



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Coordinación de Ingeniería de Producción

Coordinación de Cooperación Técnica y Desarrollo Social

INFORME DE SERVICIO COMUNITARIO

**APOYO A LOS LABORATORIOS DE FÍSICA DE INSTITUTOS DE EDUCACIÓN MEDIA
(ED0407)**

Realizado por:

Mariángel Olivieri Cervilla

Carné: 08-10812

Tutor Institucional:

Prof. Haydn Barros

Comunidad:

Liceo Bolivariano Julio Bustamante

Representante: Prof. Francisco Lozada

Fecha de culminación: Octubre 2012

Sartenejas, Octubre 2012

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA DEL SERVICIO COMUNITARIO	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
2.1. Descripción de la comunidad	4
2.2. Antecedentes del proyecto	5
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	6
3.1. Título del proyecto.....	6
3.2. Objetivo General.....	6
3.3. Objetivos específicos	7
3.4. Ejecución de actividades realizadas.....	7
4. RELACIÓN DEL PROYECTO TRABAJADO CON LA FORMACIÓN ACADÉMICA	12
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	13
6. BIBLIOGRAFÍA	14
ANEXOS	15

1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA DEL SERVICIO COMUNITARIO

Actualmente nuestro país vive una serie de problemáticas que parecieran no tener solución a corto plazo. La realidad es que los institutos educativos no cuentan con las herramientas y estrategias necesarias para mejorar el nivel educativo en todas sus áreas. En particular los liceos y colegios públicos carecen de presupuesto para mantener sus instalaciones o incluso costear profesores, y la cantidad de estudiantes sigue aumentando y no se dan abasto. En el caso de las ciencias básicas, los laboratorios de práctica son parte fundamental en el desarrollo de un estudiante, ya que permite enseñar que lo que aparece en los libros de texto proviene del mundo real y tiene infinitud de aplicaciones. Además, esta situación tiene como consecuencia que los estudiantes tengan muchas fallas a nivel universitario.

Por esa razón este proyecto tiene como objetivo hacer un aporte con la formación de los estudiantes de educación media, que atienden liceos del Área Metropolitana, como el Liceo Bolivariano Julio Bustamante, contribuyendo mediante el diseño de experimentos y prácticas correspondientes al Laboratorio de Física adecuados a ese nivel de estudios. La idea es donar equipos experimentales necesarios para realizar las prácticas, diseñados y fabricados por estudiantes de la Universidad Simón Bolívar como parte de las actividades enmarcadas en la Ley de Servicio Comunitario, así como elaborar guías de laboratorio para asegurar la ejecución satisfactoria de los experimentos. Más aún, otro objetivo fundamental es emplear mayormente materiales reciclados en el desarrollo de los equipos, de manera que estos puedan ser fácilmente reparados o duplicados por cualquier institución, y que este proyecto sirva como ejemplo para demostrar la realización de experimentos de Física no necesita de equipos costosos.

Específicamente, se construyó un embalaje adecuado para el seguro transporte y almacenaje de los equipos para el experimento: *Elasticidad y El Sistema Masa-Resorte*, la cual tiene como objetivo el estudio del fenómeno de elasticidad de los resortes y el comportamiento de estos cuando son sometidos a fuerza, así como también se mejoró el almacén y etiquetado del experimento *Fricción entre Sólidos*.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como se planteó anteriormente, la mayoría de los liceos públicos, así como muchos de los privados, carecen de las instalaciones y equipos adecuados para integrar el conocimiento científico y su demostración/aplicación práctica, razón por la cual se establece el presente proyecto con la finalidad de promover el aprendizaje entre los estudiantes de educación media a través del aporte de prototipos y guías para la realización de experimentos de laboratorio de física.

2.1. Descripción de la comunidad

El proyecto de Apoyo a los Laboratorios de Física de Institutos de Educación Media (ED0407) está enfocado a liceos ubicados en las comunidades pertenecientes al Área Metropolitana de Caracas y el Estado Miranda. Particularmente, se ha seleccionado el Liceo Bolivariano “Julio Bustamante” como instituto piloto para el desarrollo de este proyecto.

Esta unidad educativa, establecida en 1975, se encuentra ubicada en la parroquia El Recreo de Caracas, y cuenta con 900 estudiantes aproximadamente. Como unidad bolivariana de la parroquia, está orientada a la formación integral, continua y permanente de docentes, alumnos y la comunidad en general. No obstante, la falta de recursos evidenciada en este liceo, así como en muchos otros del Área Metropolitana, dificulta el cumplimiento de este objetivo y disminuye la calidad de la enseñanza en dicha unidad educativa.

2.2. Antecedentes del proyecto

El Laboratorio de Demostraciones de Física de la Universidad Simón Bolívar ha establecido un amplio contacto con el público en general, estudiantes y profesores de Liceos y Colegios, en el área de Física, donde realizan actividades de Extensión y Difusión. Las más relevantes se citan a continuación:

- Participación de estudiantes de Liceos y Colegios en las Demostraciones de Física USB.
- Taller de Demostraciones de Física dentro del Campamento Galileo, ASOVAC, FUNDAVAC, USB, desde 2005.
- Participación en los InfoCarreras desde hace más de 16 años.

- Participación en la Fiesta de los Saberes, Museo de Ciencias de Caracas, Marzo 2006.
- Organización y Participación en el Encuentro de Física para la Educación: Motivación y Experimentos, USB-IPC, junio 2006.
- Exposición Permanente en la Biblioteca de la USB.

Estas experiencias han sido realizadas con la participación de profesores y estudiantes del nivel medio y diversificado, y en consecuencia, se ha planteado por parte de estos profesores y estudiantes, la posibilidad de realizar experimentos de Física que sean interesantes para los estudiantes. La mayor dificultad que señalan es la necesidad de instrumentos y equipos. El Laboratorio de Demostraciones de Física de la USB presenta tanto experimentos que usan equipos relativamente costosos como otros que son montados con muy bajo presupuesto.

De esta manera, nace el presente proyecto como una iniciativa para apoyar la ciencia con la donación de equipos y guías de laboratorio contruidos durante el Servicio Comunitario de estudiantes de la Universidad Simón Bolívar. No obstante, como los recursos son limitados, los experimentos propuestos cuentan con equipos fácilmente reproducibles, siendo posible su construcción con materiales reutilizados, reciclables o de un costo accesible.

Hasta el momento, se han ensamblado prototipos para los experimentos: Fricción en un plano inclinado, Fricción en una plataforma giratoria y Circuitos eléctricos; y se han elaborado guías de laboratorio para los mismos, y, adicionalmente, para las prácticas de: Elasticidad de un resorte y Péndulo simple; enmarcados en el proyecto de Apoyo a los Laboratorios de Física de Institutos de Educación Media (ED0407).

Por su parte, el presente proyecto en particular tiene como objetivo contribuir con el embalaje de prototipos para las prácticas *Elasticidad* y *El Sistema Masa-Resorte* y *Fricción entre Sólidos*.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Título del proyecto

Embalaje e identificación de prototipos para los estudios sobre: la elasticidad de un resorte y fricción entre sólidos.

3.2. Objetivo general

Optimizar los empaques de los montajes experimentales para la realización de los experimentos de física: *Elasticidad y El Sistema Masa-Resorte y Fricción entre Sólidos*, utilizando materiales reciclados o de bajo costo, y elaborar su respectiva Ficha de Contenido, con el fin donarlos al Liceo Bolivariano Julio Bustamante, para contribuir a mejorar el laboratorio de práctica de esta institución e incentivar, tanto a los estudiantes como a las profesores, a aprender física de una manera práctica, útil y entretenida.

3.3. Objetivos específicos

- Construcción de embalaje para el montaje experimental del Sistema Masa-Resorte.
- Acabado final y etiquetado del montaje experimental de Fricción entre Sólidos.
- Usos de materiales de bajo costo y reciclados que sean de utilidad

3.4. Ejecución de las actividades realizadas

A continuación se describen las actividades y experiencias llevadas a cabo en el cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto.

El primer paso fue la familiarización con el proyecto y sus antecedentes, incluyendo los avances hechos hasta el momento en relación al mismo. En este sentido, se asistió a una charla informativa a cargo del Profesor Haydn Barros donde se explicó con detalle la propuesta del proyecto y la motivación del mismo, así como la situación actual de los liceos en nuestro país. Además, se hizo énfasis en las especificaciones y objetivos de los diseños experimentales (económicos, con materiales de reciclaje, atractivos tanto de forma como de fondo, perdurables en el tiempo, de fácil almacenaje, con elementos innovadores, etc.).

Luego, considerando que uno de los principales objetivos es la construcción de embalaje para experimentos de Física utilizando principalmente materiales reciclados, el siguiente paso fue la búsqueda y recopilación de material que fuera adecuado para guardar ordenadamente el

equipo y transportarlo de forma segura. Para esto, se analizó de qué forma podían almacenarse y transportarse los 6 juegos de experimentos diseñados para la práctica de Elasticidad y Sistema Masa-Resorte. Cada juego contiene los siguientes materiales (Ver figura 1):

- Una barra metálica perforada de 50cm de largo y 1cm de diámetro.
- Una barra metálica delgada de aproximadamente 18cm de largo.
- Una base metálica de un área aproximada de $12 \times 12 \text{ cm}^2$ y 0,5cm de alto.
- Un resorte de hierro y uno de cobre.
- 4 masas.



Figura 1. Elementos del experimento

Dadas las dimensiones diversas de los distintos componentes, se resolvió colocar juntas las piezas pequeñas de los 6 experimentos y guardar en un estuche tubular las barras metálicas, que son de una longitud considerablemente mayor. En tal sentido se diseñó la caja que se muestra en la figura 2. Se adquirió una caja pequeña y utilizando goma espuma se almacenaron las barras metálicas pequeñas y las bases, junto con bolsas pequeñas que contienen ambos resortes y las 4 masas correspondientes a cada juego. En la parte interna de la tapa de la caja, se encuentra adherida una etiqueta que señala detalladamente el contenido de cada juego de experimentos, especificando que en la caja se almacenan 6 juegos y que se deben guardar todas las piezas al finalizar la práctica.



Figura 2: Caja del experimento de Elasticidad y Sistema Masa-Resorte.

Una vez listo el experimento de Elasticidad y Sistema Masa-Resorte, se procedió a completar el experimento Fricción entre Sólidos. Hacía falta terminar uno de los planos inclinados agregándole la masa que permite ajustar el ángulo de inclinación deseado.

Para este experimento se diseñó la etiqueta que se muestra en la figura 3, la cual indica los componentes del juego del experimento y la cantidad de juegos que están dentro de la caja correspondiente. Se realizó una identificación de cada superficie con el objetivo de que para el estudiante sea más sencillo reconocer cada una.



Figura 3: Etiqueta plastificada de cada caja.

4. RELACIÓN DEL PROYECTO TRABAJADO CON LA FORMACIÓN ACADÉMICA DEL ESTUDIANTE

La realización de este proyecto, más allá de cumplir un requisito dentro de mi formación universitaria, significó aportar un granito de arena a solucionar una problemática que tiene de una forma a otra afecta a todo el país. Desafortunadamente, el bajo nivel educativo de los liceos deja a los estudiantes con muchas lagunas de conocimiento que la universidad se ve obligada a llenar para cumplir su objetivo de formar profesionales, lo cual es una inversión de tiempo que no le corresponde. Además, los bachilleres deben realizar un esfuerzo mayor para asimilar los conocimientos debido a que no poseen las herramientas adecuadas.

Al mismo tiempo, el proyecto fue una forma de aplicar los conocimientos que he adquirido estudiando Ingeniería de Producción, ya que para diseñar y optimizar los empaques de los experimentos era necesario tener en cuenta muchos factores:

- Su traslado de un punto a otro debe ser sencillo para el usuario.
- Los materiales a utilizar deben ser preferiblemente económicos, pero más importante aún, que sean resistentes a la manipulación del estudiante y duraderos.
- Los empaques deben procurar que el experimento se mantenga intacto y no sufra algún daño por golpes o causas ambientales (p.e. Lluvia o sol).
- Cada componente de los experimentos debe estar debidamente identificado para evitar confusión en el estudiante a la hora de realizar la práctica.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para almacenar y trasladar los experimentos, se deben diseñar empaques que sean compactos, resistentes y presentables, con la respectiva identificación del experimento y sus componentes. Además se debe procurar que sea fácil de sacar para su uso y de guardar una vez realizada la práctica.

Se debe tener en cuenta que en caso de expandir el proyecto a otras unidades educativas o incluso generar más modelos para la misma unidad, estos deben ser de fácil construcción y diseño, con materiales de bajo costo y fáciles de conseguir dadas las precarias condiciones de trabajo de los liceos.

Se recomienda involucrar a la mayor cantidad de personas en esta iniciativa, que podría llegar a convertirse en un proyecto a gran escala si se obtiene el apoyo necesario.

6. BIBLIOGRAFÍA

Figuroa D., Guerrero L., Sánchez A., Suárez N., Escalona R. y Sajinés D. *Laboratorio 1 de Física, FS-2181*. Equinoccio 2da edición (2004).

Entrevistas:

Profesor Haydn Barros, Univeridad Simón Bolívar.

ANEXO A

Reportaje fotográfico. Trabajo del servicio comunitario



Prototipo de prueba del

Sistema Masa Resorte.



Experimento para determinar

la constante elástica de un resorte de cobre midiendo la elongación del mismo. (Detalle de la pesa, el resorte y la regla)



Resortes de hierro (izquierda) y cobre (derecha)



Adriana



Zaragoza trabajando en con la següeta (foto del lado izquierdo) y en la construcción del Sistema Masa-Resorte (foto de lado derecho)

ANEXO B

Resultados de la determinación de las constantes elásticas de los resorte



Universidad Simón Bolívar

Proyecto de Servicio Comunitario

Apoyo a los laboratorios de física de institutos de educación media (ED0407)

Septiembre –Diciembre 2011

EXPERIMENTO

LEY DE HOOKE Y OSCILADOR MASA-RESORTE

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES ELÁSTICAS DE LOS RESORTES

I. OBJETIVOS

Esta práctica tiene como objetivo estudiar el fenómeno de la elasticidad de los resortes y determinar sus constantes elásticas. Para ello se utilizará la Ley de Hooke y se aplicarán dos métodos distintos: el método estático, a partir de la medición del estiramiento del resorte al sujetar de él objetos de distintas masas; y el método dinámico, mediante la medición del período de oscilación del resorte al sujetar de uno de sus extremos cuerpos de distintas masas.

II. MONTAJE EXPERIMENTAL



Para el experimento se cuenta con dos resortes distintos, uno de cobre y uno de hierro. Así mismo, se cuenta con tres plomadas casi iguales, cuyas masas se presentan en la Tabla 1, a continuación:

Tabla 1. Masas utilizadas en el experimento, con sus errores.

	Plomada	M (Kg)	ΔM (Kg) $\Delta M = \sum \Delta M_i$
1	1	0,0380209	0,0000001
2	2	0,0380476	0,0000001
3	3	0,0379693	0,0000001
4	1+2	0,0760685	0,0000002
5	1+3	0,0759902	0,0000002
6	2+3	0,0760169	0,0000002
7	1+2+3	0,1140378	0,0000003

Los diferentes errores de las masas se deben a que el error para cada una individualmente (ΔM_i) es de 0,0000001 Kg (que corresponde a la apreciación de la balanza utilizada), y las masas utilizadas son

la combinación de varias plomadas. Por lo tanto, sus errores se obtienen por medio de la propagación de errores.

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

Ley de Hooke

“Algunos objetos elásticos como un resorte helicoidal pueden, dentro de ciertos límites, estirarse o comprimirse en una cantidad ΔL que resulte proporcional a la fuerza deformante F ” ^[1].

$$F = -k\Delta L$$

(1)

Donde k es la constante elástica del resorte.

Dinamómetro

Un dinamómetro es un instrumento, basado en la Ley de Hooke, utilizado para medir fuerzas. Un resorte puede ser utilizado como un dinamómetro, si consideramos que “la deformación de un resorte de constante elástica conocida permite medir el valor de la fuerza aplicada” ^[1].

Además, si sujetamos un cuerpo al resorte podemos tener un oscilador armónico. “Si se suspende un objeto de masa m , el resorte sufre un estiramiento X y, en equilibrio, se cumple” ^[1]

$$kX = mg$$

(2)

En consecuencia, al estar la masa en movimiento tendremos un movimiento armónico simple, cuyo período de oscilación (T) vendrá dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

(3)

Si consideramos la masa del resorte despreciable. Si no es así, tenemos que el período de oscilación (T) es igual a:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m + m_{eq}}{k}}$$

(4)

Donde m_{eq} es la masa equivalente del resorte y k la constante elástica del mismo.

Durante las oscilaciones, el resorte se comporta como si tuviera una masa equivalente igual a aproximadamente un tercio de su masa real, es decir: $m_{eq} = 1/3 (m_r)$, donde m_r es la masa total del resorte.

IV. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

PARTE A. Determinación de la constante elástica de resorte por el método estático

1. Se determinan las masas de las distintas plomadas disponibles para el experimento, por medio de una balanza electrónica (de apreciación 0,0000001 Kg).
2. Se selecciona una marca de referencia de la escala graduada (con una apreciación de 0,001 m), a partir de la cuál se medirán los estiramientos del resorte para cada masa.

3. Se sujetan del resorte diferentes masas, y se miden las elongaciones del resorte (una vez alcanzado el equilibrio), en cada caso.
4. Se genera el gráfico de la elongación del resorte en función de la masa, y se realiza un ajuste lineal, por el método de mínimos cuadrados.
5. Se determina la constante elástica del resorte a partir de la pendiente de la recta ajustada, y sabiendo por la Ley de Hooke que dicha pendiente debe ser igual a (g/k) , donde g es la gravedad y k la constante elástica. El error de esta constante se determina por medio de la propagación de errores, utilizando el método de las derivadas parciales.

PARTE B. Determinación de la constante elástica de resorte por el método dinámico (oscilaciones armónicas)

1. Se suspenden del resorte las diferentes masas utilizadas en la parte anterior, y con la ayuda de un cronómetro (de apreciación 0,01 segundos) se determina el período de 20 oscilaciones del resorte para cada masa. El error asociado a cada medición vendrá dado por el tiempo de reacción de una persona, que es igual a 0,2 segundos en promedio.
2. Posteriormente se divide cada resultado y su error entre 20 para obtener el período de una oscilación con su error.
3. Se genera el gráfico del cuadrado del período en función de la masa, y se realiza un ajuste lineal, por el método de mínimos cuadrados.
4. Se determina la constante elástica del resorte tomando en cuenta que la pendiente de la recta ajustada debe ser igual a $(4\pi^2/k)$. El error de esta constante se determina por medio de la propagación de errores, utilizando el método de las derivadas parciales.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

PARTE A. Determinación de la constante elástica de resorte por el método estático

Resorte de Hierro

En la Tabla 2 se presentan las mediciones realizadas de las diferentes masas (M) utilizadas con sus respectivos errores, la distancia que se desplaza el resorte (X) con su error, y finalmente los estiramientos del resorte (X') para cada masa con su respectivo error. Los errores de las masas y de las elongaciones vienen dados por la apreciación de los instrumentos de medida.

La marca de referencia a partir de la cual se toman las medidas es $X_0 = (0,025 \pm 0,001) \text{ m}$, por lo tanto cada estiramiento viene dado por la resta de la distancia medida menos la distancia de referencia, y su error viene dado por la propagación de los errores de ambas medidas.

Tabla 2. Medidas de las masas y de los estiramientos del resorte correspondientes a cada masa, con sus respectivos errores. Resorte de hierro.

	1	2	3	4	5	6	7
M (Kg)	0,0380209	0,0380476	0,0379693	0,0760685	0,0759902	0,0760169	0,1140378
ΔM (Kg)	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000002	0,0000002	0,0000002	0,0000003
X (m)	0,124	0,125	0,123	0,248	0,247	0,247	0,370
ΔX (m)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
$X' = X - X_0$ (m)	0,099	0,100	0,098	0,223	0,222	0,222	0,345
$\Delta X'$ (m)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

La Figura 1 muestra la representación gráfica del estiramiento del resorte (X') en función de la masa (M), para el resorte de hierro:

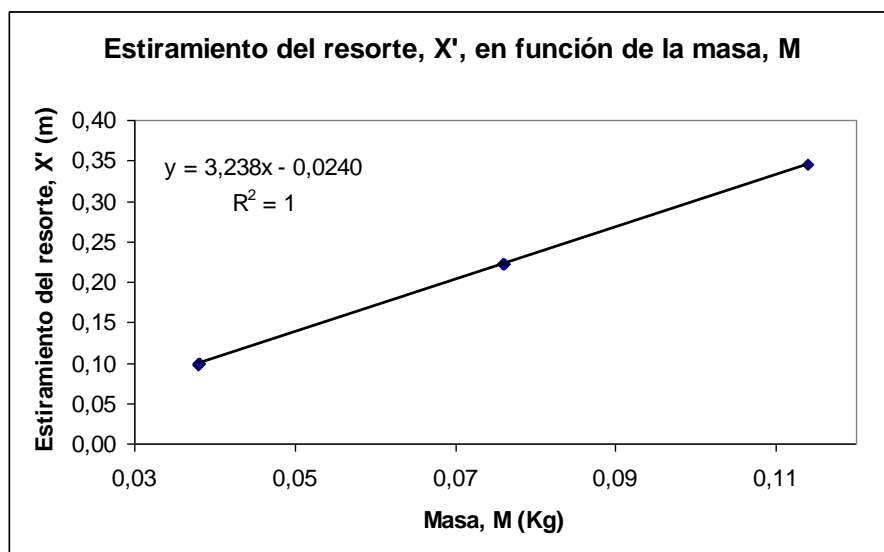


Figura 1. Representación gráfica del estiramiento del resorte, X' , en función de la masa, M . Resorte de hierro.

A partir de este ajuste por mínimos cuadrados, se tiene que la ecuación de la recta es:

$$y = [(3,238 \pm 0,009) \text{ m/kg}] x + [(- 0,0240 \pm 0,0006) \text{ m}]$$

Partiendo de la ecuación (2) tenemos que:

$$X = \frac{g}{k} M$$

Donde X es el estiramiento del resorte, g la aceleración de gravedad, k la constante elástica de resorte y M la masa.

En el caso teórico, el punto de corte (b) de la recta ajustada debería ser igual a cero. Sin embargo, como puede observarse en la ecuación obtenida por mínimos cuadrados, el error de b es considerablemente menor que el valor de b , por lo que, con las mediciones realizadas, no es posible afirmar que el punto de corte sea de hecho nulo.

En este sentido, es posible que se hayan presentado errores sistemáticos durante la realización de las mediciones. En particular, las medidas de elongación podrían tener errores de paralaje, ya que la magnitud de b entra dentro del rango de dicho tipo de errores ($b = 2,4 \text{ cm}$).

Por su parte, la pendiente (m) de la recta obtenida debe ser igual a (g/k). Tomando $g = 9,777828 \text{ m/seg}^2$ (valor local de la aceleración de la gravedad ^[1]), la constante elástica del resorte (k) será la siguiente:

$$k = \frac{g}{m}$$
$$k = 3,020 \left[\frac{N}{m} \right]$$

El error de la constante elástica del resorte, k , se obtiene por propagación de errores, tomando g como constante (ya que su incertidumbre es porcentualmente muy pequeña), de la siguiente forma:

$$\Delta k = \left| \frac{g}{m^2} \right| \Delta m$$

$$\Delta k = 0,009 \left[\frac{N}{m} \right]$$

Utilizando estos resultados, se tiene que la constante elástica del resorte calculada por el método estático para el resorte de hierro es la siguiente:

$$k_{\text{hierro } 1} = (3,020 \pm 0,009) \text{ N/m}$$

Resorte de Cobre

La Tabla 3 es análoga a la Tabla 2, pero las mediciones presentadas se refieren al resorte de cobre. Nuevamente, se utilizó como marca de referencia para las mediciones, $x_0 = (0,025 \pm 0,001) \text{ m}$.

Tabla 3. Medidas de las masas y de los estiramientos del resorte correspondientes a cada masa, con sus respectivos errores. Resorte de bronce.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

M (Kg)	0,0380209	0,0380476	0,0379693	0,0760685	0,0759902	0,0760169	0,1140378
ΔM (Kg)	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,0000002	0,0000002	0,0000002	0,0000003
X (m)	0,118	0,118	0,117	0,244	0,242	0,243	0,372
ΔX (m)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
$X' = X - X_0$ (m)	0,093	0,093	0,092	0,219	0,217	0,218	0,347
$\Delta X'$ (m)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

La Figura 2 muestra la representación gráfica del estiramiento del resorte (X') en función de la masa (M), para el resorte de cobre:

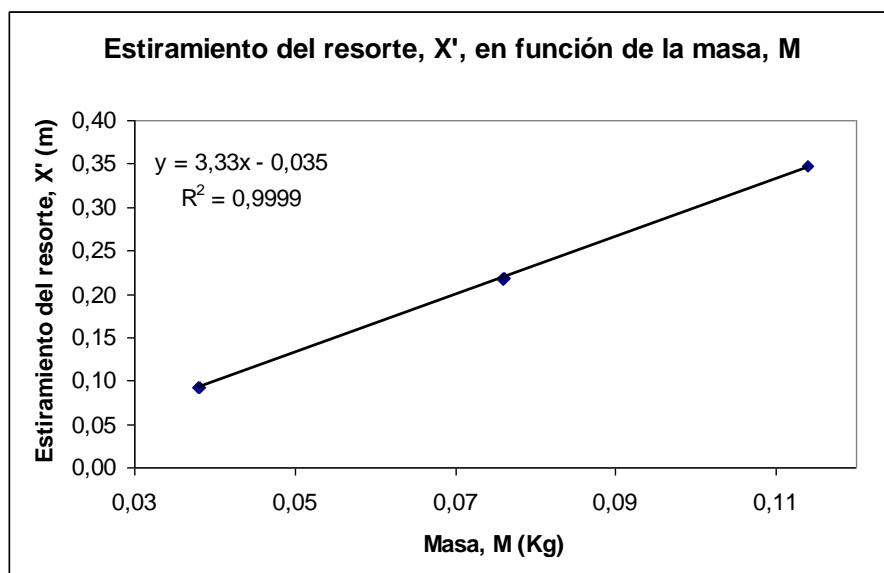


Figura 2. Representación gráfica del estiramiento del resorte, X' , en función de la masa, M . Resorte de cobre.

A partir de este ajuste por mínimos cuadrados, se tiene que la ecuación de la recta es:

$$y = [(3,33 \pm 0,02) \text{ m/kg}] x + [(-0,035 \pm 0,001) \text{ m}]$$

Nuevamente, se evidencia la situación presentada para el resorte de hierro con respecto al valor de b y Δb . Dado que las mediciones con el resorte de cobre se llevaron a cabo de la misma manera que las mediciones con el resorte anterior, la fuente de error más probable en este caso es igualmente la posibilidad de errores de paralaje en las medidas de elongación.

Partiendo de las mismas consideraciones y ecuaciones utilizadas para el resorte de hierro, la constante elástica del resorte de cobre calculada por el método estático, es la siguiente:

$$k_{\text{cobre } 1} = (2,93 \pm 0,01) \text{ N/m}$$

Considerando los valores calculados para las constantes de cada resorte, por medio del método estático, ambos parecen tener la misma elasticidad, ya que las magnitudes de sus k son comparables dentro de la incertidumbre del método. Esto, además, concuerda con lo observado durante la realización de las mediciones, pues las elongaciones medidas para cada masa presentan valores muy similares entre sí para cada resorte, y más aún cuando se considera el error asociado.

PARTE B. Determinación de la constante elástica de resorte por el método dinámico (oscilaciones armónicas)

Resorte de Hierro

En la Tabla 4 se presentan las mediciones realizadas de las diferentes masas (M) utilizadas, así como el período de 20 oscilaciones del resorte ($20 T$), el período de una oscilación (T), y el cuadrado del período (T^2), para cada masa. Todos los valores están acompañados de su respectiva incertidumbre. El

error en los valores de T y T^2 se obtiene por propagación de errores, utilizando el método de las derivadas parciales.

Tabla 4. Medidas de las masas y los períodos de oscilación correspondientes a cada una, con sus respectivos errores. Resorte de hierro.

	M (Kg)	ΔM (Kg)	20T (seg)	$\Delta(20T)$ (seg)	T (seg)	ΔT (seg)	T^2 (seg ²)	ΔT^2 (seg ²)
1	0,0380209	0,0000001	13,5	0,2	0,68	0,01	0,46	0,01
2	0,0380476	0,0000001	13,5	0,2	0,68	0,01	0,46	0,01
3	0,0379693	0,0000001	13,5	0,2	0,67	0,01	0,45	0,01
4	0,0760685	0,0000002	19,3	0,2	0,97	0,01	0,93	0,02
5	0,0759902	0,0000002	19,3	0,2	0,96	0,01	0,93	0,02
6	0,0760169	0,0000002	19,3	0,2	0,96	0,01	0,93	0,02

La Figura 3 muestra la representación gráfica del cuadrado del período en función de la masa, la recta ajustada a este rango de datos y la ecuación de dicha recta, para el resorte de hierro.

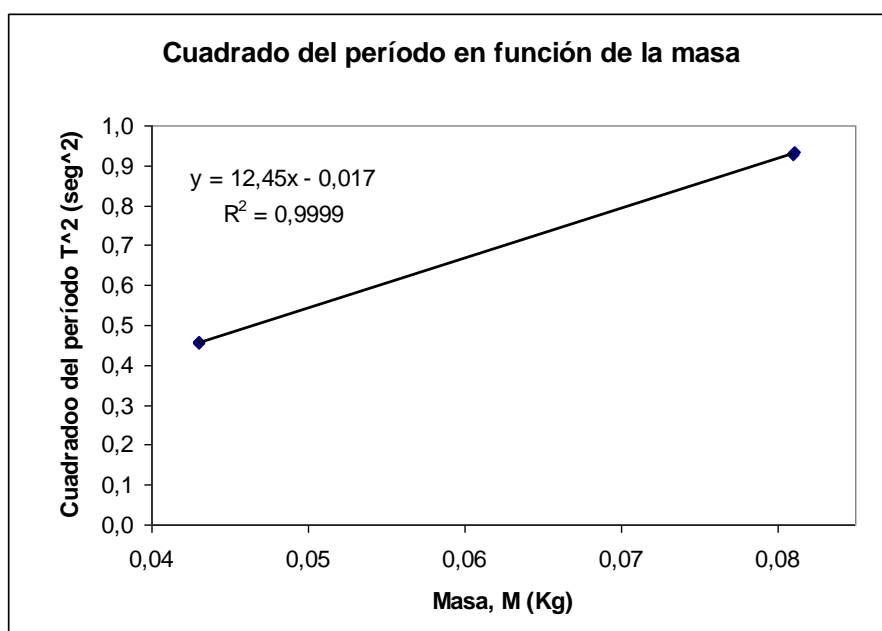


Figura 3. Representación gráfica del cuadrado del período, T^2 , en función de la masa, M . Resorte de hierro.

A partir de este ajuste por mínimos cuadrados, se tiene que la ecuación de la recta es:

$$y = [(12,45 \pm 0,05) \text{ s}^2/\text{kg}] x + [(-0,017 \pm 0,003) \text{ s}^2]$$

Tomando en cuenta la ecuación (4), tenemos que:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{k} \right) M + \frac{4\pi^2}{k} m_{eq}$$

Donde T^2 es el cuadrado del período, M la masa, k la constante elástica del resorte y m_{eq} la masa equivalente del resorte. Sin embargo, consideraremos que esta última es despreciable en comparación con la magnitud de las masas utilizadas.

Si no se considera la masa equivalente del resorte despreciable, ésta debería obtenerse a partir del valor del punto de corte (b) de la recta ajustada, en el caso teórico. Sin embargo, como puede observarse en la ecuación obtenida por mínimos cuadrados, el valor de b no solamente es pequeño, sino que además es negativo, lo que hace imposible el cálculo de una masa a partir de él. Por otro lado, el error de b es considerablemente menor que el valor de b , por lo que no es posible afirmar que éste sea nulo.

En este caso, es posible que el tiempo de reacción en la realización del experimento tenga un efecto significativo en los valores de las medidas y que esto sea una fuente de error.

Por su parte, la pendiente de la recta (m) obtenida debe ser igual a $(4\pi^2/k)$, y la constante elástica del resorte (k) será la siguiente:

$$k = \frac{4\pi^2}{m}$$

$$k = 3,17 \left[\frac{N}{m} \right]$$

El error de la constante elástica del resorte, k , se obtiene por propagación de errores, mediante el método de derivadas parciales, de la siguiente forma:

$$\Delta k = \left| \frac{4\pi^2}{m^2} \right| \Delta m$$

$$\Delta k = 0,01 \left[\frac{N}{m} \right]$$

A partir de estos resultados se tiene que la constante elástica del resorte de hierro calculada por el método estático es la siguiente:

$$k_{\text{plataado2}} = (3,17 \pm 0,01) \text{ N/m}$$

Resorte de cobre

La Tabla 5 es análoga a la Tabla 4, pero las mediciones presentadas se refieren al resorte de cobre.

Tabla 5. Medidas de las masas y los períodos de oscilación correspondientes a cada una, con sus respectivos errores. Resorte de cobre.

	M (Kg)	ΔM (Kg)	20T (seg)	$\Delta(20T)$ (seg)	T (seg)	ΔT (seg)	T^2 (seg ²)	ΔT^2 (seg ²)
1	0,0380209	0,0000001	13,3	0,2	0,66	0,01	0,44	0,01
2	0,0380476	0,0000001	13,5	0,2	0,68	0,01	0,46	0,01
3	0,0379693	0,0000001	13,1	0,2	0,65	0,01	0,43	0,01
4	0,0760685	0,0000002	19,3	0,2	0,97	0,01	0,93	0,02
5	0,0759902	0,0000002	19,3	0,2	0,97	0,01	0,93	0,02
6	0,0760169	0,0000002	18,7	0,2	0,94	0,01	0,88	0,02

La Figura 4 muestra la representación gráfica del cuadrado del período en función de la masa, la recta ajustada a este rango de datos y la ecuación de dicha recta, para el resorte de cobre.

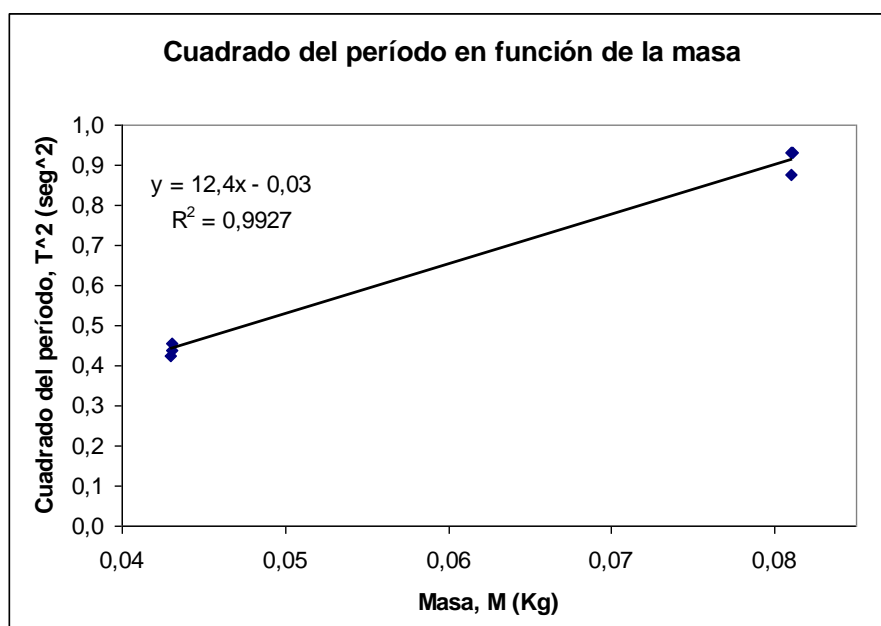


Figura 4. Representación gráfica del cuadrado del período, T^2 , en función de la masa, M . Resorte de cobre.

A partir de este ajuste se tiene que la ecuación de la recta es:

$$y = [(12,4 \pm 0,5) \text{ s}^2/\text{kg}] x + [(-0,03 \pm 0,03) \text{ s}^2]$$

En este caso, se verifica que el valor del punto de corte de la recta ajustada y su error son del mismo orden de magnitud, lo que indica que es posible que con las mediciones realizadas, el valor de b sea efectivamente cero. Esto a su vez significaría que la suposición de una masa equivalente despreciable, es plausible en este caso.

Partiendo de las mismas consideraciones y ecuaciones utilizadas para el resorte de hierro, se tiene que la constante elástica calculada por el método dinámico es la siguiente:

$$k_{\text{bronce2}} = (3,2 \pm 0,1) \text{ N/m}$$

Las constantes calculadas a partir del método dinámico, presentan valores incluso más cercanos entre sí que aquellos determinados por el método estático. Particularmente, si se toma en cuenta el

error asociado en cada valor de k , se verifica que uno entra dentro de la incertidumbre del otro y viceversa, lo que indica nuevamente que ambos resortes parecen tener la misma elasticidad.

Por otro lado, comparando los dos valores de k determinados para cada resorte en cada caso y sus errores asociados, se puede concluir que los resultados obtenidos son aceptables y considerablemente exactos, puesto que sus magnitudes son perfectamente comparables tomando en cuenta los posibles errores incurridos durante la práctica.

VI. CONCLUSIONES

En la determinación de la constante elástica de diferentes resortes, dos métodos fueron analizados y puestos en práctica en la realización de este experimento.

El primer método, la determinación de la constante del resorte de manera estática, se basó en la medición del estiramiento del resorte para distintas masas. A partir de la representación gráfica de estas cantidades se determinó la constante elástica de cada uno de los resortes mediante la igualación de las ecuaciones correspondientes a la recta ajustada y a la Ley de Hooke.

El segundo método, la determinación de la constante elástica del resorte de manera dinámica, se sustentó en el hecho de que el movimiento realizado por una masa sujeta al resorte es del tipo armónico simple, por lo cual se realizaron mediciones del período de oscilación para distintas masas. Luego mediante la representación gráfica de estas cantidades se determinaron las constantes elásticas de cada resorte, a partir de la igualación de las ecuaciones correspondientes a la recta ajustada y al cuadrado del período del movimiento de un resorte.

Ambos métodos pueden ser igualmente utilizados pues ninguno de ellos presenta mayores complicaciones en su aplicación, y por lo antes visto son similarmente exactos, a pesar de que se ven afectados por la apreciación de los instrumentos utilizados en las distintas mediciones requeridas. Esto

hace que su utilización sea recomendable en el caso en que se necesite hallar la constante de un resorte de manera sencilla y eficiente.

Más aún, es interesante la versatilidad de dichos métodos, pues permiten determinar no solamente la constante elástica de un resorte, sino también, conocido este valor, la masa de un objeto si ésta es desconocida.

VII. BIBLIOGRAFÍA

^[1] Figueroa D., Guerrero L., Sánchez A., Suárez N., Escalona R. y Sajinés D. *Laboratorio 1 de Física, FS-2181*. Equinoccio 2da edición (2004).

ANEXO C

GUÍA DE LABORATORIO

Ley de Hooke. Sistema Masa-Resorte

Objetivos: Determinar la constante elástica de dos resortes, utilizando la Ley de Hooke, y por medio de dos métodos distintos:

- El método estático: medición del estiramiento del resorte al sujetar de él objetos de distintas masas.
- El método dinámico: medición del período de oscilación del resorte al sujetar de uno de sus extremos cuerpos de distintas masas.

Materiales: Soporte universal (base y barras metálicas), resortes, masas de valores conocidos, cronómetro, papel milimetrado y regla.

MONTAJE EXPERIMENTAL

Observa el siguiente esquema y verifica que tu experimento cuente con todas y cada una de sus partes instaladas como se muestra. Asegúrate que la barra vertical esté correctamente ajustada y fijada a la tuerca de la base, de manera que no se desplace durante la realización del experimento.

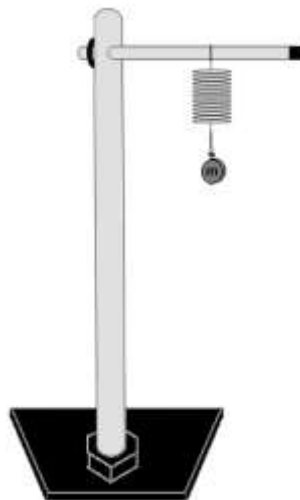


Figura 1. Montaje experimental. Dibujo esquemático (izquierda). Foto real (derecha).

Además, debes verificar que cuentas con 3 masas (entre 20-25g c/u) y con dos resortes distintos, uno de hierro (color plateado) y uno de cobre (color bronce).

TEORÍA INVOLUCRADA Y ECUACIONES A UTILIZAR

¿Has jugado alguna vez con un resorte? ¿Por qué algunos resortes se estiran más que otros cuando sujetas de ellos objetos del mismo peso?

La respuesta es muy simple, porque los resortes tienen distinta *elasticidad*.

Los **resortes** se caracterizan por estirarse y retornar a su forma inicial sin deformarse. La principal diferencia entre un resorte y otro es su capacidad de hacer esto, la cual es descrita cuantitativamente por su *constante de elasticidad*, k .

Cuando sujetas una masa del extremo de un resorte, éste sufre un estiramiento o *elongación* que es proporcional a la fuerza deformante, en este caso, la fuerza de gravedad, si el sistema está en equilibrio. Ésta es precisamente la **Ley de Hooke**:

$$(1) \quad k X = mg$$

Donde:

k = constante de elasticidad del resorte [N/m]

X = elongación del resorte [m]

m = masa [kg]

g = aceleración de la gravedad [m/s^2] (generalmente asumida igual a $9,8 \text{ m/s}^2$)

Conociendo el valor de la masa y midiendo el estiramiento del resorte, una vez que el sistema está en equilibrio, es posible calcular su constante elástica. Este es el principio del **método estático**.

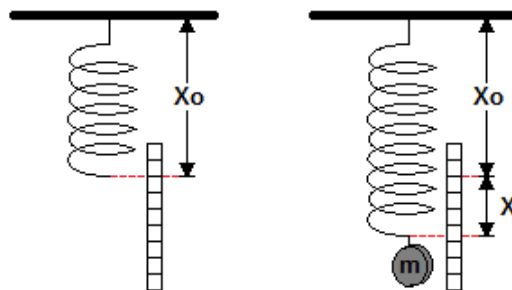


Figura 2. Posición inicial del resorte (izquierda). Estiramiento del resorte al sujetar una masa (m) de uno de sus extremos (derecha).

Por otro lado, si la masa está en movimiento, y este movimiento es sólo vertical, decimos que la misma está *oscilando armónicamente*. Cada vez que la masa sube y baja de nuevo a su posición de equilibrio, o viceversa, se cuenta una *oscilación*.

Cada ciclo u oscilación completada por la masa en movimiento tarda un tiempo determinado, que por ser un movimiento armónico simple, es el mismo para cada una de las oscilaciones. Este tiempo se denomina *período de oscilación*, T , y depende de la masa y de la constante elástica:

$$(2) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Donde:

T = período de oscilación [s]

m = masa [kg]

k = constante de elasticidad del resorte [N/m]

En este caso, conociendo el valor de la masa y midiendo el período de oscilación del resorte, es posible calcular su constante elástica. Este es el principio del **método dinámico**.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Primera parte: Determinación de la constante elástica de cada uno de los resortes por medio del **MÉTODO ESTÁTICO**.

1. Cuelga el resorte del soporte universal y coloca la regla paralela a éste, en posición vertical.
2. Mide el tamaño del resorte en su posición original. Para ello debes seleccionar una marca de referencia (por ejemplo el extremo inferior del resorte), y utilizarla para cada una de tus mediciones. Este valor será denominado X_0 (ver Figura 2).
3. Ahora, sujeta la masa del extremo libre del resorte y mide su tamaño nuevamente. Recuerda que el sistema debe estar en equilibrio para realizar la medición, es decir, el resorte debe estar estático. Debes repetir este paso para diferentes masas (puedes combinar varias masas para tener valores distintos) y anotar tus mediciones en una tabla de datos como la siguiente:

Masa, m [kg]	Elongación, X [m]
...	...
...	...
...	...

Recuerda que la elongación del resorte en cada caso no es el valor que mides directamente, sino la diferencia entre este valor y el tamaño original del resorte, X_0 (ver Figura 2).

4. Realiza un gráfico X vs m en el papel milimetrado, con los valores de la tabla anterior. Con la regla, intenta trazar una línea recta que pase por la mayor cantidad de puntos graficados y que a su vez corte con los ejes en el punto (0,0). De esta manera, la ecuación que describe la recta será de la siguiente forma:

$$(3) \quad y = a x$$

Donde a representa la pendiente de la recta.

Despejando X de la ecuación (1) nos queda:

$$(4) \quad X = \left(\frac{g}{k} \right) m$$

Compara la ecuación (4) con la (3). ¿Cuáles valores de la ecuación (4) corresponden a “y”, cuáles a “x” y cuáles a “a”?

y: _____

x: _____

a: _____

5. Para obtener el valor de la constante elástica del resorte (k), debes utilizar el valor de la pendiente y de la aceleración de gravedad (g), y despejar.

¡Una vez que hayas obtenido el valor de k para el primer resorte, puedes repetir el experimento con el otro resorte y verificar cuál de ellos tiene la mayor elasticidad!

- ¿Por qué crees que este método se denomina ESTÁTICO?

- ¿Los valores de elongación de los resortes fueron parecidos para las mismas masas? ¿Por qué crees que ocurre eso?

- ¿Cuáles fuentes de error crees que pueden afectar tus mediciones y los resultados que obtienes a partir de ellas?

Segunda parte: Determinación de la constante elástica de cada uno de los resortes por medio del **MÉTODO DINÁMICO.**

Para esta parte del experimento ya no necesitarás la regla, sin embargo, si te hará falta un cronómetro para medir los períodos de oscilación.

1. Cuelga el resorte del soporte universal y sujeta la masa del extremo libre del mismo. Intenta que el resorte y la masa permanezcan estáticos.
2. Pon el resorte y la masa a oscilar verticalmente. Es muy importante que evites que el sistema se balancee horizontalmente, o tus mediciones serán erróneas.
3. Como probablemente te has dado cuenta, resulta bastante difícil medir el período de una sola oscilación sin cometer errores. Por esta razón, es mejor que midas el tiempo en que el sistema realiza varios ciclos y luego dividas entre el número de oscilaciones que mediste.

Mide el período para 20 oscilaciones utilizando el cronómetro, y repite este paso para diferentes masas. Luego, anota tus mediciones en una tabla de datos como la siguiente:

Masa, m [kg]	Período 20 oscilaciones,	Período de una oscilación,
-------------------	-----------------------------	-------------------------------

	$20T$ [s]	T [s]
...
...
...

Recuerda que una oscilación se cuenta cada vez que la masa sube y baja de nuevo a su posición de equilibrio, o viceversa.

4. Elevando al cuadrado cada lado de la ecuación (2) obtenemos:

$$(5) \quad T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{k} \right) m$$

Realiza un gráfico T^2 vs m en el papel milimetrado, con los valores de la tabla anterior. Nuevamente, intenta trazar una línea recta con la regla, que pase por la mayor cantidad de puntos graficados y que a su vez corte con los ejes en el punto (0,0). De esta manera, la ecuación que describe la recta seguirá la forma de la ecuación (3).

Compara la ecuación (5) con la (3). ¿Cuáles valores de la ecuación (5) corresponden a “ y ”, cuáles a “ x ” y cuáles a “ a ”?

y : _____

x : _____

a : _____

5. Para obtener el valor de la constante elástica del resorte (k), debes utilizar el valor de la pendiente y despejar.

¡Una vez que hayas obtenido el valor de k para el primer resorte, con este método, puedes repetir el experimento con el otro resorte y verificar si tus resultados concuerdan con lo que obtuviste en la primera parte!

- ¿Por qué crees que este método se denomina DINÁMICO?

- ¿Los valores de las constantes de elasticidad para cada resorte son iguales a los calculados por el método estático? ¿Por qué crees que ocurre esto?

- ¿Cuáles fuentes de error crees que pueden afectar tus mediciones y los resultados que obtienes a partir de ellas, en este caso?

- ¿Cuántos ciclos completa el resorte en una unidad de tiempo?, es decir, como en este caso estamos trabajando en segundos, ¿cuántos oscilaciones realiza el resorte en un solo segundo?

Esa cantidad de ciclos por segundo es llamada *frecuencia*, f . Por ejemplo, si resulta un valor de $f=2$ ciclos/segundo, eso significaría que completa dos ciclos en un segundo. Otro ejemplo, si resulta un valor de $f=0,1$ ciclos/segundo, eso significaría que apenas completó la décima parte de un ciclo en un segundo (recuerda que $0,1 = 1/10$).

- ¿Cuáles son las frecuencias de oscilación para las diferentes masas utilizadas en tu experimento?

$$\frac{1}{T} = f$$

Fíjate que el inverso del período es igual a la frecuencia, es decir:

Otra aplicación de este experimento es la determinación del peso de un objeto de masa desconocida. En este caso estarías utilizando el resorte como un *dinamómetro*.

- Utilizando los valores de las constantes elásticas de los resortes que calculaste, puedes repetir el experimento para calcular el valor de la masa de alguna de las que utilizaste previamente, y verificar si el resultado concuerda con la realidad. En este caso, debes despejar m de las ecuaciones (4) y (5), respectivamente, ya que éste es el valor desconocido.

m (método estático) = _____

m (método dinámico) = _____

- ¿Cuál es la diferencia entre “masa” y “peso”? ¿Cuál es la relación entre estas dos cantidades?, es decir, ¿cómo puedes calcular una en función de la otra?

ANEXO D

MASAS PARA EL EXPERIMENTO

LEY DE HOOKE Y SISTEMA MASA-RESORTE

A continuación se presentan las masas medidas con una balanza electrónica (de apreciación 0,0001 g) para cada uno de los plomos de pescar incluidos en los materiales para el experimento Ley de Hooke y Sistema Masa-Resorte, que forma parte del proyecto de servicio comunitario: **Apoyo a los laboratorios de física de institutos de educación media (ED0407): Construcción y embalaje de prototipos para la determinación de la constante elástica de un resorte y elaboración de la guía de laboratorio.**

Número	Masa (g)	Número	Masa (g)	Número	Masa (g)
1	25,6689	11	25,4036	21	23,4248
2	21,7580	12	23,9305	22	24,9067
3	23,5708	13	21,5783	23	24,7887
4	24,0551	14	21,6561	24	21,8938
5	24,9176	15	25,5065	25	24,8991
6	25,1841	16	24,7616		
7	25,2488	17	23,4794		
8	23,8412	18	23,4407		
9	25,1258	19	26,0912		
10	24,8761	20	23,8657		

La siguiente figura presenta dichos plomos, ya acondicionados para ser sujetos a los extremos de los resortes.

