

# Chocando con la realidad.

**María Paula Coluccio y Patricia Picardo**

Laboratorio I de Física  
para Biólogos y Geólogos  
Depto. de Física, FCEyN, UBA  
1999

## Resumen

En el presente trabajo aplicamos el principio de masa de Newton pero definido en función de la cantidad de movimiento del sistema, para comprobar la real elasticidad en un choque experimental. Para medir los cambios en las variables de trabajo utilizamos sensores que mediante una interface trabajan bajo el comando de un programa de computación.

## Introducción

De acuerdo con el principio de masa establecido por Newton: Todo cuerpo sometido a la acción de una fuerza recibe una aceleración proporcional a su intensidad y de la misma dirección y sentido (Resnick, Halliday, 1980). Resulta entonces:

$$F = m * a = m \frac{d v}{d t}$$

Si el sistema consta de una sola partícula de masa **m** (constante), la ecuación anterior podría reescribirse utilizando la definición de cantidad de movimiento **P**. La cantidad de movimiento (ímpetu) **P** de una masa **m** es el producto de su masa por su velocidad:

$$P = m * v$$

Por lo tanto la fuerza resulta:

$$F = \frac{dP}{dt}$$

Utilizando las nuevas expresiones, la segunda ley de Newton nos dice que : la rapidez de cambio del ímpetu de un cuerpo es proporcional a la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo, y tiene la misma dirección y sentido que dicha fuerza. (Resnick, Halliday, 1980)

Esta expresión del principio de masa nos será útil para interpretar los choques y encontrar el valor de la fuerza actuante durante el mismo. Durante una colisión actúa una fuerza relativamente grande sobre las partículas que chocan, aunque ésta sólo actúa durante un lapso de tiempo muy pequeño. Estas fuerzas reciben el nombre de impulsivas. Durante la colisión, la fuerza impulsiva es generalmente mucho mayor que cualquiera de las fuerzas externas que puedan estar actuando sobre el sistema. El movimiento de las partículas que chocan (o por lo menos el de una) cambia después del choque.

La fuerza impulsiva es constante en dirección pero su módulo varía en función del tiempo. La colisión comienza en un tiempo inicial  $t_i$  y acaba en el tiempo final  $t_f$ , la fuerza impulsiva es nula antes y después de la colisión. Sabiendo que:  $dP = F * dt$  entonces el cambio en el ímpetu de un cuerpo (también llamado impulso) durante el choque puede obtenerse integrando esta ecuación en el tiempo que dura dicha colisión, es decir:

$$P_f - P_i = \int_{P_i}^{P_f} dP = \int_{t_i}^{t_f} F * dt$$

Cuando la suma de las fuerzas externas que actúan sobre el sistema es cero,  $P$  es una constante. Esto se conoce como principio de conservación del impulso lineal. Este principio puede ser aplicado en las colisiones cuando se considera muy pequeño al tiempo de la colisión. Las colisiones pueden considerarse elásticas cuando se conserva la energía cinética durante el choque. Para ello la velocidad de la partícula antes del choque tiene que ser igual a la velocidad final después del mismo.

En nuestra experiencia nos proponemos encontrar cuánto vale la fuerza impulsiva en un choque de un cuerpo contra una pared rígida, bajo los supuestos de un choque perfectamente elástico.

### Método experimental

Para realizar nuestra experiencia de choque elástico utilizamos un carrito de masa conocida que se desplaza en línea recta sobre rieles. Éste choca contra un sensor de fuerzas que hace las veces de pared rígida. El rozamiento entre las ruedas del carrito y los rieles es despreciable. Esta es una buena aproximación ya que el intervalo de tiempo analizado es muy corto (1 seg).

Debemos asegurarnos una buena fijación del sensor para que éste no se mueva durante el choque, midiendo así erróneamente.

Tomamos medida del desplazamiento del carrito ( $\Delta x$ ), y del tiempo que tarda en recorrerlo ( $\Delta t$ ), para calcular así las velocidades antes ( $v_i$ ) y después ( $v_f$ ) del choque.

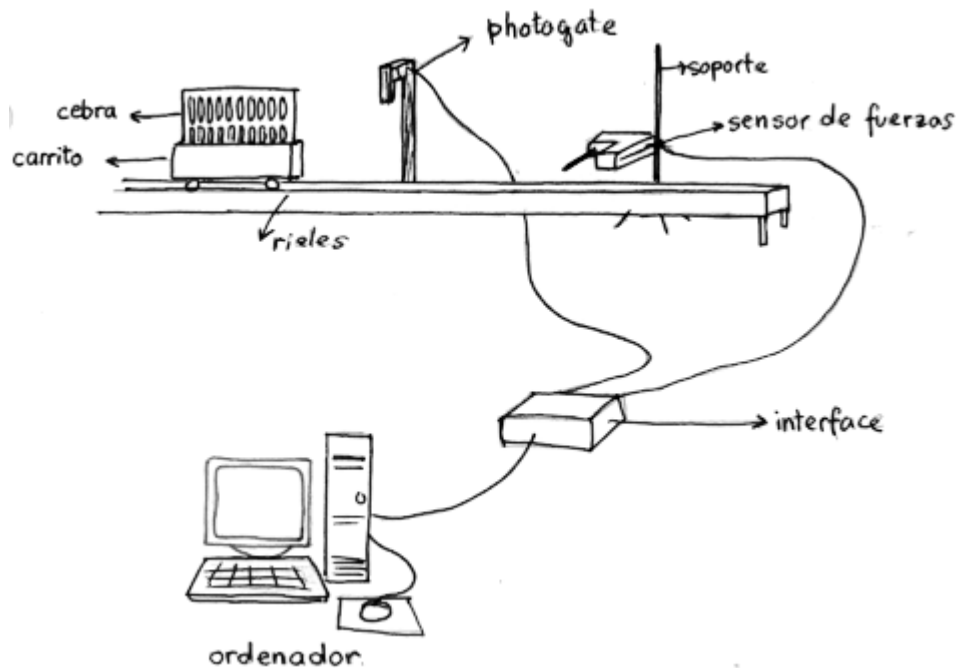
Sobre el carrito colocamos una plaqueta metálica (cebra) con ranuras de igual tamaño, que interrumpe a su paso el haz de luz de un sensor de barrera luminosa (photogate) colocado justo antes del lugar del impacto. Este sensor opera con el programa MPLI, y mide 5 voltios cuando la luz es transmitida, y 0 voltios cuando es interrumpido. El programa nos permite graficar voltios en función del tiempo, y a partir de ese gráfico podremos calcular el tiempo transcurrido en el pasaje desde el principio de una ranura hasta el comienzo de la siguiente ( $\Delta t$ ).

El  $\Delta x$  es medido con un calibre sobre la cebra, y es la distancia entre una ranura y la siguiente. El sensor de fuerzas medirá la fuerza impulsiva en kg . Para que la medición sea correcta primero hay que calibrar al sensor colocando una pesa de masa conocida. El sensor de fuerzas, también mediante la interface, trabaja bajo el programa MPLI. Podemos calcular el valor de la fuerza impulsiva como la integral de la curva F en función de t, durante el tiempo que transcurre el choque. Esta integral es calculada por el programa.

Como nuestro choque es elástico, este valor de F deberá ser igual a  $\Delta P$  que puede ser calculado como:

$$\Delta P = m_{\text{carrito} + \text{cebra}} (v_i + v_f)$$

Para lograr que nuestro choque experimental sea elástico repetimos la experiencia hasta lograr que las velocidades inicial y final sean similares.

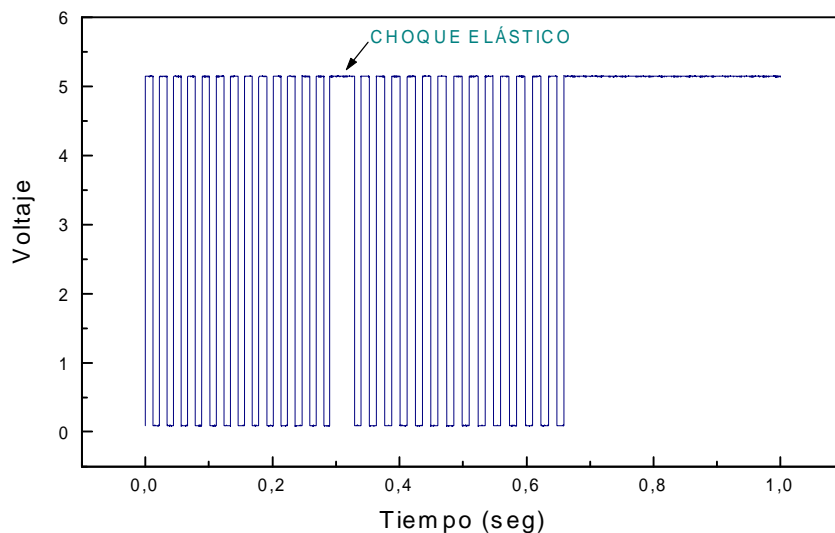


## Resultados y discusión

Masa del carrito + masa de la cebra =  $(535,68 \pm 0,01)$  gr

$\Delta x = (1,020 \pm 0,005)$  cm

En la Figura 1 se pueden observar las sucesivas interrupciones al haz de luz del sensor photogate, producidas por el pasaje del carrito con la cebra, en función del tiempo. La barra más ancha representa el choque, y el ancho de la misma corresponde al tiempo de duración de la colisión. El tiempo que el carrito tarda en avanzar  $\Delta x$ , antes del choque corresponde al  $\Delta t$  inicial. Este  $\Delta t$  puede ser medido a partir de la **Figura 1**.



**Figura 1:** Voltaje en función del tiempo. La banda señalada corresponde al momento en que en el experimento se produjo el choque elástico. Nótese que el ancho de las barras a ambos lados de esta barra son similares.

El  $\Delta t$  se mide desde el comienzo de una barra del gráfico hasta el comienzo de la siguiente. Así también medimos el  $\Delta t$  final, correspondiente al intervalo de tiempo que tarda el carrito en recorrer  $\Delta x$  después de haber chocado. Como  $\Delta x$  es un valor fijo,  $\Delta t$  inicial debe ser aproximadamente igual a  $\Delta t$  final, para que las velocidades antes y después del choque sean iguales y el choque resulte elástico. Se puede ver en la **Figura 1** cómo el ancho de las barras es aproximadamente igual antes y después de la barra correspondiente al choque.

Los  $\Delta t$  calculados son:

$$\Delta t \text{ inicial} = (0,0225 \pm 0,0001) \text{ seg}$$

$$\Delta t \text{ final} = (0,0235 \pm 0,0001) \text{ seg}$$

Por lo tanto las velocidades resultan:

$$v_i = (45,3 \pm 0,3) \text{ cm/seg}$$

$$v_f = (43,4 \pm 0,3) \text{ cm/seg}$$

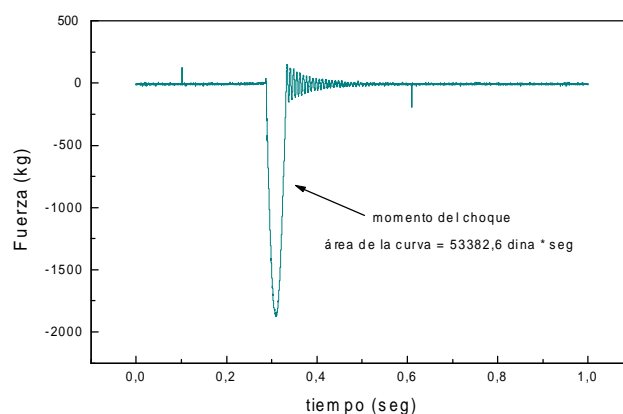
La variación de la cantidad de movimiento calculada a partir de estos datos resulta:

$$\Delta P = (47514,8 \pm 227,3) \text{ dinas} * \text{seg}$$

La **Figura 2** nos muestra cómo varía la fuerza impulsiva durante el choque. Ésta sólo actúa durante el choque, por lo tanto debe ser igual a cero antes y después del mismo. Sin embargo, en el gráfico observamos que luego del impacto la fuerza no se estabiliza en cero inmediatamente después del choque. Esto puede deberse a que el sensor de fuerzas no está perfectamente fijado, y luego del choque continúa vibrando por la fuerza con la que impactó el carrito con él. La integral de la fuerza para el tiempo que duró el choque es:

$$\int_{t_i}^{t_f} F(t) * dt = 53382,6 \text{ dinas} * \text{seg}$$

La variación del ímpetu debe ser igual al valor de esta integral de acuerdo con lo establecido por la segunda ley de Newton. Experimentalmente encontramos una diferencia del 11% entre ambos valores.



**Figura 2** : Fuerza en función del tiempo. La fuerza sólo actúa durante el choque, por lo tanto debe ser igual a cero antes y después del mismo. Las oscilaciones luego del choque se deben a que el sensor ha quedado vibrando.

## Conclusión

Nuestro experimento trata de ajustarse a las hipótesis planteadas por el modelo de Newton. Una de estas hipótesis plantea que el choque debe ser elástico, para ello, la velocidad que tiene el carrito antes del choque y después del mismo, debe ser igual. Esta es una de las hipótesis más críticas ya que experimentalmente no logramos esta igualdad de velocidades. La pequeña diferencia que obtuvimos entre  $v_i$  y  $v_f$  se tradujo luego en una diferencia del 11% entre  $\Delta P$  y la integral definida de la fuerza para el intervalo de duración del choque. Esta diferencia no nos indica que el modelo de Newton falla, sino que nosotros podemos ajustar nuestro modelo experimental para lograr reducir esta diferencia. La  $v_i$  podría resultar igual a la  $v_f$  si realizamos un mayor número de repeticiones e ideamos un mejor sostén para fijar el sensor de fuerzas. Sin embargo una diferencia del 11% es una buena aproximación experimental al modelo, y satisface nuestros objetivos y expectativas.

## Apéndice de cálculos auxiliares.

La velocidad fue calculada a partir de las mediciones de  $\Delta x$  y  $\Delta t$ , por lo tanto tendrá un error asociado que resulta:

$$\Delta v = \left[ \left( \frac{dv}{d\Delta x} * \Delta(\Delta x) \right)^2 + \left( \frac{dv}{d\Delta t} * \Delta(\Delta t) \right)^2 \right]^{1/2}$$

La propagación del error también se evidencia en el cálculo de la variación del ímpetu a partir de las magnitudes medidas  $v_i$ ,  $v_f$ ,  $m_{\text{cebra} + \text{carrito}}$

$$\Delta(\Delta P) = \left[ \left( \frac{d\Delta P}{dm} * \Delta m \right)^2 + \left( \frac{d\Delta P}{dv_i} * \Delta v_i \right)^2 + \left( \frac{d\Delta P}{dv_f} * \Delta v_f \right)^2 \right]^{1/2}$$

## Bibliografía consultada

- *Física, Parte 1*, David Halliday, Robert Resnick, Compañía Editorial continental S.A., México, primera edición en español de la tercera edición en inglés: enero de 1980.