

3. Un sistema que simula colisiones en una dimensión entre dos cuerpos

GUILLERMO BECERRA CÓRDOVA*



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.293.03>

Resumen

En los cursos de Mecánica en bachillerato se estudia la cantidad de movimiento y su conservación. Dentro de este tema se encuentran las colisiones en una dimensión y el concepto de coeficiente de restitución. En el presente trabajo se muestra el uso de un sistema que simula colisiones en una dimensión entre dos cuerpos. Las simulaciones consisten en mostrar cómo dos cuerpos chocan dadas sus masas, las velocidades con las que se mueven y el coeficiente de restitución entre ambos cuerpos. Los movimientos de los cuerpos pueden ser en direcciones contrarias o en la misma dirección. Las simulaciones tratan de mostrar cómo las masas, las velocidades y el coeficiente de restitución influyen en el resultado de la colisión. No es lo mismo una colisión cuando las masas de los cuerpos son iguales que cuando son diferentes. De igual forma, no es lo mismo que un cuerpo se encuentre en reposo que cuando ambos se estén moviendo; incluso si sus direcciones son diferentes. El coeficiente de restitución también juega un papel importante. Si el coeficiente es igual a uno, la colisión sería perfectamente elástica y, en consecuencia, no habría pérdida de energía en la colisión. Si el coeficiente fuese igual a cero, correspondería a una colisión perfectamente inelástica, provocando que los cuerpos se mantengan unidos después de la colisión. Este tipo de colisiones es muy común en los accidentes de tránsito. Muchas veces los autos quedan unidos después de la colisión. Para un valor del

* Doctor en Ciencias en Educación Agrícola Superior. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Texcoco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5199-7275>

coeficiente entre cero y uno, los cuerpos no quedarían unidos, pero perderían energía cinética. De esta forma, el sistema puede simular diversos tipos de situaciones al variar las masas y las velocidades de los cuerpos, al igual que el coeficiente de restitución. En consecuencia, las simulaciones hacen posible que el usuario pueda observar cada una de estas situaciones, creando con ello un lenguaje visual.

Palabras clave: *cantidad de movimiento, conservación de la cantidad de movimiento, colisiones en una dimensión, coeficiente de restitución.*

Introducción

Cuando se atraviesa una persona, ¿te has dado cuenta de que es muy difícil evitar chocar con ella si vas corriendo? ¿O si corres por una pendiente y con la velocidad que llevas es prácticamente imposible detenerse a menos de que te caigas? ¿O qué es más fácil detener: una pelota de hule o un balón de piel?, ¿a pesar de que lleven la misma velocidad?

En todos estos fenómenos están involucradas la velocidad y la masa de un objeto. La conjunción de ambas nos da un concepto llamado cantidad de movimiento. El producto de la masa que tiene un cuerpo por la velocidad con la que se mueve, se le conoce como cantidad de movimiento o ímpetu. matemáticamente se tiene (Bueche, 1990, p. 74):

$$p = m \cdot v \quad (1)$$

Donde p es la cantidad de movimiento, m es la masa del cuerpo y v es la velocidad con la que se mueve el cuerpo. La cantidad de movimiento es una magnitud vectorial, porque es el producto de una magnitud escalar (la masa) por una cantidad vectorial (la velocidad). En consecuencia, para que la cantidad de movimiento sea completamente especificada debe ser representada por su magnitud y su dirección. Esta expresión nos indica que mientras más grande sea la masa y/o la rapidez de un objeto, su cantidad de movimiento es mayor. O si la masa y la rapidez del cuerpo es pequeña, entonces su cantidad de movimiento también debe ser pequeño.

Es por eso por lo que un objeto con masa muy grande como un camión, es muy difícil de detener, a pesar de que tenga una velocidad relativamente pequeña. La unidad del momento lineal en el Sistema Internacional es kilogramo por metro entre segundo. La dirección de la cantidad de movimiento de un cuerpo coincide con la dirección de la velocidad del cuerpo. Debido a que la masa siempre es positiva, no cambia la dirección de la cantidad de movimiento y de la velocidad del cuerpo; ambas direcciones son iguales.

Una fuerza F que actúa durante un tiempo sobre un cuerpo le proporciona un impulso, dado por (Resnick, 1980, p. 198):

$$I = F \cdot t \quad (2)$$

La unidad del Impulso en el Sistema Internacional es Newton por segundo.

Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo se produce un cambio en la cantidad de movimiento. Así, el impulso aplicado a un cuerpo es igual al cambio de la cantidad de movimiento, es decir (Serway, 1985, p. 120):

$$I = F \cdot t = \Delta p \quad (3)$$

Donde Δp es el cambio en la cantidad de movimiento, F es la fuerza que se aplica al cuerpo, t es el tiempo en el cual se aplica la fuerza e I es el impulso. El cambio en la cantidad de movimiento puede ocurrir debido al cambio de la masa, de la velocidad o de ambas. Si la masa permanece constante, entonces debe ocurrir un cambio de velocidad si la cantidad de movimiento cambia. Si el cambio en la cantidad de movimiento es constante, entonces el producto de la fuerza por el tiempo también sería constante y, como el transcurso del tiempo se considera constante, entonces la fuerza que se aplica también sería constante. Esto es un caso particular en el cual la fuerza aplicada es constante. En general, la fuerza puede variar y, en ese caso, el cambio en la cantidad de movimiento no sería constante. De esta forma, el impulso depende del producto de la fuerza que se le aplique a un cuerpo multiplicado por el tiempo en que se aplique. El impulso será más grande si aplicamos la misma fuerza durante un tiempo más prolongado. O el impulso será más pequeño si aplicamos la misma fuerza en un tiempo

muy corto. Tanto la fuerza como el tiempo son importantes para cambiar la cantidad de movimiento de un cuerpo. Se puede tener el mismo impulso aplicando una fuerza grande en un tiempo muy pequeño o aplicando una fuerza pequeña en un tiempo muy grande. Cuando la fuerza es muy grande, como el golpe de un martillo, un bastón de golf, un bate, etc., se ha observado que el cuerpo puede llegar a deformarse, ya sea permanente o temporalmente. En el caso en que la fuerza sea muy pequeña, el tiempo en que se aplique debe ser muy grande para producir el mismo impulso. Así, si queremos detener el movimiento de un objeto sería conveniente utilizar una fuerza muy pequeña en un tiempo muy grande, ya que, al hacer esto en un tiempo muy pequeño, se tendría la posibilidad de que el cuerpo se deforme o nos duela más el golpe que experimentamos si tratamos de detenerlo con alguna parte de nuestro cuerpo. Esto puede suceder cuando un automóvil choca con un muro, un árbol o cualquier obstáculo que sea sólido. Las consecuencias pueden ser fatales cuando la fuerza que se aplica es grande en un tiempo muy corto. En cambio, si utilizamos arena, paja o cualquier material que haga que la fuerza que se aplique sea pequeña en un tiempo relativamente largo, hará que el objeto se detenga con poca posibilidad de que se deforme, incluso permanentemente como sucede con los automóviles. Por eso es conveniente que los autos se fabriquen con material que pueda ser fácilmente deformable para que la fuerza con la que llegue a chocar un auto contra un material sólido se disminuya en un tiempo más grande en comparación con la fuerza que se aplicaría cuando el auto no tiene material fácilmente deformable. Mucha gente cuestionaba los autos que eran contruidos con partes que no fueran de metal, pero después se dieron cuenta que convenía más ya que en un accidente el impacto se amortiguaba más porque sus piezas no eran tan sólidas. El problema ahora es que la deformación que sufren los autos hace que la gente quede atrapada dentro de ellos. Pero eso es otro problema. Lo mismo sucede cuando caemos en un piso sólido después de haber saltado desde una determinada altura. Lo más conveniente es flexionar las piernas para que la fuerza con que caigamos sea en un tiempo más prolongado, evitando así que la fuerza sea grande.

En conclusión, se pueden tener iguales impulsos, pero, en algunas ocasiones, la fuerza con la que se aplica el impulso debe ser grande, ocasio-

nando que el tiempo en que se aplique la fuerza sea muy corto. Mientras más corto sea el tiempo en el que se aplique la fuerza, mayor será la fuerza que se aplique, para un impulso dado. Los golpes que se dan ya sean con martillos o con cualquier tipo de instrumentos, harán que se aplique una fuerza muy grande en un tiempo relativamente corto. Por eso tenemos que evitar que nos pegue el martillo a la hora que estamos clavando. Para evitar un poco ese efecto, es recomendable que se usen guantes para aumentar el tiempo en que nos golpee el martillo. En otras ocasiones es recomendable que el tiempo que tarda en actuar una fuerza sea relativamente grande, para evitar que nos afecte. Esto se podría aplicar a los casos en que atrapamos una pelota dura, como una pelota de béisbol o algo similar. Para aumentar el tiempo que tarde la fuerza en actuar, se debe mover la mano en dirección del movimiento de la pelota. Lo mismo sucede si queremos evitar que nos afecte el golpe producido por un objeto. Es conveniente movernos en la dirección en la que se mueve el objeto para prolongar el tiempo que tarda en actuar la fuerza (Hewitt, 1995, p. 98).

De la ecuación 2 concluimos que el impulso produce un cambio en cantidad de movimiento, es decir (Resnick, 1980, p. 199):

$$I = F \cdot t = \Delta p = m(v - v_0) \quad (4)$$

Cuando un cuerpo experimenta un impulso, la ecuación 4 afirma que ha actuado una fuerza sobre el cuerpo para que pueda cambiar su cantidad de movimiento. Una fuerza es consecuencia de la interacción con otros cuerpos. Así, por la tercera ley de Newton, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo también las experimentan los cuerpos que las provocan. La cantidad de movimiento de un sistema de cuerpos en los que no existe una fuerza externa que influya, se mantiene constante. De esta forma, el cambio en la cantidad de movimiento de un cuerpo es igual a menos al cambio en la cantidad de movimiento del resto de los cuerpos que componen el sistema, siempre y cuando, el sistema no reciba influencia de fuerzas externas. Cuando un sistema se encuentra aislado, la cantidad de movimiento se mantiene constante porque no hay fuerzas externas. En el caso en que el sistema estuviera influido por una fuerza, su cantidad de movimiento cambiaría. En consecuencia, podemos afirmar que “si sobre un sis-

tema no se ejerce fuerza neta, la cantidad de movimiento no cambia” (Beltrán, 1975, p. 80).

De esta forma, la cantidad de movimiento de los cuerpos que interactúan en un sistema aislado permanece constante. Esto nos indica que la cantidad de movimiento de cada una de las partículas que constituyen un sistema aislado puede cambiar, pero la suma de la cantidad de movimiento de todas las partículas es igual a cero. Así, la cantidad de movimiento que posee un sistema antes de su interacción es igual a la cantidad de movimiento después de su interacción. Cuando la cantidad de movimiento no cambia, decimos que se conserva. Por lo que la cantidad de movimiento de un sistema se conserva cuando sobre el sistema no actúan fuerzas. A este hecho se le conoce como ley de conservación de la cantidad de movimiento.

Para un par de cuerpos que colisionan, la suma de la cantidad de movimiento antes de la colisión es igual a la suma de la cantidad de movimiento de los cuerpos después de la colisión.

Matemáticamente, se tiene este enunciado de la siguiente forma:

$$m_1v_{0_1} + m_2v_{0_2} = m_1v_1 + m_2v_2 \quad (5)$$

Donde: m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos; v_{0_1} y v_{0_2} , son las velocidades de los cuerpos antes de la colisión, conociéndose como velocidades iniciales y v_1 y v_2 , son las velocidades de los cuerpos después de la colisión, conociéndose como velocidades finales.

Como consecuencia de esto podemos afirmar que, en la colisión entre partículas o cuerpos, en la desintegración radiactiva o en una explosión, la cantidad de movimiento se mantiene constante, siempre y cuando no haya fuerzas externas.

Si consideramos la caída de un cuerpo, el cuerpo en sí mismo no estaría aislado y, en consecuencia, su cantidad de movimiento cambiaría. Cambiaría porque estaría expuesto a una fuerza externa como el peso. Pero si consideramos como sistema al formado por el cuerpo y la Tierra, la cantidad de movimiento del sistema permanecería constante. El problema es que el cambio en la cantidad de movimiento de la Tierra no se percibe por su gran masa. Pero teóricamente debe cambiar, independientemente

de que se perciba o no. Sin embargo, si ponemos a interactuar dos cuerpos que tengan masas muy similares, el cambio en la cantidad de movimiento se percibiría fácilmente. Por ejemplo, supongamos que una bola de billar choca con una pelota de esponja. Como la masa de la bola de billar es muy grande en comparación de la masa de la pelota de esponja, después del choque la bola de billar casi mantendría su movimiento en la misma dirección con la que se movía antes del choque. En cambio, la pelota de esponja comenzaría a moverse en la misma dirección con la que se movía la bola de billar. Si ahora la pelota de esponja es la que se mueve y la bola de billar se encuentra en reposo, al chocar la pelota de esponja veremos que rebotaría y que la bola de billar se movería muy poco, en la misma dirección en la que se movía la pelota de esponja antes de la colisión. Si las masas de ambas pelotas son iguales, al impactar una de ellas sobre la otra veríamos que la que se encontraba en reposo se movería con la misma velocidad con la que se movía la bola que impactó y que la bola que impactó se quedaría estática después de la colisión. En todos estos casos la cantidad de movimiento de cada uno de los cuerpos cambia, pero la cantidad de movimiento del sistema permanece constante. Esto es considerando que los cuerpos giran sin fricción porque, si consideramos que influye la fricción, entonces la cantidad de movimiento no se mantendría constante debido a la presencia de una fuerza externa (Hewitt, 1995, p. 105).

Los ejemplos de colisiones que hemos analizado anteriormente son ejemplos de colisiones que se consideran elásticas porque la deformación que sufren no es permanente y esta deformación no genera una pérdida de energía. En estas condiciones se dice que la colisión es elástica. (Tipler, 1995, p. 150)

Cuando un cuerpo se deforma permanentemente o genera calor en una colisión, se dice que la colisión es inelástica. De igual forma, cuando dos o más objetos en una colisión quedan unidos, decimos que la colisión es inelástica. Es muy común encontrar colisiones inelásticas. Por ejemplo, cuando aventamos un papel mojado hacia el techo o el piso, vemos que se queda pegado. En este caso se dice que la colisión es perfectamente inelástica. De igual forma sucede cuando dos autos quedan unidos des-

pués de un choque. También sucede cuando una persona atrapa una pelota. También son ejemplos de colisiones inelásticas cuando dejamos caer al piso una pelota de esponja. Vemos que rebotaría un número finito de veces hasta que deja de botar. Estas colisiones son inelásticas porque, a pesar de que no se deforma permanentemente la pelota, se generaría calor en cada rebote y esto, teóricamente, aumentaría su temperatura. A pesar de que existan colisiones inelásticas, la cantidad de movimiento se conservaría. Por ejemplo, se ha visto que cuando un cuerpo colisiona con otro que se encuentra en reposo y queda unido después de la colisión, la velocidad del cuerpo que lleva ahora el cuerpo que se movía, es menor ya que se encuentra unido al cuerpo que se encontraba en reposo. Esa unión hace que la velocidad del cuerpo que se movía disminuyera. Al hacer cálculos de la suma de la cantidad de movimiento de los cuerpos antes y después de la colisión, vemos que son iguales. Es decir, la cantidad de movimiento de un sistema en la que existen colisiones inelásticas, también se conserva.

Para cualquier colisión entre dos cuerpos en la se mueven a lo largo de una línea recta, el coeficiente de restitución se define como (Bueche, 1990, p. 75):

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{01} - v_{02}} \quad (6)$$

Donde: v_{01} y v_{02} son las velocidades iniciales, y v_1 y v_2 son las velocidades finales de los cuerpos.

Para una colisión perfectamente elástica $e = 1$, para una colisión inelástica $e < 1$ y para una colisión perfectamente inelástica $e = 0$. En una colisión perfectamente inelástica, los cuerpos permanecen unidos después de la colisión. Esto sucede con una bala que impacte a un bloque de madera que se encuentre suspendido de un hilo. Observaciones experimentales muestran que la mayoría de los cuerpos duros son altamente resilientes, mientras que los cuerpos blandos son menos resilientes y rebotan menos. La resiliencia se define como la capacidad de un cuerpo a sufrir una compresión o rápida deformación, sin que se deforme permanentemente. El vigor con el cual el cuerpo se restablece a su antigua forma después de una deformación es llamado restitución.

Para un coeficiente de restitución igual a uno, la energía cinética del sistema de cuerpos que colisionan se conserva. Por lo que es equivalente decir que si el coeficiente de restitución es igual a uno entonces la energía cinética de ambos cuerpos se conserva o si la energía cinética de un sistema de dos cuerpos se conserva, entonces el coeficiente de restitución entre estos dos cuerpos es igual a uno.

Para conocer las velocidades finales de los cuerpos después de una colisión, utilizamos la ecuación 6 y despejamos la velocidad, es decir:

$$v_2 = e(v_{0_1} - v_{0_2}) + v_1 \quad (7)$$

Y la sustituimos en la ecuación 4:

$$m_1 v_{0_1} + m_2 v_{0_2} = m_1 v_1 + m_2 [e(v_{0_1} - v_{0_2}) + v_1] \quad (8)$$

Al despejar v_1 , obtenemos:

$$v_1 = \frac{m_1 v_{0_1} + m_2 v_{0_2} - m_2 e(v_{0_1} - v_{0_2})}{m_1 + m_2} \quad (9)$$

Finalmente, sustituyendo la ecuación 10 en la ecuación 8, obtenemos:

$$v_2 = \frac{m_1 v_{0_1} + m_2 v_{0_2} + m_1 e(v_{0_1} - v_{0_2})}{m_1 + m_2} \quad (10)$$

Materiales y métodos

Haciendo uso de las ecuaciones 9 y 10 se programó el sistema. El programa que se utilizó fue Visual Studio 12, el cual puede descargarse de la red. Hay páginas que permiten descargarlo libremente y otras requieren de pago. Se diseñó el programa considerando los datos que debe introducir el usuario para que se lleve a cabo una simulación (Ceballos, 2010, p. 75). Los datos que se deben introducir son las masas y las velocidades iniciales de los cuerpos, y el coeficiente de restitución. Con estos datos el sistema correrá la simula-

ción. La simulación consiste en un par de rectángulos que representan los cuerpos que van a colisionar. Dependiendo de los valores de las velocidades iniciales que se introduzca el usuario, será la posición inicial que tengan los rectángulos en el espacio diseñado para su movimiento. Por diseño, los valores de las masas de los cuerpos inicialmente son iguales a 1 kg. La velocidad inicial de uno de los cuerpos es igual a 10 m/s y la del otro cuerpo es igual a cero, es decir, se encuentra en reposo. El coeficiente de restitución se le asignó inicialmente un valor igual a 1. Estos valores pueden ser cambiados de acuerdo con lo que usuario desee introducir. Los valores de las masas y velocidades iniciales, al igual que el coeficiente de restitución son cambiados a través de barras de desplazamiento. Los valores de las masas de los cuerpos oscilan entre 1 y 5 kg, incrementándose de 1 en 1. Los valores de las velocidades iniciales de uno de los cuerpos oscilan entre 10 y 20 m/s y las velocidades del otro cuerpo oscilan entre -12 y 8 m/s, los cuales se incrementan de 1 en 1. Los valores del coeficiente de restitución se encuentran entre 0 y 1, variando de 0.1 en 0.1.

El sistema está diseñado para que los cuerpos choquen o se alcancen. Con esto se consideran todos los casos de colisiones en una dimensión entre dos cuerpos, sean elásticas o inelásticas. El número de casos que pueden simularse es igual 63 525, los cuales pueden agruparse dependiendo de los valores de las masas, de las velocidades iniciales y del coeficiente de restitución. De esta forma se puede describir el comportamiento de las colisiones dependiendo de los valores que se introduzcan en el sistema. Al final de cada simulación aparecerán en unas cajas de texto las velocidades finales de los cuerpos.

Resultados y discusión

En esta sección describiremos la forma en que se utiliza el sistema. En la figura 3.1 se muestra la ventana principal del sistema que se elaboró como resultado del proyecto. En esta ventana se muestran dos botones de comando. Uno de ellos sirve para Continuar con el sistema y el otro sirve para Salir.

Figura 3.1. Ventana principal del sistema



Fuente: elaboración propia.

Al escoger la opción Continuar aparecerá otra ventana como la mostrada en la figura 3.2.

Figura 3.2. Ventana correspondiente con la simulación



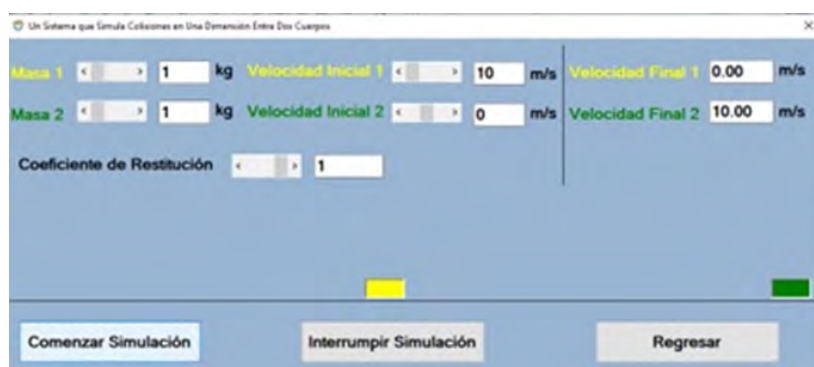
Fuente: elaboración propia.

En esta ventana se muestran 5 barras de desplazamiento. Las dos primeras se utilizan para asignar los valores de las masas los cuerpos, las siguientes corresponden con las velocidades de los cuerpos y la última está relacionada con el coeficiente de restitución entre ambos cuerpos. Para llevar a cabo una simulación es necesario asignar las masas y velocidades de los cuerpos, al igual que el valor del coeficiente de restitución. Cuando se

activa el programa, por diseño se tiene asignada una masa de un kilogramo a cada uno de los cuerpos, una velocidad de 10 m/s al primer cuerpo y una velocidad de 0 m/s al segundo cuerpo; es decir, se encuentra en reposo. También se le asigna un valor de uno al coeficiente de restitución, que en este caso sería una colisión perfectamente elástica.

Si activamos la simulación, el usuario observaría que el cuerpo de la izquierda se movería hacia el cuerpo que se encuentra en reposo. Después de la colisión, el cuerpo de color amarillo quedaría en reposo y el de color verde se movería en la misma dirección con la que se movía el cuerpo de color amarillo. Esto es consecuencia de que ambos cuerpos tienen la misma masa y que uno se mueve para chocar con el otro que se encuentra en reposo. También este resultado se debe a que el coeficiente de restitución es igual a uno, originando una colisión perfectamente elástica. Finalmente, en las restantes cajas de texto, se muestran las velocidades de los cuerpos después de la colisión. La figura 3.3 muestra esta situación.

Figura 3.3. Ventana que muestra el resultado final de la simulación



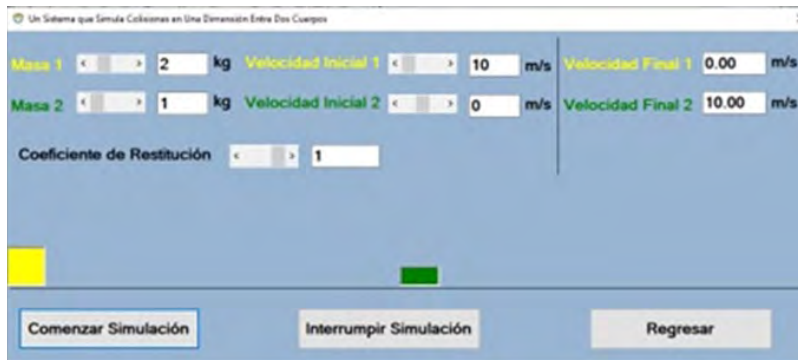
Fuente: elaboración propia.

Vemos en la figura 3.3 que, para este caso, el cuerpo amarillo se queda en reposo y el verde se va mover con la misma velocidad con la que se movía el cuerpo amarillo. Esto sucede si ambas masas son iguales con uno de los cuerpos en reposo y es una colisión perfectamente elástica.

Como siguiente caso, mostraremos lo que sucedería si la masa del cuerpo amarillo es el doble de la masa del cuerpo verde cuando el cuerpo

amarillo golpea al cuerpo verde y es una colisión perfectamente elástica. La figura 3.4 muestra las condiciones con las que se efectuará la colisión.

Figura 3.4. Ventana que muestra el doble de una masa con respecto de la otra



Fuente: elaboración propia.

Vemos en la figura 3.5 que, para este caso, el cuerpo amarillo no se queda en reposo y el verde se va a mover con una velocidad mayor que la velocidad con la que se movía el cuerpo amarillo. Esto sucede si la masa del cuerpo amarillo es el doble de la masa del cuerpo verde y el cuerpo amarillo golpea al verde, además de ser una colisión perfectamente elástica (vid. figura 3.5).

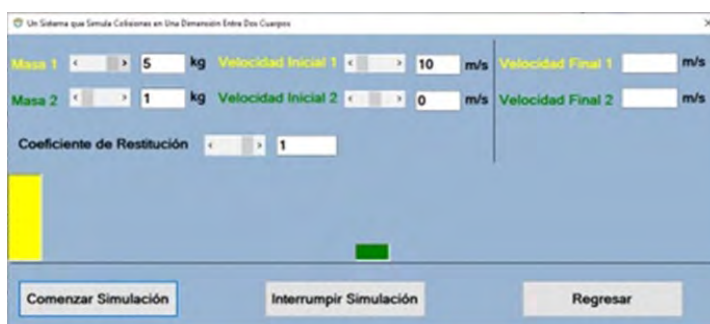
Figura 3.5. Ventana que muestra el resultado de la colisión cuando una masa es el doble de la otra



Fuente: elaboración propia.

Como siguiente caso, mostraremos lo que sucedería si la masa del cuerpo amarillo es cinco veces más grande que la masa del cuerpo verde cuando el cuerpo amarillo golpea al cuerpo verde y es una colisión perfectamente elástica. La figura 3.6 muestra las condiciones con las que se efectuará la colisión.

Figura 3.6. Ventana que muestra cinco veces la masa de un cuerpo con respecto de la otra



Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la simulación vemos que la velocidad del cuerpo verde es mayor que la velocidad del cuerpo amarillo, debido a que su masa es mucho mayor. De esta forma, vemos que, mientras mayor sea la masa del cuerpo que golpea, mayor será la velocidad con la que se mueva el cuerpo

Figura 3.7. Ventana que muestra la colisión cuando una masa es cinco veces mayor que la otra



Fuente: elaboración propia.

de menor masa después de la colisión; considerando que el cuerpo de menor masa se encontraba en reposo antes de la colisión y que la colisión es perfectamente elástica.

Como siguiente caso, mostraremos lo que sucedería si las masas de los cuerpos son iguales, pero se mueven en sentido contrario, considerando que es una colisión perfectamente elástica. La figura 3.8 muestra las condiciones con las que se efectuará la colisión.

Figura 3.8. Ventana que muestra las velocidades de ambos cuerpos en direcciones opuestas

Un Sistema que Simula Colisiones en Una Dimensión Entre Dos Cuerpos

Masa 1	1 kg	Velocidad Inicial 1	10 m/s	Velocidad Final 1	m/s
Masa 2	1 kg	Velocidad Inicial 2	-10 m/s	Velocidad Final 2	m/s
Coeficiente de Restitución		1			

Comenzar Simulación Interrumpir Simulación Regresar

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la simulación, vemos que las velocidades de ambos cuerpos son iguales, solo que se dirigen en direcciones opuestas. Esto sucede si

Figura 3.9. Ventana que muestra el resultado de la colisión cuando dos cuerpos de igual masa se mueven en direcciones opuestas

Un Sistema que Simula Colisiones en Una Dimensión Entre Dos Cuerpos

Masa 1	1 kg	Velocidad Inicial 1	10 m/s	Velocidad Final 1	-10.00 m/s
Masa 2	1 kg	Velocidad Inicial 2	-10 m/s	Velocidad Final 2	10.00 m/s
Coeficiente de Restitución		1			

Comenzar Simulación Interrumpir Simulación Regresar

Fuente: elaboración propia.

ambas masas son iguales y se dirigen uno hacia el otro en direcciones opuestas antes de la colisión y que la colisión es perfectamente elástica. (vid. figura 3.9).

Como siguiente caso, mostraremos lo que sucedería si las masas de los cuerpos son diferentes y se mueven en sentidos contrarios con la misma velocidad, considerando que es una colisión perfectamente elástica. En particular la masa de uno de los cuerpos es igual al doble del otro cuerpo. La figura 3.10 muestra las condiciones con las que se efectuará la colisión.

Figura 3.10. Ventana que muestra las velocidades de ambos cuerpos en direcciones opuestas y masas diferentes

Variable	Value	Unit
Masa 1	2	kg
Velocidad Inicial 1	10	m/s
Velocidad Final 1		m/s
Masa 2	1	kg
Velocidad Inicial 2	-10	m/s
Velocidad Final 2		m/s
Coefficiente de Restitución	1	

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la simulación, vemos que las velocidades de ambos cuerpos son diferentes y se dirigen en direcciones opuestas. Esto es debido a

Figura 3.11. Ventana que muestra el resultado de la colisión cuando dos cuerpos con diferente masa se mueven en direcciones y velocidades opuestas

Variable	Value	Unit
Masa 1	2	kg
Velocidad Inicial 1	10	m/s
Velocidad Final 1	-3.33	m/s
Masa 2	1	kg
Velocidad Inicial 2	-10	m/s
Velocidad Final 2	16.67	m/s
Coefficiente de Restitución	1	

Fuente: elaboración propia.

que la masa del cuerpo amarillo es mayor que la del cuerpo verde, ocasionando que después de la colisión el cuerpo amarillo se mueva con menor velocidad que el cuerpo de color verde. También se puede comprobar que las cantidades de movimiento de los cuerpos antes de la colisión es igual a la suma de las cantidades de movimiento después de la colisión. Note que la velocidad del cuerpo verde es mayor después de la colisión (*vid.* figura 3.11).

Como siguiente caso, mostraremos lo que sucedería si la masa del cuerpo amarillo es cinco veces más grande que la del cuerpo verde y se mueven en sentidos contrarios con la misma velocidad, considerando que es una colisión perfectamente elástica. La figura 3.12 muestra las condiciones con las que se efectuará la colisión.

Figura 3.12. Ventana que muestra las velocidades de ambos cuerpos en direcciones opuestas y la masa de un cuerpo es cinco veces mayor que la masa del otro cuerpo



Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la simulación, vemos que las velocidades de ambos cuerpos son diferentes y se dirigen en direcciones opuestas. Esto es debido a que la masa del cuerpo amarillo es mayor que la del cuerpo verde, ocasionando que después de la colisión el cuerpo amarillo se mueva con menor velocidad que el cuerpo de color verde. También se puede comprobar que las cantidades de movimiento de los cuerpos antes de la colisión es igual a la suma de las cantidades de movimiento después de la colisión. Note que la velocidad del cuerpo verde es mucho mayor después de la colisión. De aquí podemos concluir que mientras más grande sea la masa de uno de los cuerpos, el otro cuerpo se moverá cada vez con mayor velocidad des-

pués de la colisión, siempre y cuando sea una colisión perfectamente elástica. De hecho, el cuerpo de mayor masa se sigue moviendo en la misma dirección, pero con menor velocidad. Esto nos indica que puede haber una masa en el cuerpo amarillo de tal forma que, al chocar con el objeto verde, éste se mueva y el objeto amarillo quede en reposo (*vid.* figura 3.13).

Figura 3.13. Ventana que muestra el resultado de la colisión cuando uno de los cuerpos tiene una masa cinco veces mayor que la otra y se mueven con velocidades opuestas



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

- El sistema sirve para comprobar que la cantidad de movimiento se conserva, independientemente de que sea una colisión elástica o inelástica.
- Aunque el sistema no muestra que la energía cinética se conserva en una colisión elástica y no se conserva en una colisión inelástica, el usuario puede comprobarlo haciendo uso de la ecuación que calcula dicha energía.
- El sistema solo muestra simulaciones de colisiones en una dimensión entre dos cuerpos, pero los resultados se pueden generalizar a colisiones entre más cuerpos.
- El sistema puede mostrar que en una colisión elástica los cuerpos nunca van a quedar en reposo simultáneamente. Uno puede quedar en reposo, pero no ambos.

- El sistema puede mostrar que en una colisión inelástica es posible que los cuerpos queden en reposo. Este resultado dependerá de las masas y de las velocidades de los cuerpos. Es muy común que, en los accidentes de tránsito, los autos queden unidos. Dependiendo de las masas de los autos y de la posición que queden, es posible que se conozcan las velocidades con la que se movían los autos antes de la colisión.
- Con el sistema se pueden hacer muchas combinaciones entre las masas, las velocidades y el coeficiente de restitución. Con ello, el usuario podrá observar cómo influyen cada una de estas variables en el resultado de la colisión. Dependiendo de los valores de las masas de los cuerpos, sus velocidades y del coeficiente de restitución, los cuerpos se quedarán en reposo, o uno de ellos se quedará en reposo y el otro iniciará un movimiento o continuará moviéndose en la misma o diferente dirección o se moverán ambos en la misma o diferente dirección.

Referencias

- Beltrán, V. y Braun, E. (1975). *Principios de Física*. Trillas.
- Bueche, F. J. (1990). *Física general*. McGraw-Hill.
- Ceballos, F. J. (2010). *Enciclopedia de Microsoft visual basic*. Alfaomega.
- Hewitt, P. (1995). *Física conceptual*. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Resnick, R. y Halliday, D. (1980). *Física* (vol. 1). CECSA.
- Serway, R. A. (1985). *Física*. Interamericana.
- Tipler, P. A. (1995). *Física*. Reverté.