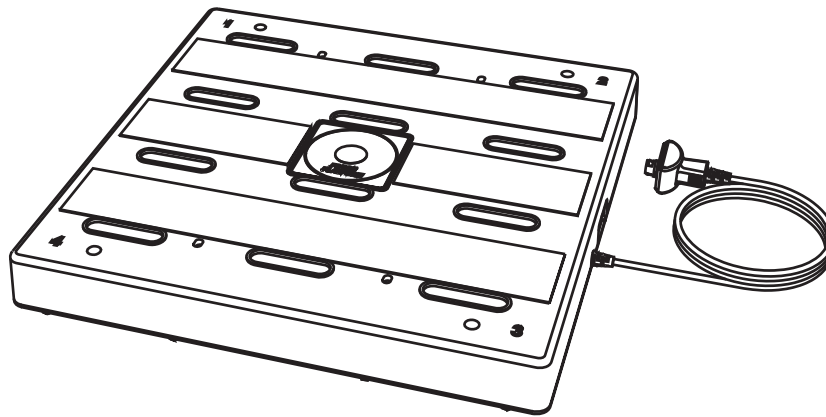


# Plataforma de fuerza

**PS-2141**

<b>Material Incluido</b>	<b>Referencia</b>
Plataforma de fuerza	PS-2141
<b>Material requerido</b>	
Interface PASPORT <sup>1</sup>	Ver catálogo de PASCO o <a href="http://www.pasco.com">www.pasco.com</a>
<b>Material opcional</b>	
Juego de asas	PS-2548

<sup>1</sup> Interfaces PASPORT compatibles: Powerlink (PS-2001), Xplorer GLX (PS-2002), USB Link (PS-2100A) y otras. Para más información, vea el catálogo de PASCO, visite [www.pasco.com](http://www.pasco.com) o póngase en contacto con el soporte técnico de PASCO. La Xplorer (PS-2000) con la versión de firmware 1.14 o anterior es compatible conectada a un ordenador (no en modo autónomo).

## Introducción

La plataforma de fuerza PASPORT, usada con una interface PASPORT, mide continuamente la fuerza (hasta 4.400 N o 1.000 libras) aplicada por una persona u objeto. Se puede utilizar la plataforma de fuerza para medir el peso estático de una persona de pie sobre ella o la fuerza vertical dinámica involucrada en el movimiento y el salto. Tiene el rango de medida y la fuerza para dar cabida a personas de todos los tamaños y la sensibilidad para medir fuerzas pequeñas, tales como el peso de una pelota. Coloque la plataforma en el suelo o sobre una mesa para medir la fuerza vertical, o móntela en una pared para medir la fuerza horizontal. Con el juego de asas opcio-

nal, se puede utilizar la plataforma para medir tanto la fuerza de "tiro" como la de "empuje".

## Cómo funciona

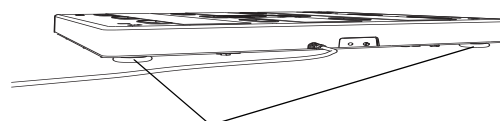
Cuando un objeto se coloca en la plataforma de fuerza, se aplica una fuerza normal a la superficie de la plataforma; esta fuerza es el peso del objeto. Debido a que la plataforma de fuerza no se mueve (demasiado), la fuerza aplicada por el suelo a las patas de la plataforma aumenta en una cantidad igual al peso del objeto. Cada una de las cuatro patas está conectada a una viga con una galga extensiométrica, a través de la cual la electrónica de la plataforma mide la fuerza. La plataforma calcula y envía la suma de estas cuatro fuerzas. La fuerza se mide de esta manera, incluso si no es constante, por ejemplo, la fuerza aplicada por una pelota que rebota o una persona saltando.

Así como la suma de las fuerzas aplicadas a las cuatro vigas, la plataforma se puede ajustar para obtener la fuerza medida por separado de *cada* viga. A continuación se indican las instrucciones sobre cómo hacer visibles estas mediciones.

## Configuración del hardware

### En el suelo

Coloque la plataforma de fuerza en el suelo. Funciona mejor en un suelo duro, como de baldosas o madera, en vez de alfombra, que permitiría que la plataforma se moviera ligeramente cuando se coloca sobre ella. Si el suelo no está perfectamente nivelada, ajuste las patas de la plataforma, girándolas, para nivelar y estabilizar la plataforma. La plataforma debe tener las cuatro patas en el suelo, sin que nada toque la superficie inferior plana.

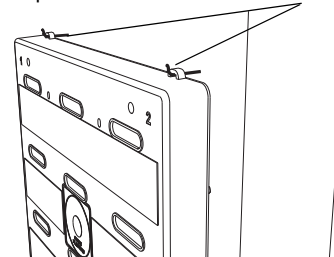


Gire las patas para nivelar la plataforma de fuerza

### En una pared

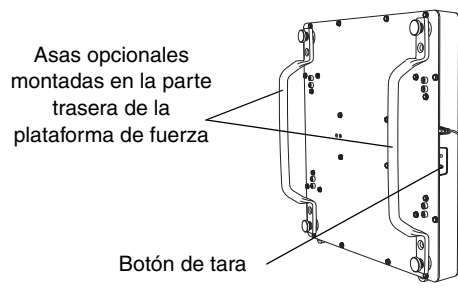
Para medir la fuerza horizontal, use las pestañas de un lado de la plataforma para colgarla en la pared con un par de tornillos o ganchos. Asegúrese de que las cuatro patas estén en contacto estable con la pared.

Cuelgue la plataforma de fuerza usando las



### Con el juego opcional de asas

Monte las asas en las piezas roscadas de latón de la parte superior de la plataforma, o desmonte las patas y monte las asas de la parte inferior de la plataforma. Con las asas, puede mantener la plataforma contra una pared para medir fuerza horizontal de empuje. Si dispone de dos plataformas con asas (montadas en la parte inferior), se puede demostrar la tercera ley de Newton empujando las plataformas juntas. Tenga en cuenta que la plataforma mide sólo la componente de fuerza normal a la superficie.





## Interface y configuración del programa

Conecte el cable de la plataforma a una interface PASPORT. Se ilumina un LED verde en la plataforma para indicar que la unidad está encendida y lista para tomar datos. Pulse el botón de tara para ajustar la salida a cero.

### Uso de la plataforma de fuerza con DataStudio

Si está utilizando un ordenador, inicie DataStudio. Pulse el botón de Inicio para comenzar la recopilación de datos. Por defecto, la plataforma adquiere datos a 10 muestras por segundo y los muestra en unidades de Newtons (N). Puede cambiar esta configuración en la ventana Configuración del Experimento. (Pulse el botón Configuración para abrir la ventana). En la ventana de configuración también se puede hacer por separado la medida de fuerza de cada viga. Para obtener más instrucciones sobre cómo utilizar DataStudio, pulse F1 para abrir la ayuda en línea de DataStudio.

### Uso de la plataforma de fuerza con la Xplorer GLX

Si está utilizando una Xplorer GLX sin un ordenador, pulse  para iniciar la adquisición de datos. Por defecto, la plataforma recoge datos a 10 muestras por segundo y los muestra en unidades de Newtons (N). Puede cambiar esta configuración en la pantalla Sensores. (En la pantalla Inicio, pulse  para abrir la pantalla Sensores). En la pantalla Sensores también se puede hacer por separado la medida de fuerza de cada viga. Para obtener más instrucciones sobre el uso de la Xplorer GLX, consulte la Guía de Usuario de GLX.

## Seguridad



**Profesores:** La plataforma de fuerza está diseñada para ser utilizada por los estudiantes bajo la supervisión de un profesor. Asegúrese de que todos los usuarios entienden y siguen estas directrices cuando salten o pisen la plataforma.

- No se pare en la plataforma o salte sobre ella desde las mesas, sillas u otros objetos inapropiados.
- Antes de saltar o subir a la plataforma, tenga la certeza de que no va a patinar o moverse y que se apoyará por completo con el pie o los pies sobre la plataforma, sin colgar sobre el borde.
- Utilice la plataforma lejos de objetos que puedan interferir con sus movimientos o dañarle si se cae.
- Siga todas las demás reglas de seguridad y directrices que le sean de aplicación.

## Actividades sugeridas

### Tiempo en suspensión

Párese sobre la plataforma y salte verticalmente. Mira una gráfica de la fuerza en función del tiempo para determinar su "tiempo en suspensión", o cuanto tiempo pasa en el aire. ¿Está relacionado su tiempo en suspensión con lo alto que salta? ¿Qué otros factores afectan al tiempo en suspensión?

Para medidas de tiempo más precisas, utilice una velocidad de muestreo mayor.

### Impulso vertical

Use un sensor de movimiento (PS-2103A) para medir la posición y velocidad de la parte superior de su cabeza al saltar sobre la plataforma. ¿Cuál es la medida de su velocidad vertical en el momento en que sus pies dejan la plataforma? Si asume que usted es una masa puntual, ¿esta velocidad se corresponde con el tiempo en suspensión medido? ¿Por qué no?

Párese sobre la plataforma y presione el botón de tara. Doble las rodillas y salte con un movimiento suave. La gráfica del área bajo la fuerza en función del tiempo es el impulso. ¿De qué manera se compara el impulso del salto con el de aterrizaje? Utilizando el impulso medido, calcule su velocidad de lanzamiento.

Compare la velocidad medida por un sensor de movimiento con la velocidad calculada a partir del impulso. ¿Por qué no son necesariamente iguales?

### Impulso horizontal

Cuelgue la plataforma de fuerza sobre una pared. Pulse el botón de tara. Siéntese en una silla con ruedas, un carro cinestésico (SE-8747) o un aerodeslizador (ME-9838) y empuje contra la plataforma. Mida el impulso, o el área bajo una gráfica de la fuerza en función del tiempo. ¿Cómo está relacionado el impulso con el momento inmediatamente después de empujar?

Use un sensor de movimiento (PS-2103A) para medir su velocidad a medida que empuja. Utilice esta velocidad para calcular su momento y compárelo con el impulso. (Recuerde que debe tener en cuenta la masa de la persona y de la silla, carro, o aerodeslizador.)

### Distribución de la fuerza (con una sola plataforma)

En una gráfica, mostrar las mediciones de fuerza por separado de cada una de las cuatro vigas de la plataforma. Párese sobre la plataforma y cambie lentamente el peso de su pie izquierdo al derecho. Lentamente cambie su peso de sus talones a los pies. ¿Qué sucede con las fuerzas medidas en las cuatro esquinas de la plataforma? ¿Qué sucede con la suma de estas fuerzas?

### Distribución de la fuerza (con dos plataformas)

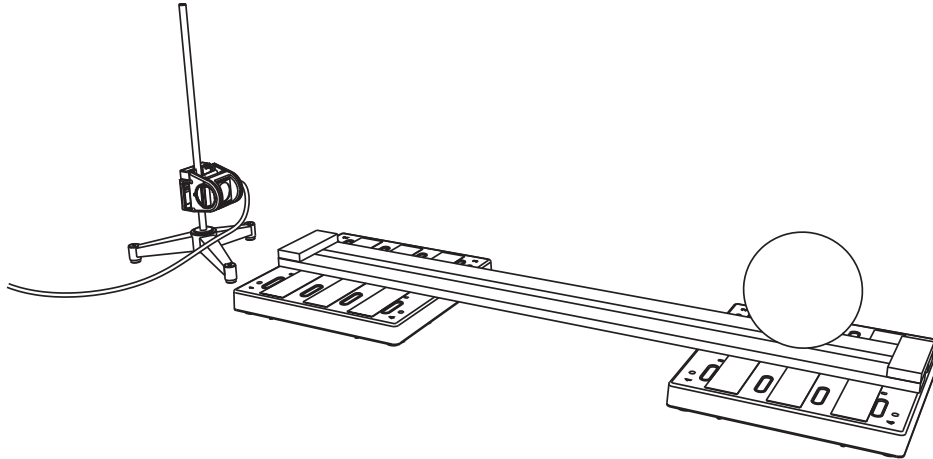
Coloque dos plataformas de fuerza en el suelo y coloque dos placas paralelas (como en la foto) para que actúen como un puente. Pulse los botones de tara. Coloque una pelota pesada sobre las placas. Configure un sensor de movimiento (PS-2103A) para



medir la posición de la pelota. Mientras que se toman datos, dé a la pelota un impulso para que ruede a lo largo de las placas.

¿Cuál es la relación entre la posición de la pelota y la fuerza medida por cada plataforma? ¿Cómo cambia la suma de las fuerzas?

Calcule los pares cambiantes de cada plataforma, aplicados a las placas, al rodar la pelota. ¿Cómo cambia la suma de los pares?



## Experimento: Pelota rebotando

Material requerido	Referencia
Plataforma de fuerza	PS-2141
Interface PASPORT	Ver catálogo de PASCO o www.pasco.com
Pelota de goma inflada	

En este experimento se deja caer una pelota en la plataforma de fuerza, permitiendo que rebotar. En la Parte 1 se examinará la relación entre el impulso de un solo bote y el tiempo entre rebotes. En la parte 2, se observará lo que sucede cuando la pelota pasa por una serie de rebotes que disminuyen y se para en la plataforma.

### Teoría

Como una pelota experimenta una serie de rebotes en la plataforma, hay dos fases alternas.

#### Fase 1: Pelota en contacto con la plataforma

Esta fase comienza cuando la pelota descendiendo toma contacto con la plataforma y termina cuando la pelota deja la plataforma. Durante este tiempo, la fuerza aplicada a la plataforma (medida por la plataforma) provoca un cambio en la velocidad ( $v_{\text{subida}} - v_{\text{bajada}}$ ) de la pelota, donde  $v_{\text{bajada}}$  (un valor negativo) es la velocidad de la pelota al golpear la plataforma y  $v_{\text{subida}}$  (positivo) es la velocidad cuando deja la plataforma. El cambio del momento ( $\Delta P$ ) de la pelota viene dado por

$$(EQ. 1) \quad \Delta P = m(v_{\text{up}} - v_{\text{down}})$$

dónde  $m$  es la masa de la pelota. Mediante la segunda ley de Newton,  $F = dP/dt$ , el cambio en el momento es igual al impulso de la colisión.

$$\Delta P = \text{impulso} = \int F dt$$

Por lo tanto  $\Delta P$  También es igual al área bajo una fuerza en función del tiempo trama.

#### Fase 2: Pelota en caída libre

La fase de caída libre se produce entre rebotes, cuando la pelota no está en contacto con la plataforma. (A pesar de que se dice que es de "caída" libre, la pelota viaja *hacia arriba* durante la primera mitad de esta fase). Si la altura máxima de la pelota es menor de aproximadamente un metro, la resistencia de fricción del aire es pequeña y podemos asumir que la pelota experimenta una aceleración constante mientras que está en caída libre.

Si la pelota sale de la plataforma en el momento  $t_0 = 0$ , viajando (hacia arriba) con una velocidad de  $v_0$ , podemos escribir

$$(EQ. 2) \quad v = v_0 - gt$$

dónde  $v$  es la velocidad en algún momento posterior  $t$  y  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Si  $t$  es igual al tiempo que la pelota pasa en el aire entre rebotes (el "tiempo en suspensión"),

entonces  $v = -v_0$ . En otras palabras, la pelota golpea la plataforma a la misma velocidad que dejó anteriormente la plataforma. Por lo tanto,

$$(EQ. 3) \quad v_0 = \frac{1}{2}gt$$

Mediante la medida de los tiempos en suspensión antes y después de una colisión, se pueden calcular las velocidades de la pelota justo antes y justo después de la colisión. (Tenga en cuenta que lo que hacemos *no* se asume que estas velocidades sean iguales). Usando estas velocidades, se puede calcular el cambio del momento. El cambio del momento puede ser comparado con el impulso calculado utilizando la gráfica del área bajo la fuerza en función del tiempo.

### Coeficiente de restitución

El coeficiente de restitución es la relación de las velocidades de la pelota justo antes y justo después de un solo bote (ambas velocidades se miden como valores *positivos*). Esta relación es la misma para cada rebote. Se puede ver el efecto de esta reducción de la velocidad observando que la altura máxima después de sucesivos botes disminuye. Con la plataforma de fuerza también se puede observar que la fuerza máxima de cada rebote disminuye y el tiempo entre rebotes disminuye.

Una pelota ideal, en una superficie ideal seguiría rebotando indefinidamente, con la altura máxima después de cada rebote cercana a cero asintóticamente. Una pelota real finalmente se detiene rebotando, pero continúa oscilando durante algún tiempo mientras permanece en contacto con la plataforma antes de detenerse finalmente.

## Parte 1: Impulso y momento

### Procedimiento

1. Ajuste la frecuencia de muestreo de la plataforma de fuerza lo más alta posible (ya sea 1.000 Hz o 2.000 Hz).
2. Pulse el botón de tara.
3. Sostenga la pelota sobre 0,5 m por encima de la plataforma. Comience la adquisición de datos y suelte la pelota. Deje que la pelota rebote tres veces. Detenga la recopilación de datos.

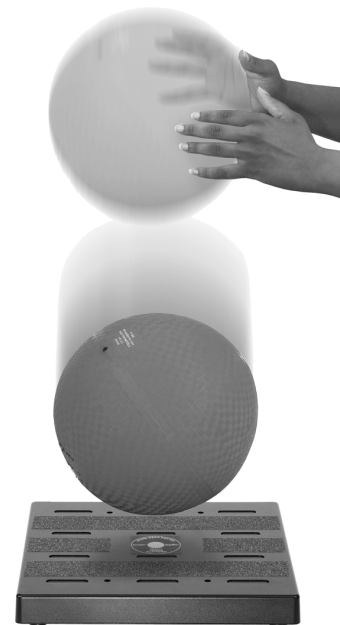
La pelota debe golpear la plataforma cerca del centro en cada rebote. Si no es así, borre los datos y vuelva a intentarlo.

### Análisis

1. Mida el tiempo en suspensión entre el primero y el segundo rebote ( $t_{\text{antes}}$ ).
2. Calcule la velocidad de la pelota justo antes del segundo bote.

$$v_{\text{down}} = -\frac{1}{2}gt_{\text{before}}$$

3. Mida el tiempo de caída entre el segundo y tercer rebotes ( $t_{\text{después}}$ ).
4. Calcular la velocidad de la pelota justo después del segundo bote.



$$v_{\text{up}} = \frac{1}{2}gt_{\text{after}}$$

- Ajuste la frecuencia de muestreo de la plataforma a 5 Hz. Pulse el botón de tara. Coloque la pelota en la plataforma y recoja los datos durante varios segundos. Use la fuerza medida para calcular la masa de la pelota ( $m$ ).
- Calcular el cambio en el momento de la pelota:

$$\Delta P = m(v_{\text{up}} - v_{\text{down}})$$

Si la pelota dejó la plataforma más lento que la golpeó, ¿por qué  $\Delta P$  es positivo?

- En la gráfica de la fuerza en función del tiempo, aumente el segundo bote. Mida el área bajo la curva durante el intervalo de tiempo al comenzar cuando la pelota toca la plataforma y al finalizar cuando sale de la plataforma; esto es el impulso. Compare este valor con la respuesta del paso 6.

## Parte 2: Coeficiente de restitución

### Procedimiento

Repita el procedimiento de la Parte 1, pero esta vez deje caer la pelota desde una altura menor y permita que continúe rebotando hasta que se queda en reposo en la plataforma. Es probable que tenga que probar varias veces.

### Análisis

- ¿Cuál es la fuerza máxima medida durante el primer rebote? ¿Cómo se compara con el peso de la pelota? ¿Cuál es la fuerza medida entre rebotes cuando la pelota está en el aire?
- Observe que la fuerza máxima de cada rebote es menor que la del rebote anterior. Encuentre una ecuación simple que aproximadamente modele este descenso sobre todas las series de rebotes.
- En algún punto de la gráfica, la pelota para de rebotar en la plataforma, pero continúa oscilando mientras permanece en contacto con la plataforma. ¿Cómo se puede identificar a este punto?
- Aumente la zona del área de la gráfica donde la pelota está oscilando pero no está rebotando. Describa lo que ocurre con la mínima fuerza medida para cada ciclo de oscilación cuando la pelota se detiene.
- ¿Cuál es la fuerza final medida después de que la pelota haya llegado a descansar sobre la plataforma? ¿Cómo es esta fuerza relacionada con la masa de la pelota?

### Estudio adicional

- Mida los tiempos en suspensión entre varios rebotes sucesivos y regístrelos en una tabla. Utilice la ecuación 3 para calcular la velocidad de lanzamiento de la pelota después de cada rebote. (Suponga que la velocidad de lanzamiento después de un rebote es igual a la velocidad de impacto antes del siguiente rebote). Haga una gráfica de estas velocidades y use un ajuste exponencial de la curva para encontrar el coeficiente de restitución.



2. Mida los impulsos de dos o más rebotes. ¿Puede encontrar el coeficiente de restitución utilizando sólo los datos del impulso? (Sugerencia: para un solo rebote, demostrar que  $\Delta P$  es proporcional a la velocidad de impacto.)

## Muestreo de datos y notas de profesor

### Parte 1

Se permite que la pelota rebote tres veces. Antes del segundo bote, el tiempo en suspensión es 0,832 s.

$$v_{\text{down}} = -\frac{1}{2}gt_{\text{before}} = -\frac{1}{2}(9.81 \text{ m/s}^2)(0.832 \text{ s}) = -4.08 \text{ m/s}$$

Después del segundo bote, el tiempo en suspensión es 0,730 s.

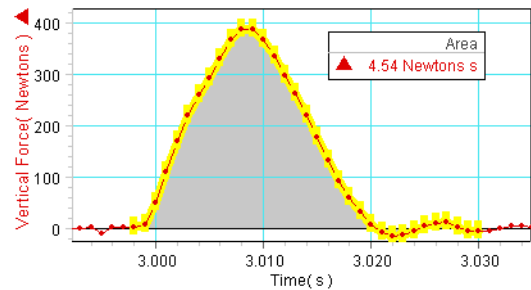
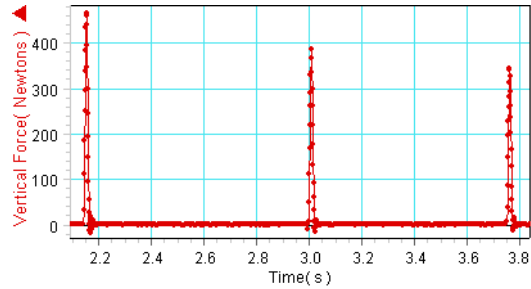
$$v_{\text{up}} = \frac{1}{2}gt_{\text{after}} = \frac{1}{2}(9.81 \text{ m/s}^2)(0.730 \text{ s}) = 3.58 \text{ m/s}$$

El peso de la pelota es 5,74 N; por tanto  $m = 0,585 \text{ kg}$  y

$$\begin{aligned} \Delta P &= m(v_{\text{up}} - v_{\text{down}}) \\ &= (0.585 \text{ kg})(3.58 \text{ m/s} + 4.08 \text{ m/s}) = 4.48 \text{ N}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

Para el segundo bote, el impulso determinado del área bajo la gráfica de la fuerza en función del tiempo es 4,54 N·s, aproximadamente 1% de desviación de  $\Delta P$  calculado anteriormente.

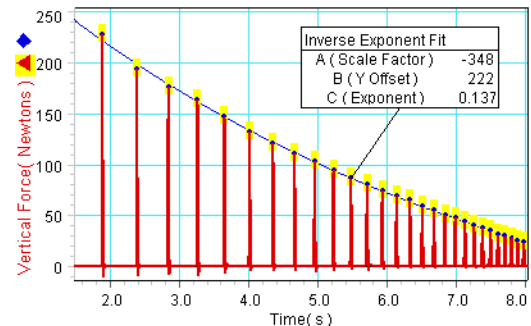
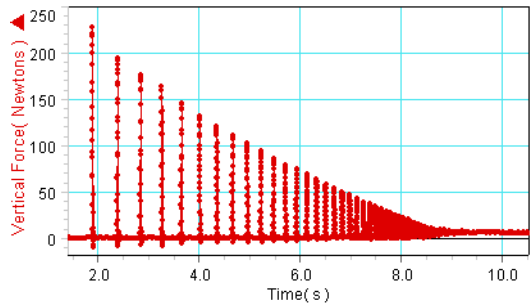
*El área bajo la curva es una medida aproximada del impulso, ya que la gráfica muestra tan sólo la fuerza ejercida por la plataforma, no la fuerza neta sobre la pelota (que incluye la fuerza gravitacional). Una medida más correcta del impulso puede obtenerse mediante el tarado de la plataforma con la pelota descansando en ella de tal modo que la fuerza medida es igual a la fuerza neta de la pelota; sin embargo, esto daría una diferencia poco práctica.*



### Parte 2

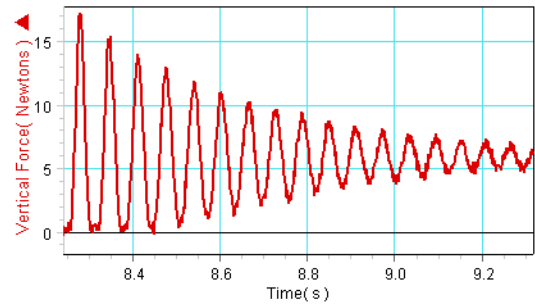
En este caso, la fuerza máxima es de aproximadamente 40 veces el peso de la pelota (los resultados variarán con el tipo de pelota y su altura inicial). La fuerza medida es cero cuando la pelota está en el aire.

La fuerza máxima de los rebotes decae exponencialmente.



Después de que la pelota para de rebotar, oscila sobre la plataforma. Al principio, la fuerza mínima cae casi a cero, lo que indica que la pelota está casi rebotando en la plataforma. Como la amplitud disminuye, el mínimo de cada ciclo se acerca al peso estático de la pelota.

Cuando la pelota ha alcanzado el reposo, la fuerza medida es su peso, igual a  $mg$ .



## Especificaciones

<b>Rango</b>	-1.100 N a +4.400 N (-250 libras a +1.000 libras)
<b>Resolución</b>	0,1 N
<b>Frecuencia máxima de muestreo</b>	2.000 Hz con Xplorer GLX, 1.000 Hz con otras interfaces PASPORT
<b>Función cero (tara)</b>	Botón pulsador
<b>Tamaño de la plataforma</b>	35 cm x 35 cm
<b>Peso</b>	4 kg
<b>Protección sobrecarga</b>	Hasta 6.600 N (1.500 libras; 1.700 N o 375 libras por viga)

## Soporte Técnico

Para obtener ayuda sobre cualquier producto de PASCO, póngase en contacto con PASCO en:

Dirección: PASCO Scientific  
10101 Foothills Blvd.  
Roseville, CA 95747-7100

Teléfono: +1 916-786-3800 (mundial)  
800-772-8700 (USA)

Fax: (916) 786-3292

Web: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

Correo electrónico: [support@pasco.com](mailto:support@pasco.com)

### Garantía limitada

Para una descripción de la garantía del producto, consulte el catálogo de PASCO.

### Derechos de autor

El Manual de Instrucciones 012-09118B *Plataforma de Fuerza* tiene derechos de autor, con todos los derechos reservados. Se concede permiso para instituciones educativas sin ánimo de lucro para la reproducción de cualquier parte de este manual, siempre que las reproducciones se utilicen sólo en sus laboratorios y aulas y no se comercialicen. La reproducción en cualquier otra circunstancia, sin el consentimiento por escrito de PASCO Scientific, está prohibida.

### Marcas comerciales

PASCO, PASCO Scientific, DataStudio, PASPORT, Xplorer y Xplorer GLX son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de PASCO Scientific, en los Estados Unidos y/o en otros países. Todas las demás marcas, productos o nombres de servicios son o pueden ser marcas comerciales o marcas de servicio y se usan para identificar productos o servicios de sus respectivos propietarios. Para más información visite [www.pasco.com/legal](http://www.pasco.com/legal).