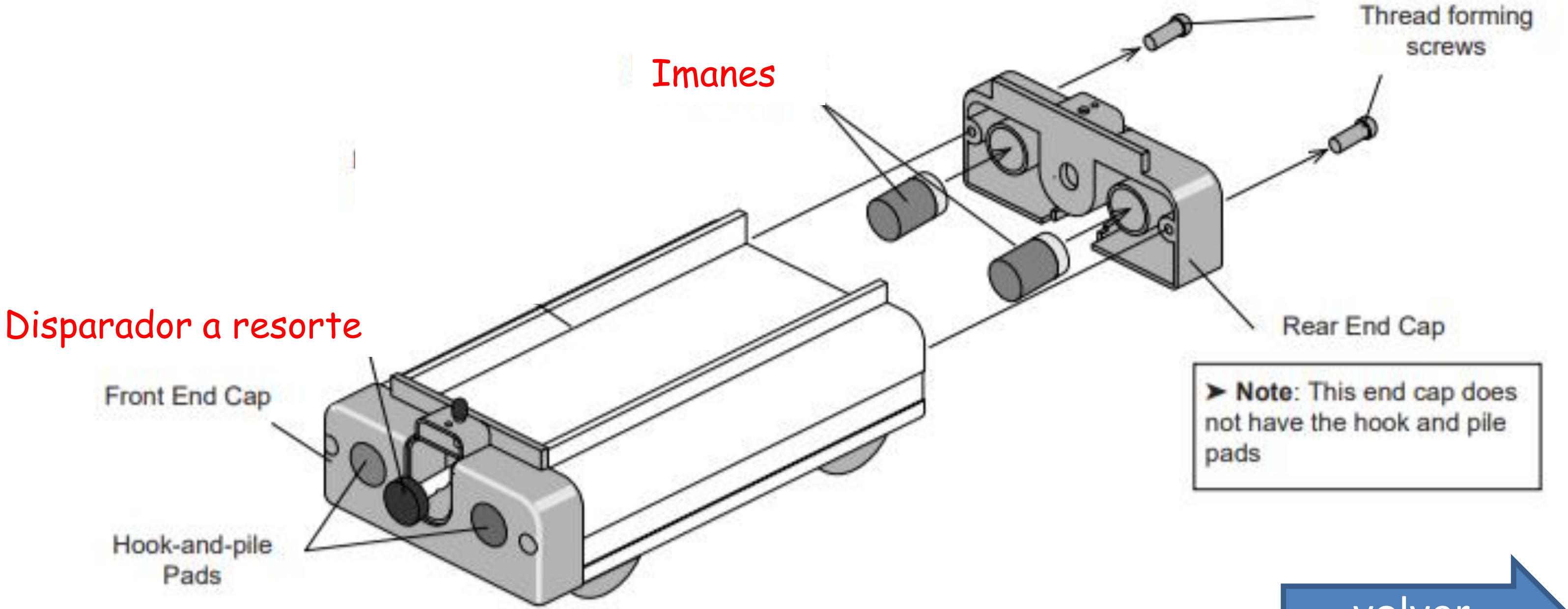
Ejemplo de variación fuerza ***F*** en el tiempo registrada por el sensor de fuerza.



- La integral se puede obtener con Origin.
- Comprobar la validez de la ecuación (1).

¿ PREGUNTAS ?


Imanes
Thread forming screws
CAUTION MAGNET
End Cap
End Cap with Velcro® Pads
Velcro


Imanes
Thread forming screws
Disparador a resorte
Front End Cap
Rear End Cap
Hook-and-pile Pads
➤ **Note**: This end cap does not have the hook and pile pads

volver