OK

Parte III

Serie: Exp. Mec.

Serie Experimentos de Mecánica FICER

GRUPO FICER

UANL

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

REFERENCIA: EXPERIMENTO MEC 11

COLISIONES INELASTICAS

ELABORADO POR EL GRUPO : FICER

COLISIONES INELASTICAS

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

El objetivo del experimento es determinar en una colisión inelástica, la pérdida de la Energía Cinética del sistema, como función de las masas de los cuerpos que intervienen en la colisión.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

Sistema de Flotación Lineal **FICER,** modelo **SFL-03**
Impulsor de Aire **FICER,** modelo **IA-03**
Generador de Chispas **FICER,** modelo **GCH-03**
Regla metálica y Regla de chispeo
Deslizador con electrodo de chispeo
Deslizador sin electrodo de chispeo
Juego de pesas para el deslizador
Amortiguador desmontable
Banda de hule
Pasador metálico
Tira de papel de registro
Trozo de hilo
Tira de material **Velcro**
Regla, lápiz y borrador

III.-ANALISIS TEORICO

En una **Colisión Inelástica** no se conserva la Energía Cinética del sistema, es decir, la Energía Cinética K_1 antes de la colisión es distinta a la Energía Cinética K_2 después del choque. Sin embargo, hay conservación en el Impetu o Cantidad de Movimiento del sistema. Cuando dos cuerpos se adhieren después de la colisión, se dice que ésta es completamente inelástica. Ahora bien, el término **completamente inelástico** no significa que se pierda toda la Energía Cinética, sino que la pérdida de ella, es tan grande como lo permite el Principio de la Conservación del Impetu. A través del siguiente ejemplo, se mostrará para su estudio un caso de colisión completamente inelástica.

Supongamos que se dispara un rifle sobre un blanco situado en una plataforma, la cual se puede deslizar sobre unas vías sin rozamiento, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Disparo de un rifle sobre un blanco que se encuentra en una superficie sin fricción.

Además, supongamos también que el blanco y la plataforma se encuentran en reposo (velocidad cero) antes de que la bala golpee al blanco. Así, al pasar e incrustarse la bala en dicho blanco, provoca que la plataforma y la bala se muevan juntas con una velocidad **"V"**. El problema es encontrar la velocidad de la plataforma después de recibir el impacto de la bala, así como, la razón de la Energía Cinética K_2 después del impacto, a la Energía K_1 antes del mismo. Si se conocen la masa **"m"** de la bala y la masa **"M"** de la plataforma, se puede determinar la velocidad **"V"** de ambas después del impacto en función de la velocidad **"v"** que llevaba la bala antes del mismo, empleando el Principio de la Conservación del Impetu, como se indica en la siguiente ecuación.

$$mv = (m + M)\,V \tag{1}$$

Donde el término **"mv"** representa el Impetu de la bala antes del impacto y el término **(m + M) V**, representa el Impetu del sistema después de la colisión. De esta misma ecuación se puede obtener la velocidad **V** mediante la siguiente expresión.

$$V = \left(\frac{m}{m + M}\right) v \tag{2}$$

De la cual se puede ver que:

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{m}{m + M} \right) \quad (3)$$

La Energía Cinetica de la bala antes del impacto se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K = ½\ mv^2 \quad (4)$$

Y la Energia Cinética del sistema (**bala + plataforma**) después del impacto será:

$$K_2 = ½\ (M + m)\ V^2 \quad (5)$$

Quedando definida la razón de estas Energías mediante la siguiente ecuación .

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{M + m}{m} \left[\frac{V}{v} \right]^2 \quad (6)$$

Si combinamos las ecuaciones 3 y 6, se puede encontrar dicha razón en función de las masas, como se indica,

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m}{M + m} \quad (7)$$

De donde.

$$K_2 = K_1 \left(\frac{m}{M + m} \right) \quad (8)$$

Si observamos esta ecuación, vemos que la Energía K_2 después del Impacto es menor que la Energía K_1 antes del mismo, ésto indica que durante la colisión no se conserva la Energía Cinética del sistema.

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Como el objetivo del experimento es determinar la pérdida de Energía Cinética en una colisión perfectamente inelástica, su realización deberá contemplar dos aspectos importantes; uno de ellos es la producción de las colisiones perfectamente elásticas y el otro es, la determinación de las Energías Cinéticas de los cuerpos en colisión, antes y después de la misma.

Las colisiones perfectamente elásticas se efectúan con buenos resultados sobre el Sistema de Flotación Lineal, utilizando para ello, dos deslizadores de masa conocida.

La condición para que una colisión entre los deslizadores se considere perfectamente elástica, es que después del choque, permanezcan unidos y se muevan como un solo cuerpo. Lo anterior se logra pegando una cinta adherible de **Velcro** a los amortiguadores (de los deslizadores) que entrarán en contacto en la colisión, (Ver Apartado F, inciso **IV**).

Para realizar una colisión entre deslizadores en el Sistema de Flotación, deberá colocarse uno de ellos en reposo en la parte central de la guía rectilínea y el otro deslizador deberá ser lanzado contra el primero utilizando el sistema de lanzamiento, (Ver Apartado F, inciso III).

Para determinar las Energías Cinéticas de los deslizadores antes y después de la colisión, se deberá efectuar un registro simple de posición y tiempo, el cual permitirá conocer las velocidades que llevaban los deslizadores antes y después de la colisión.

El registro simple de posición y tiempo de los deslizadores se deberá realizar utilizando el Generador de Chispas, (Ver Apartado F, inciso V).

Para la determinación de las velocidades de los deslizadores antes y después de la colisión, se recomienda que vea el Experimento: Análisis de un Registro hecho con el Generador de Chispas.

Una vez obtenidas las velocidades de los deslizadores antes y después de la colisión, sus Energías Cinéticas se determinan mediante las siguientes ecuaciones.

Antes de la colisión:

$$K_1 = \frac{1}{2} mv^2 \qquad (9)$$

donde **"m"** es la masa del deslizador móvil y **"v"**, su velocidad justamente antes de la colisión.

Después de la colisión:

$$K_2 = \frac{1}{2} (M + m) V^2 \qquad (10)$$

siendo **"M"** la masa del deslizador en reposo y **"V"** la velocidad con que se mueven los dos deslizadores juntos un instante después de la colisión.

La pérdida de Energía Cinética en la colisión se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \qquad (11)$$

El experimento deberá contemplar la realización y análisis de tres colisiones diferentes: La primera con deslizadores de igual masa, la segunda con la masa del deslizador móvil menor que la del deslizador en reposo, y la tercera, con la masa del deslizador móvil mayor que la del deslizador en reposo.

V.- PROCEDIMIENTO

Para efectuar el experimento, ejecute los siguientes pasos:

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

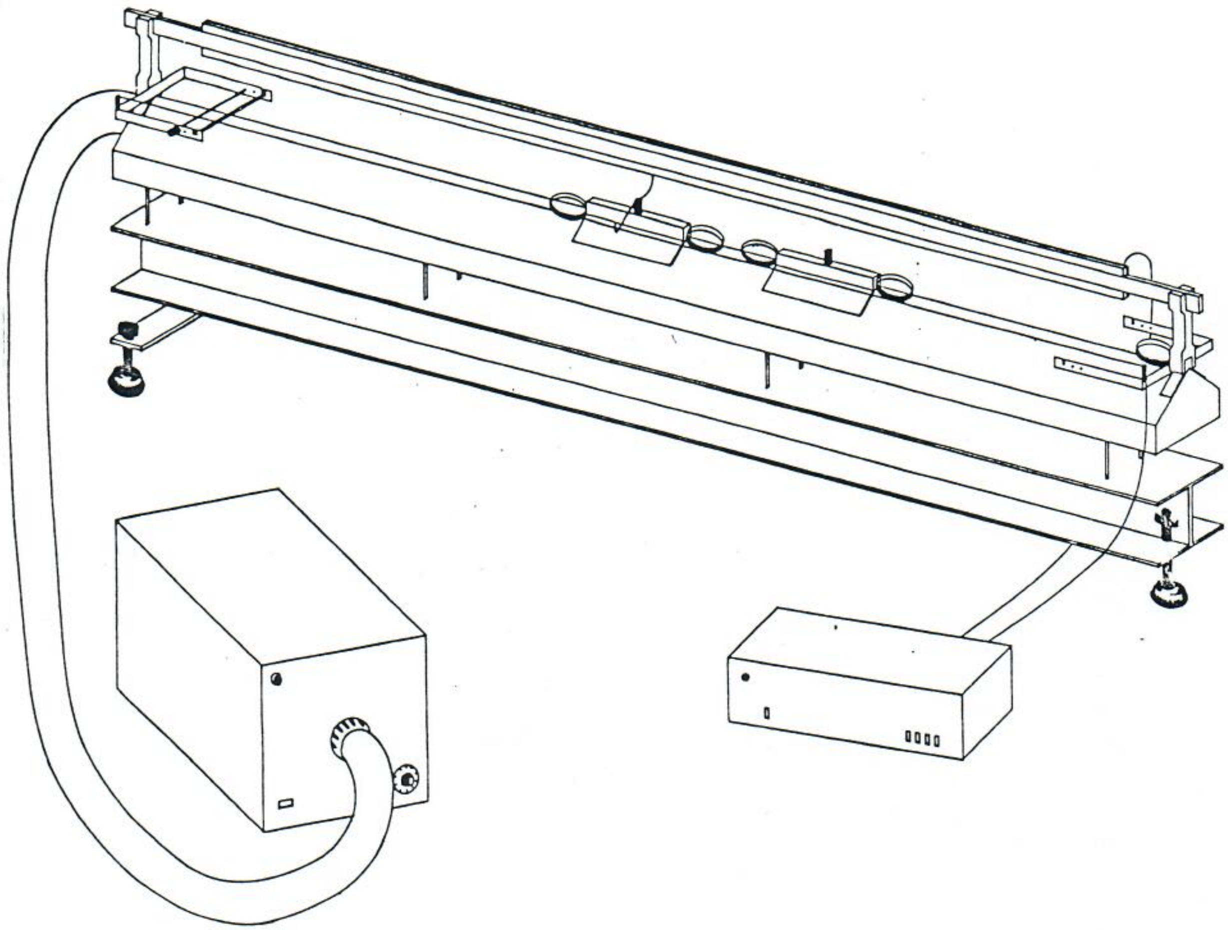

Figura 2. Instalación del equipo

2.- Nivele el Sistema de Flotación Lineal.

3.- Cerciórese que esté instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo, coloque la cinta de **Velcro** autoadherible en los amortiguadores de los deslizadores.

4.- Ajuste el electrodo de chispeo del deslizador móvil para efectuar un registro simple de posición y tiempo, (Ver Apartado F, inciso V).

5.- Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.

6.- Coloque en la parte media del Sistema de Flotación, el deslizador sin electrodo de chispeo y llame a su masa previamente conocida **"M"**. Esta deberá permanecer en reposo si el Sistema de Flotación está bien nivelado, manténgalo en esa posición.

7.- Prepare el otro deslizador (cuya masa **"m"** deberá ser igual a la del primero) para ser lanzado con el sistema de lanzamiento, (Ver Apartado **F**, inciso **III**).

8.- Lance el deslizador de masa **"m"** y efectúe un registro simple con el Generador de CHispas, (Ver Apartado **F**, inciso **V**).

9.- Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, determine la velocidad **"v"** que llevaba el deslizador móvil un instante antes del choque y la velocidad **"V"** del conjunto formado por los dos deslizadores un instante después del choque, (Ver Experimento: Análisis de un Registro hecho con el Generador de Chispas).

10.- Con los valores de las masas y con las velocidades determinadas en el punto 9, calcule las Energías Cinéticas antes y después del choque, empleando para ello, las ecuaciones 9 y 10 respectivamente. También calcule el cambio de la Energía Cinética **ΔK**, empleando la ecuación 11.

11.- Repita el experimento, pero ahora con la condición de que la masa **"m"** del deslizador que se lanza, sea menor que la masa **"M"** del deslizador que se encuentra en reposo. Esta condición se logra colocándole pesas al deslizador en reposo.

12.- Repita nuevamente el experimento, pero ahora la masa **"m"** del deslizador móvil deberá ser mayor que la masa **"M"** del deslizador en reposo. Esto se logra colocando pesas al deslizador móvil.

13.- Con los valores calculados de las Energías Cinéticas (antes y después de la colisión) y con los valores determinados de sus variaciones, llene la siguiente Tabla de Datos.

	K_1	K_2	K_2/K_1
$m = M$			
$m < M$			
$m > M$			

Tabla I

14.- Analice la información contenida en la Tabla anterior y observe en cuál del las tres colisiones efectuadas hay mayor pérdida de Energía Cinética. Además, calcule para cada colisión la razón K_2/K_1 y compárela con su valor teórico dado por la ecuación 7.

VI.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Compare los valores de la última columna de la Tabla I y explique la razón por la cual difieren entre sí estos valores. Discuta con su Instructor y Compañeros, las posibles causas por las que difieren los valores de K_2/K_1 para cada colisión, de sus respectivos valores obtenidos teóricamente empleando la ecuación 7.

REFERENCIA: EXPERIMENTO MEC 12

DETERMINACION
DEL
IMPULSO

ELABORADO POR EL GRUPO : FICER

DETERMINACION
DEL
IMPULSO

I .- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

II .- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

III .- ANALISIS TEORICO

IV .- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

V .- PROCEDIMIENTO

VI .- DISCUSION Y CONCLUSIONES

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

Determinar el Impulso J que proporciona la banda de hule del Sistema de lanzamiento a un deslizador de masa conocida.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

Sistema de Flotación Lineal **FICER,** modelo **SFL-03**
Impulsor de Aire **FICER,** modelo **IA-03**
Generador de Chispas **FICER,** modelo **GCH-03**
Banda de hule
Amortiguador desmontable
Deslizador con electrodo de chispeo
Pasador metálico
Dinamómetro
Regla metálica
Regla de chispeo
Cinta de papel de registro
Escalímetro
Trozo de hilo
Juego de pesas
Caja de cerillos
Papel milimétrico, lápiz y borrador.

III.-ANALISIS TEORICO

Hace más de veinticinco siglos el hombre comenzó a preguntarse acerca de las causas del movimiento, pero fue hasta la época de Galileo (1564-1642) y de Newton (1642-1727) cuando se dieron las respuestas que conocemos.

Ordinariamente se asocia al empuje muscular como causa del movimiento, poreejeeplo cuando se mueve un cuerpo de un lugar a otro, se tiene que realizar un esfuerzo. A este empuje o esfuerzo se le llama **"fuerza"**, así fue como surgió la idea de fuerza. Más adelante, cuando se avanzó en el conocimiento de las fuerzas, se incluyeron todas las causas del movimiento. Hay movimiento debido a fuerzas mecánicas, eléctricas, magnéticas, etc. Ahora bien, el principio de la inercia de Galileo establece que, si sobre un cuerpo en movimiento no actúa ninguna fuerza, se moverá aquél con velocidad constante y si la velocidad cambia, será debido a que alguna fuerza actúa sobre el cuerpo.

Para estudiar la relación que existe entre una fuerza aplicada a un cuerpo y el cambio de velocidad que sufre éste, se puede considerar un experimento utilizando un deslizador con electrodo de chispeo, montado en el Sistema de Flotación y al aplicarle una fuerza constante al deslizador, se registra su posición como función del tiempo mediante el Generador de Chispas y papel de registro. En general, si se considera **"n"** registros posicionales, éstos determinan **"n-1"** intervalos, en cada uno de los cuales se debe hallar la velocidad media del cuerpo y además, el cambio en la velocidad **"Δv"** entre cada dos intervalos seguidos. Todos estos valores se deben consignar en una Tabla. Lo anterior se puede visualizar en los datos hipotéticos mostrados en la figura 1 y Tabla I.

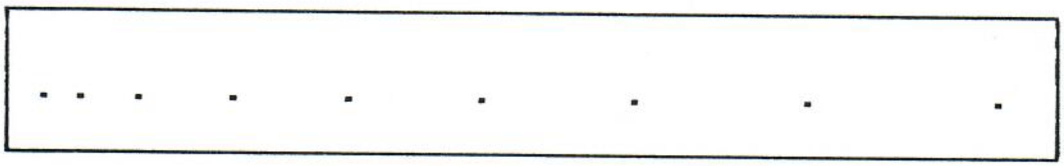

Figura 1. Registro de posición y tiempo.

Intervalo Número	Intervalo de longitud Δx (cm)	Velocidad media v(cm/seg)	Intervalo de tiempo Δt (seg)	Cambio en velocidad (cm/seg)
1	5.78	28.9	1/5	
2	9.50	47.5	1/5	18.6
3	13.80	69.0	1/5	21.5
4	18.10	90.5	1/5	21.5
5	22.40	112.0	1/5	21.5
6	26.70	133.5	1/5	21.5
.	.	.	.	.

TABLA I

Analizando la figura 1 se podrá ver que para un "Δt" fijo, los desplazamientos "Δx" aumentan en el tiempo, ésto significa que la velocidad se incrementa. También se puede observar con los valores obtenidos en la Tabla I para cambios de la velocidad, que éstos permanecen constantes después de un cierto tiempo, ésto significa que la velocidad cambia a un ritmo constante $\Delta v/\Delta t$. Por consiguiente, se puede establecer que :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = c \text{ , donde "c" es una constante.}$$

Si se duplica ahora la fuerza aplicada al deslizador, considerando intervalos de tiempo, iguales a la mitad del valor de los que se tomaron inicialmente, se obtendrá en este caso que el ritmo con el cual cambia la velocidad, es también constante; pero su valor se duplica respecto al caso anterior, es decir,

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = 2c$$

Si se siguieran considerando variaciones en la fuerza que se aplica al deslizador, siempre se obtendría que la razón $\Delta v/\Delta t$ es en cada caso constante y a la vez proporcional a la fuerza aplicada, es decir,

$$(1) \qquad \frac{\Delta v}{\Delta t} \propto F$$

o sea, que el cambio en la velocidad es proporcional al producto de la fuerza por el intervalo de tiempo, o sea,

$$(2) \qquad \Delta v \propto F\Delta t$$

Además, si para una fuerza y un intervalo de tiempo determinados, se varía la masa del deslizador, es obvio que al aumentarla, disminuirá el cambio en la velocidad, y al disminuir la masa, aumentará dicho cambio. Por consiguiente, se puede concluir que la constante de proporcionalidad entre **"$F\Delta t$"** y **"Δv"** debe ser la masa del cuerpo, por lo cual se puede establecer que si dicha masa es **"m"**,

$$(3) \qquad F\Delta t = m\Delta v$$

De esta ecuación, se puede decir que la masa de un cuerpo al cual se le aplica una fuerza constante, es igual al valor de dicha fuerza dividido entre la razón con la cual varía la velocidad en el tiempo, es decir,

$$(4) \qquad m = \frac{F}{\Delta v/\Delta t}$$

Para un cuerpo determinado, este valor debe ser constante, y como **$\Delta v/\Delta t$** representa su aceleración, entonces la expresión de la masa para un cuerpo, se puede considerar como:

$$(5) \qquad m = \frac{F}{a}$$

De la ecuación 5, la cual representa lo establecido por la Segunda Ley de Newton, se puede concluir que **"cuanto mayor fuerza se necesite para que un cuerpo adquiera una determinada aceleración, mayor deberá ser su masa".**

También se puede establecer de la ecuación 3, que **"para conseguir el mismo cambio de velocidad Δv en cuerpos de diferentes masas, el producto $F\Delta t$ deberá ser mayor cuanto más grande sea la masa".**

Este producto **$F\Delta t$** representa **"la medida del esfuerzo empleado durante un cierto tiempo en el cambio del movimiento de un cuerpo"**, y al considerar su representación vectorial, es llamado el **"impulso"** de la fuerza y se representa por **J**, es decir,

(6) $J = F\Delta t$

y de la ecuación 3, se puede decir que

(7) $J = F\Delta t = m\Delta v$

Ahora, lo que representa Δv es el cambio del vector velocidad, de cuando se empieza a cuando se termina de dar el impulso, por lo cual la ecuación 7 representa

(8) $J = m(v_f - v_0)$

es decir,

(9) $J = mv_f - mv_0$

y en general, al producto de la masa por la velocidad se le llama la **"cantidad de movimiento"** y se representa por **p**, por lo cual el impulso podrá expresarse como:

(10) $J = p_f - p_0$

o también como,

(11) $J = \Delta p$

Esta ecuación se puede expresar como,

(12) $F\Delta t = \Delta p$

o lo que es lo mismo,

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \qquad (13)$$

lo cual significa que **"la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es igual a su variación de la cantidad de movimiento "**. De esta manera fue como Newton formuló su Segunda Ley.

Por otro lado, un impulso puede ser ejercido de varias formas, por ejemplo, una fuerza intensa se puede aplicar durante un tiempo corto, o una fuerza débil puede aplicarse durante un tiempo largo. También puede ocurrir que una fuerza aplicada cambie mientras actúa, etc.

Si se considera una fuerza **"F"** constante que sea función del tiempo **"t"**, al construir la gráfica de **"F"** contra **"t"**, ésta es una línea recta horizontal de altura **"F"**, como se ilustra en la figura 2.

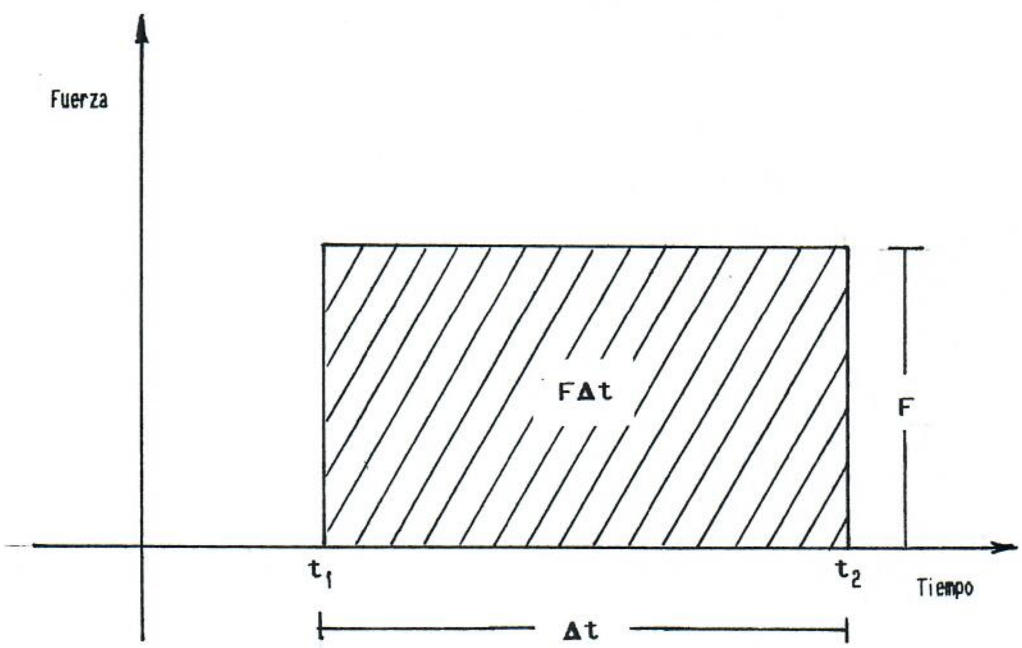

Figura 2. Gráfica de una Fuerza constante vs: tiempo.

En esta gráfica se puede ver que el área del rectángulo sombreado es igual al producto de la fuerza "F" por el intervalo de tiempo "Δt", es decir, el área bajo la recta es igual al valor del **impulso.**

En su interpretación vectorial, como $\overline{J} = \overline{F}\Delta t$, la dirección del impulso es la misma que la de la fuerza.

Si sobre un cuerpo actúa una fuerza constante "F_1" durante un intervalo de tiempo "Δt_1", y luego cambia la fuerza a un valor "F_2" también constante, y ésta actúa sobre el cuerpo durante un tiempo "Δt_2", lo que se tendría gráficamente sería

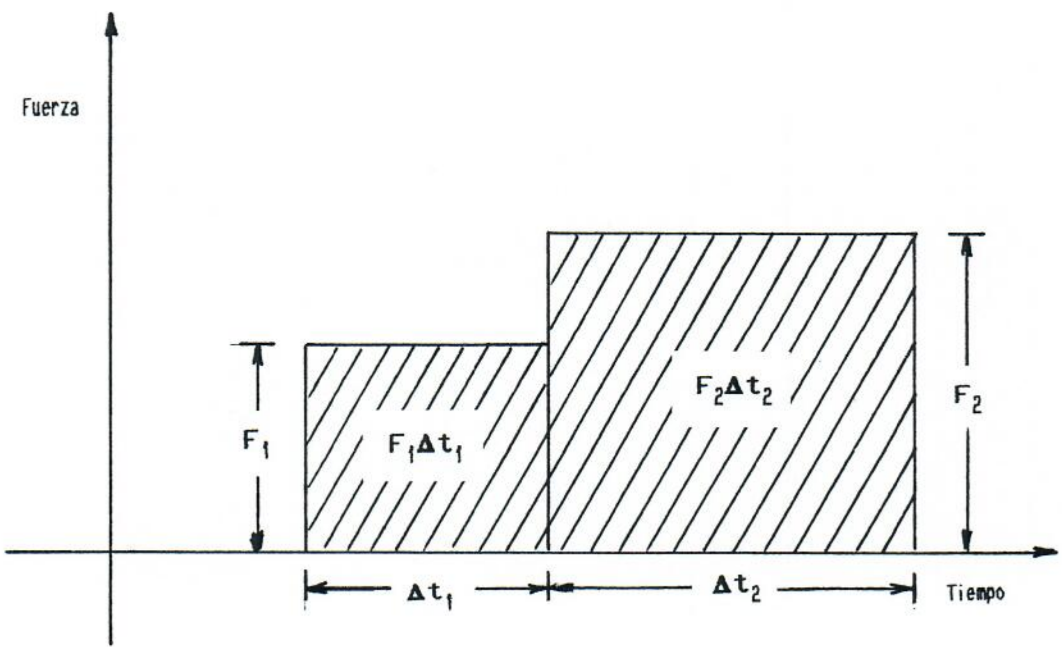

Figura 3. Representación gráfica de los impulsos.

En esta gráfica se puede ver que el impulso producido por "F_1", durante el tiempo "Δt_1" es el valor del área del rectángulo 1 y el producido por "F_2" durante el tiempo "Δt_2" es el valor del área del rectángulo 2, por lo cual, el impulso total será la suma de las areas de los dos rectángulos, es decir,

$$(14) \qquad J_T = F_1\Delta t_1 + F_2\Delta t_2$$

y vectorialmente se tendrán:

$$(15) \qquad \overline{J}_T = \overline{F}_1\Delta t_1 + \overline{F}_2\Delta t_2$$

es decir,

$$(16) \qquad \overline{J}_T = m\Delta\overline{v}_1 + m\Delta\overline{v}_2$$

en donde,

$$(17) \qquad \overline{J}_T = m(\Delta\overline{v}_1 + \Delta\overline{v}_2)$$

Ahora bien, si sobre un cuerpo actúa una fuerza que varía en forma continua, el impulso ejercido desde un valor del tiempo "t_1", hasta otro valor "t_2" será igual al valor del área bajo la curva en la gráfica de "F(t)" contra "t", ésto se puede visualizar en la siguiente figura,

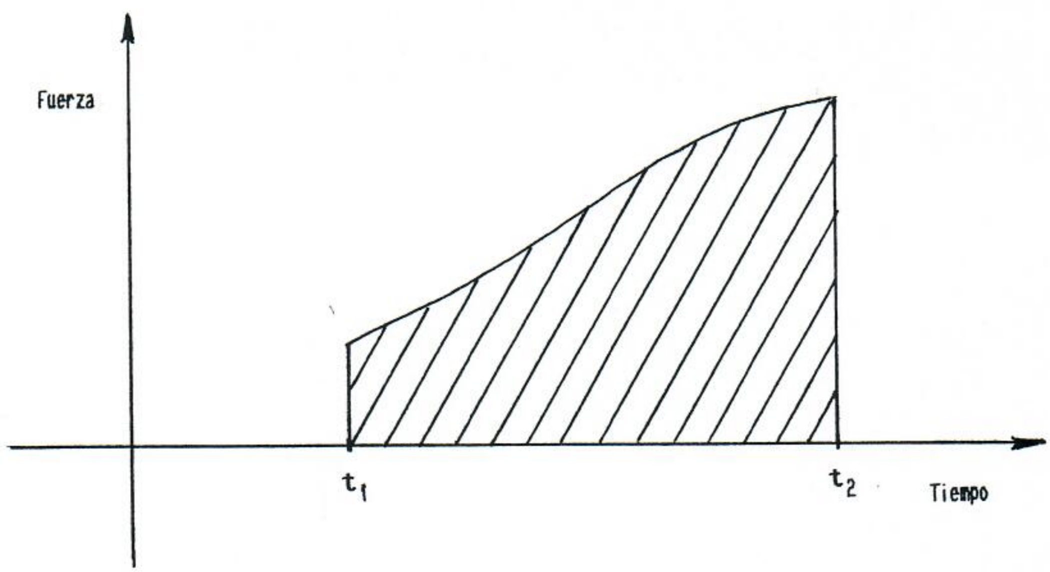

Figura 4. Impulso para una fuerza variable.

Por lo cual, haciendo uso de la interpretación geométrica de la integral definida

$$(18) \qquad J = \int_{t_1}^{t_2} F(t)\, dt$$

y su representación vectorial será

$$(19) \qquad \bar{J} = \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}(t)\, dt$$

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Debido a que el propósito del experimento es calcular un impulso y luego compararlo con el cambio de una cantidad de movimiento, se considerará un deslizador de masa conocida y se le proporcionará un impulso mediante el sistema de lanzamiento del Sistema de Flotación Lineal. Para calcular este impulso se medirá la fuerza aplicada al deslizador durante el lanzamiento, como una función del tiempo, posteriormente, se graficará dicha fuerza contra el tiempo y luego se calculará el área bajo la curva definida en esa gráfica. Representando ese valor del área, el valor del impulso ejercido por la fuerza aplicada al deslizador, finalmente, ese valor encontrado del impulso se comparará con la cantidad de movimiento del deslizador al final del lanzamiento.

Como no es posible obtener directamente la fuerza en función del tiempo, primeramente se determinará cómo varía el desplazamiento en función del tiempo, y luego se encontrará la forma como varía la fuerza en función del desplazamiento y al combinar estas dos relaciones, se sabrá la manera como varía la fuerza en función del tiempo.

Para lo primero, se considerará un deslizador en el sistema de lanzamiento impartiéndosele un cierto impulso y efectuando un registro de la posición en función del tiempo, únicamente durante el lanzamiento, empleando el Generador de Chispas y una cinta de papel electrosensible; una vez que se obtuvo dicho registro, se medirá la fuerza mediante un dinamómetro en cada uno de los puntos del registro posicional. Los puntos registrados se representan por x_0, x_1, x_2, ...x_n, y los correspondientes tiempos, por t_0, t_1, t_2,...t_n, los cuales se conocen, ya que quedaron fijos al seleccionar la frecuencia de chispeo, además, son conocidos también los valores F_0, F_1, F_2, ... F_n, de la fuerza en cada punto. Todos los valores mencionados se deberán consignar en una Tabla como se indica:

x (cm)				....
t (seg)				....
F (dinas)				....

TABLA II

Los valores de "x_0" y "t_0" son nulos porque "x_0" se toma como referencia y a partir de él se mide el desplazamiento, empezando a medirse el tiempo cuando el deslizador inicia su movimiento.

A continuación, se deberá construir las gráficas de "F" contra "x" y de "F" contra "t", como se indica en las siguientes figuras,

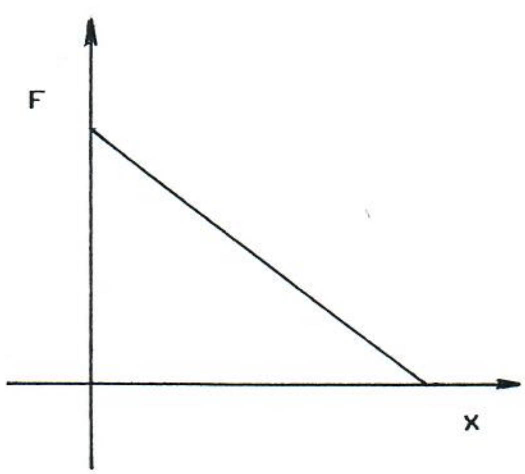

Figura 5. F vs: x

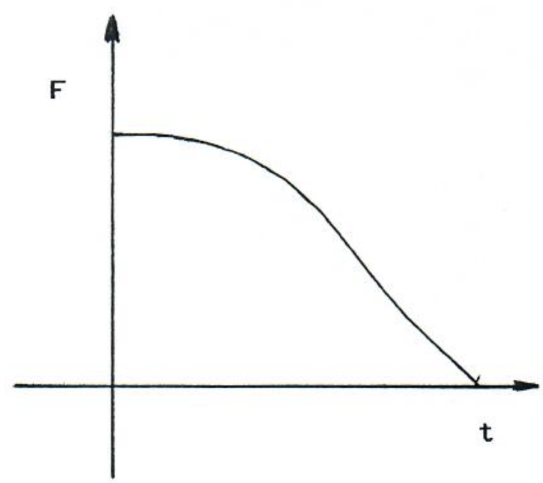

Figura 6. F vs: t

En la gráfica de **"F"** contra **"x"** se trazará una línea recta, tratando de que contenga a la mayor cantidad posible de puntos, y en la de **"F"** contra **"t"** se trazará una curva suave, tratando también de que contenga a la mayor cantidad posible de puntos. En esta gráfica, se calculará el área bajo la curva, dividiendo dicha área en un cierto número de rectángulos cuya suma de areas será un valor aproximado del área total bajo la curva, este valor representa como se sabe, el valor del Impulso. Una vez calculado ésto, se determinará el valor de la velocidad del deslizador después del lanzamiento, con el fin de calcular el cambio en la cantidad de movimiento **"Δp"**, ésto es,

$$\Delta p = m\Delta v = m(v - v_0) \tag{20}$$

ya que **"v_0"** es la velocidad inicial y es nula puesto que el deslizador parte del reposo, es interesante comparar este valor de **"Δp"** con el Impulso determinado al calcular el área bajo la curva de la función **"F(t)"**.

Finalmente, se puede analizar la gráfica obtenida en la figura 5 para determinar la relación que existe entre la fuerza **"F"** y el desplazamiento **"x"** y comprobar si la banda de hule empleada en el lanzamiento satisface o nó la Ley de Hooke **"F=Kx"**; siendo **"K"** la constante de elasticidad de la banda de hule.

V.- PROCEDIMIENTO

Para la realizar este experimento, ejecute los siguientes pasos:

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 7.

2.- Nivele el Sistema de Flotación Lineal.

3.- Cerciórese que esté instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo.

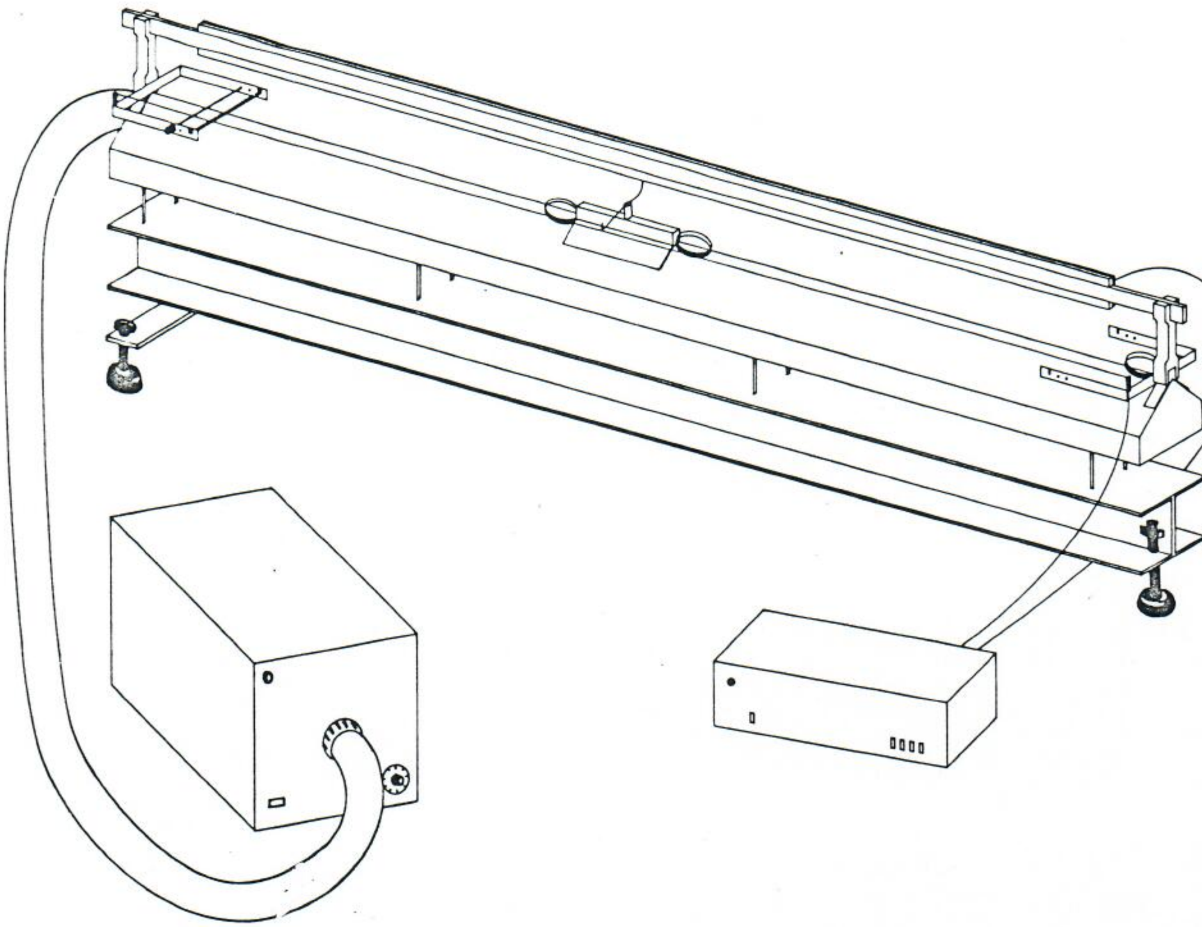

Figura 7. Instalación del equipo

4.- Cerciórese que estén insatalados en el sistema de lanzamiento, la banda de hule y el pasador metálico, este último deberá insertarse en los orificios más alejados de la banda de hule.

5.- Coloque sobre la guía rectilinea del Sistema de Flotación un deslizador de masa **"m"** conocida con electrodo de chispeo y ajuste este último con sus manos, para efectuar un registro simple de posición y tiempo, (Ver Apartado F, inciso **V**).

6.- Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas; seleccione en este último la frecuencia de 20 Hz.

7.- Ponga en contacto el amortiguador del deslizador con la banda de hule y oprima momentaneamente el botón del control remoto del Generador de Chispas, de esta manera, se marcará en el papel de registro el punto, que nos indicará la posición donde el deslizador se libera de la fuerza que la banda de hule ejerce sobre él, cuando se efectúa un lanzamiento del deslizador. Encierre dicho punto con un círculo pequeño.

8.- Prepare el deslizador para ser lanzado con el sistema de lanzamiento, (Ver Apartado F, inciso III). Oprima momentáneamente el botón del control remoto del Generador de Chispas, para marcar el punto de referencia del movimiento. Encierre con otro círculo pequeño este punto de referencia, y márquelo con el número cero.

9.- Inicie el registro simple de posición y tiempo con el Generador de Chispas, y simultáneamente lance el deslizador, (Ver Apartado F, inciso V). Finalice el registro tan pronto como el deslizador abandone la banda de hule. Identifique los puntos marcados en el papel de registro, encerrándolos con pequeños círculos y asígneles los números 1,2,3, etc., respectivamente a partir del punto marcado con el número cero.

10.- Para medir la fuerza que la banda de hule ejerció sobre el deslizador en cada uno de los puntos marcados en el papel de registro, tome un trozo de hilo de 36 cm. de largo y haga un lazo, de tal manera que tanto el amortiguador del deslizador y la banda de hule queden en el interior del lazo, pase el hilo a través del orificio del soporte del Sistema de Flotación y gánchelo con un dinamómetro como se indica en la figura 8.

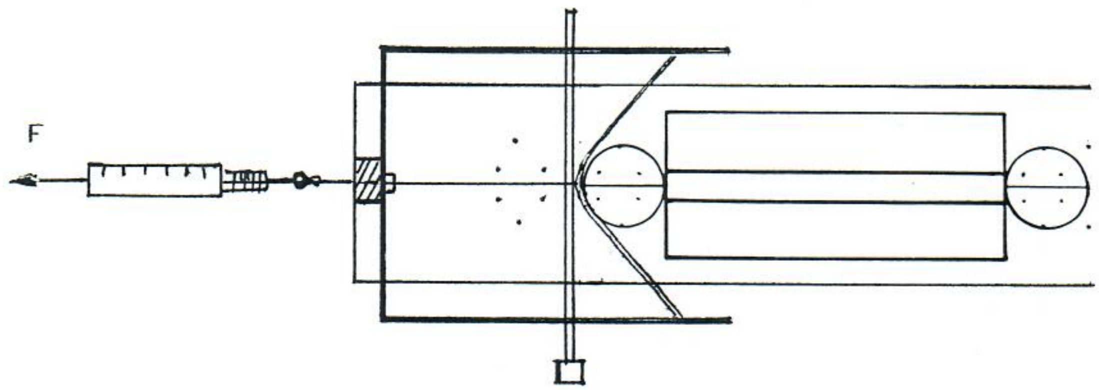

Figura 8. Medición de la fuerza como función de la posición.

11.- Estire el dinamómetro hasta que la punta del electrodo del deslizador coincida con el punto marcado con el número cero en el papel de registro. Mida la fuerza registrada en el dinamómetro y llámela F_0.

12.- Repita la operación indicada en el paso 11 para cada uno de los puntos restantes (1,2,3...), y llame a las fuerzas registrads en el dinamómetro F_1, F_2, F_3, etc., respectivamente.

13.- Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo y asigne a cada punto del registro sus respectivas variables de posición y tiempo. Utilice x_0 y t_0 para el punto marcado con el número cero, x_1 y t_1 para el marcado con el 1, y así sucesivamente.

14.- Mida con una regla el valor numérico de la variable de posicion **x** para cada uno de los puntos del registro, tomando como referencia el punto marcado con el número cero, al cual le corresponde $x_0 = o$.

15.- Determine para cada uno de los puntos del registro la variable **t**, tomando como referencia el punto marcado con el número cero, al cual le coresponde $t_0 = o$. Al punto marcado con el número 1, le corresponderá el tiempo $t_1 = \Delta t$, donde Δt es el intervalo de chispeo seleccionado en el Generador de Chispas que en nuestro caso es de 50 milisegundos; al marcado con el número 2, le corresponderá $t_2 = 2\Delta t$, y así sucesivamente.

16.- Con los diferentes valores de **F**, **x** y **t**, obtenidos en los pasos anteriores, construya la siguiente Tabla de Datos:

x (cm)						
t (seg)						
F (dinas)						

Tabla III

17.- Con los datos de la Tabla III, construya en papel milimétrico una gráfica de F vs: **x**. Utilice el eje de las ordenadas para la variable **F** y el eje de las abcsisas para la variable **x**.

18.- Utilizando nuevamente los datos de la Tabla III, construya en papel milimétrico una gráfica de F vs: **t**. Utilice el eje de las ordenadas para la variable F y el eje de las abcsisas para la variable **t**.

19.- Si la gráfica de F vs: **x**, corresponde (al menos en cierto rango) a una linea recta, esto significa que en dicho rango la banda de hule obedece a la Ley de Hooke, es decir, que la fuerza F es proporcional al desplazamiento **x**, por lo tanto: $F = -kx$, donde **k** es la constante de elasticidad de la banda de hule. El valor de **k** deberá ser igual a la pendiente de la linea recta de la gráfica.

20.- Determine el área bajo la curva de la gráfica de **F** vs: **t**, para ello trace un cierto número de rectángulos procurando que todos ellos tengan la misma área (Ver figura 9). La suma de las areas de todos los rectángulos será una estimación aproximada del área bajo la curva. Esta estimación corresponderá al **Impulso J** que la banda de hule le imparte al deslizador.

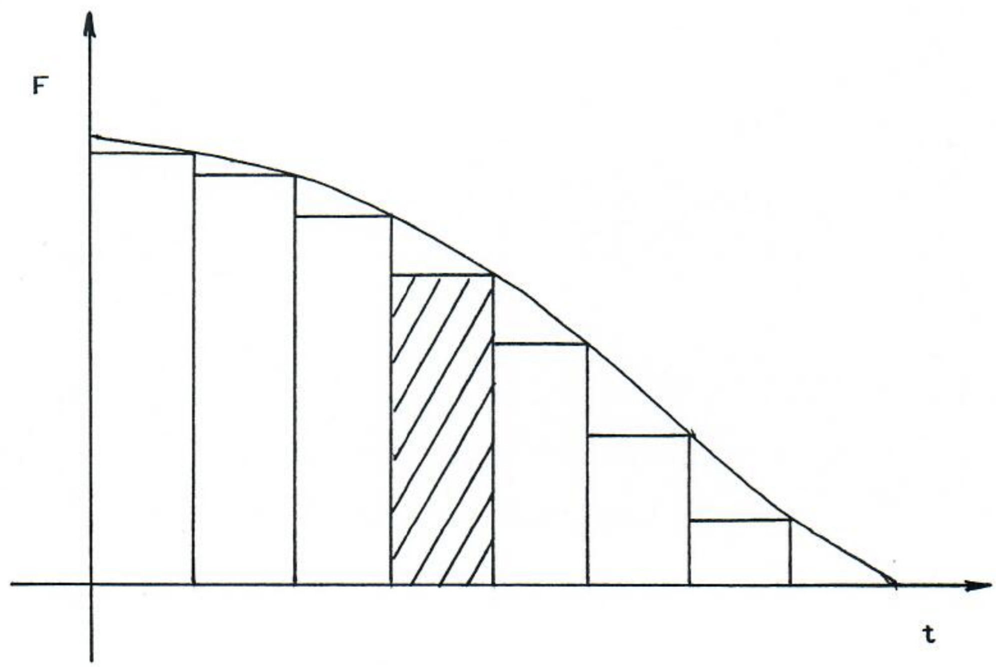

Figura 9. Gráfica para calcular el área bajo la curva (Impulso).

21.- Determine la velocidad del deslizador, justamente después de que éste deja de estar en contacto con la banda de hule. Utilice para tal fin, la siguiente ecuación:

(21) $$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

donde Δx, corresponde al primer desplazamiento despues de que el deslizador dejó de estar en contacto con la banda de hule.

22.- Con el valor de la masa **m** del deslizador y la velocidad **v** de éste calculada en el paso 21, determine el cambio en la Cantidad de Movimiento ΔP del deslizador utilizando la siguiente ecuación:

(22) $$\Delta P = mv$$

el valor ΔP, deberá ser aproximadamente igual al Impulso **J** determinado en el paso 20.

23.- Utilizando el Principio de la Conservación de la Energía, determine la velocidad **v** con que el deslizador abandona la banda de hule, para ésto, iguale la Energía Potencial almacenada en la banda, con la Energía Cinética del deslizador al dejar de estar en contacto con la banda de hule, es decir,

(23) $$\tfrac{1}{2}Kx^2 = \tfrac{1}{2}mv^2$$

de esta ecuación, se obtiene la velocidad **v**, como:

(24) $$v = x(K/m)^{\frac{1}{2}}$$

24.- Con el valor de la velocidad **v**, obtenida en el paso 23, calcule nuevamente el cambio en la Cantidad de Movimiento, utilizando para ello la ecución 22. Compare este valor de ΔP con el del Impuso **J**, determinado en los pasos 20 y 22.

VI.- DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Compare los valores obtenidos del Impulso J en los pasos 20, 22 y 24. Si hay diferencia entre ellos, discuta con su Instructor y Compañeros todas las posibles fuentes de error del experimento y haga una lista de ellas.

Repita el experimento minimizando los errores y compare estos nuevos resultados con los del experimento anterior.

REFERENCIA: EXPERIMENTO MEC 13

DETERMINACION
DEL
COEFICIENTE DE RESTITUCION
EN UNA
COLISION ELASTICA

ELABORADO POR EL GRUPO : FICER

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RESTITUCION EN UNA COLISION ELASTICA

I. - OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

Determinar el Coeficiente de Restitución en una colisión.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

Sistema de Flotación Lineal **FICER,** modelo **SFL-03**
Impulsor de Aire **FICER,** modelo **IA-03**
Generador de Chispas **FICER,** modelo **GCH-03**
Regla metálica y Regla de chispeo
Amortiguador desmontable
Pasador metálico
Deslizador con electrodo de chispeo
Tira de papel de registro
Trozo de hilo
Regla o escalímetro, lápiz y borrador.

III.- ANALISIS TEORICO

Se sabe que la **cantidad de movimiento** se conserva casi siempre constante en una colisión, sin embargo, no sucede siempre lo mismo con la **Energía Cinética.** Si la Energía Cinética permanece constante, se dice que la colisión es **perfectamente elástica.** Cuando los cuerpos que chocan permanecen unidos y se mueven así después de la colisión, se dice que ésta es **perfectamente inelástica.**

Supongamos por ejemplo, que una colisión ocurrida entre dos cuerpos de masas $\mathbf{m_1}$ y $\mathbf{m_2}$ es **perfectamente elástica.** Entonces, al ocurrir la interacción, la disminución de la **Energía Cinética** de un cuerpo es igual al aumento de la **Energía Cinética** del otro; y la disminución de la **cantidad de movimiento** de un cuerpo es siempre igual al aumento de la **cantidad de movimiento** del otro. Por lo tanto, si consideramos que $\mathbf{v_1}$ y $\mathbf{v_2}$ son las velocidades de $\mathbf{m_1}$ y $\mathbf{m_2}$, respectivamente, antes de la colisión; y $\mathbf{V_1}$ y $\mathbf{V_2}$ son sus velocidades respectivas después de la colisión, se deberá cumplir que:

(1) $$v_1 - v_2 = V_2 - V_1$$

En donde el miembro izquierdo representa la velocidad relativa de acercamiento de ambos cuerpos antes de la colisión y, el miembro de la derecha corresponde a la velocidad relativa de separación de éstos después de la colisión.

La ecuación 1 indica que, en una colisión elástica en una dimensión, la velocidad relativa de acercamiento antes de la colisión es igual a la velocidad relativa de separación después de la misma.

La deducción de la ecuación anterior puede verse en el experimento de Colisiones Elásticas.

Se define el Coeficiente de Restitución **"e"** para un par de cuerpos que chocan, como la razón de la velocidad relativa después del choque a la velocidad relativa antes del choque, es decir,

$$(2) \qquad e = \frac{v_2 - v_1}{v_1 - v_2}$$

Ahora bien, si el choque es perfectamente elástico, el valor de **"e"** debe ser la **unidad** y si el choque es perfectamente inelástico su valor es **cero**, en general, el Coeficiente de Restitución tiene un valor comprendido entre **cero** y **uno.**

Supongamos que una pelota de golf se deja caer a partir del reposo, desde una altura h_1 sobre la superficie de la Tierra, al chocar con ésta, rebota hasta una altura h_2; como la masa de la Tierra es muy grande, su velocidad no se modifica en absoluto con el choque, entonces, podemos decir que las **velocidades relativas** de la Tierra y de la pelota justamente antes y después de la colisión, corresponderán a las **velocidades** de la pelota justamente antes y después de la colisión.

Para este caso especial, el Coeficiente de Restitución **"e"** está dado por:

$$(3) \qquad e = -\frac{v_1}{v_1}$$

Siendo V_1 la velocidad de la pelota justamente después de rebotar y v_1 la velocidad de la pelota exactamente antes del choque.

Las velocidades v_1 y V_1 se calculan empleando las fórmulas:

$$(4) \qquad v_1 = \sqrt{2gh_1}$$

$$(5) \qquad V_1 = -\sqrt{2gh_2}$$

En este caso consideramos como positivo el sentido hacia abajo, ésta es la razón del signo negativo en la ecuación 5.

Por consiguiente, sustituyendo las ecuaciones 4 y 5 en la ecuación 3, se obtiene que para este caso especial, el Coeficiente de Restitución será:

$$(6) \qquad e = \sqrt{h_2/h_1}$$

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para medir el Coeficiente de Restitución de una colisión e investigar si éste es un número constante (ya que con ello se puede caracterizar el grado de la colisión), vamos a emplear un método que llamaremos de **rebote**; el cual consiste como su nombre lo indica en rebotar un cuerpo sobre una superficie fija y medir su velocidad antes del choque y después del mismo.

Por lo general, la medición de las velocidades mencionadas es difícil de lograr, por esta razón es más práctico relacionar dichas variables con otras más sencillas de medir.

El método de **rebote** se desarrolla con buenos resultados empleando el Sistema de Flotación Lineal como Plano Inclinado.

Primeramente, colocamos un deslizador en la parte superior del plano inclinado cuya distancia al amortiguador del Sistema llamaremos s_1; posteriormente, al soltarse dicho deslizador, éste rebotará en el amortiguador ascendiendo sobre la guía hasta una distancia s_2 del amortiguador.

La relación que existe entre las distancias s_1 y s_2 con las velocidades v_1 y V_1 del deslizador justo antes y después de la colisión con el amortiguador, se determina empleando el Principio de la Conservación de la Energía.

A partir de este Principio, se sabe que la Energía Potencial que tiene el deslizador en su punto más alto se convierte íntegramente en Energía Cinética al llegar a su punto más bajo, por lo que:

$$(7) \qquad mgh_1 = \tfrac{1}{2}\, mv^2{}_1$$

donde **m** es la masa del deslizador y h_1 es la diferencia de alturas entre los puntos más alto y más bajo que alcanza el deslizador en la guía.

Esta diferencia de alturas se determina a partir del ángulo de inclinación α del Sistema de Flotación y de la distancia s_1 que recorre el deslizador hasta chocar; de la siguiente manera:

$$(8) \qquad h_1 = s_1 \operatorname{sen}\alpha$$

Combinando las ecuaciones 7 y 8 encontramos que,

$$(9) \qquad mgs_1\operatorname{sen}\alpha = \tfrac{1}{2}\, mv^2{}_1$$

de donde se obtiene:

$$(10) \qquad v_1 = \sqrt{2g\operatorname{sen}\alpha\; s_1}$$

o bien,

$$(11) \qquad v_1 = K\sqrt{s_1}$$

siendo **K** una constante cuyo valor es $\sqrt{2g\operatorname{sen}\alpha}$

Cuando el deslizador efectúa su primera colisión con el amortiguador del Sistema de Flotación, saldrá disparado con una velocidad **V1** y recorrerá una distancia s_2 sobre la guía del Sistema.

La velocidad con la cual sale disparado, se puede determinar mediante el Principio de Conservación de la Energía, de la siguiente manera:

$$(12) \qquad \tfrac{1}{2}\, mV^2{}_1 = mgh_2$$

donde h_2 es la diferencia de alturas entre el punto más bajo (el de la colisión) y el punto más alto a que asciende después del rebote.

Con un procedimiento similar al utilizado para determinar la velocidad en función de la distancia recorrida dada en la ecuación 11, se obtiene que:

$$(13) \qquad V_1 = -\,K\sqrt{s_2}$$

El signo negativo en esta última ecuación es debido a que después del rebote el deslizador se mueve en dirección contraria.

Al sustituir las ecuaciones 11 y 13 en la ecuación 3, se obtiene que:

$$(14) \qquad e_{21} = \sqrt{s_2/s_1}$$

Una vez que se ha determinado este Coeficiente de Restitución, repita todo el procedimiento anterior; pero ahora, soltando el deslizador desde la posición s_2 y mida con cuidado la nueva posición s_3 a que ascenderá el deslizador en este nuevo rebote, y calcule nuevamente el Coeficiente de Restitución de esta colisión usando para ello la ecuación:

$$(15) \qquad e_{32} = \sqrt{s_3/s_2}$$

Efectúe nuevamente otras colisiones para calcular sus respectivos Coeficientes de Restitución e_{43}, e_{54}, e_{65}, etc.

Con los valores del Coeficiente de Restitución obtenidos en las colisiones realizadas, se podrá determinar el grado de elasticidad de las colisiones efectuadas en el Sistema de Flotación Lineal.

Si el valor calculado del Coeficiente de Restitución en cada una de las colisiones fuese igual a la unidad, ésto indicaría que dichas colisiones son perfectamente elásticas, por otra parte, si los valores calculados no son iguales a la unidad pero, sin embargo, permanecen casi constantes, su valor medio indicaría el grado de elasticidad de las colisiones (entre más cercano a la unidad, mayor elasticidad).

V.- PROCEDIMIENTO

Para este experimento, el Sistema de Flotación Lineal deberá emplearse como plano inclinado; para ello, se colocará el extremo con la toma para el aire, sobre el bloque metálico. El experimento se realiza ejecutando los siguientes pasos.

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 1.

2.- Instale en el sistema de lanzamiento más elevado el pasador metálico y en el otro, el amortiguador desmontable.

3.- Instale una tira de papel de registro en la regla de chispeo y colóquela en el Sistema de Flotación. Conecte el Generador de Chispas al Sistema de Flotación en su Modo 1, (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Generador de Chispas).

4.- Coloque en la guía rectilínea del Sistema de Flotación, un deslizador con electrodo de chispeo y ajuste con sus manos el electrodo para efectuar un registro simple (Ver Apartado F, inciso V).

5.- Encienda el Generador de Chispas y seleccione en éste la frecuencia más alta.

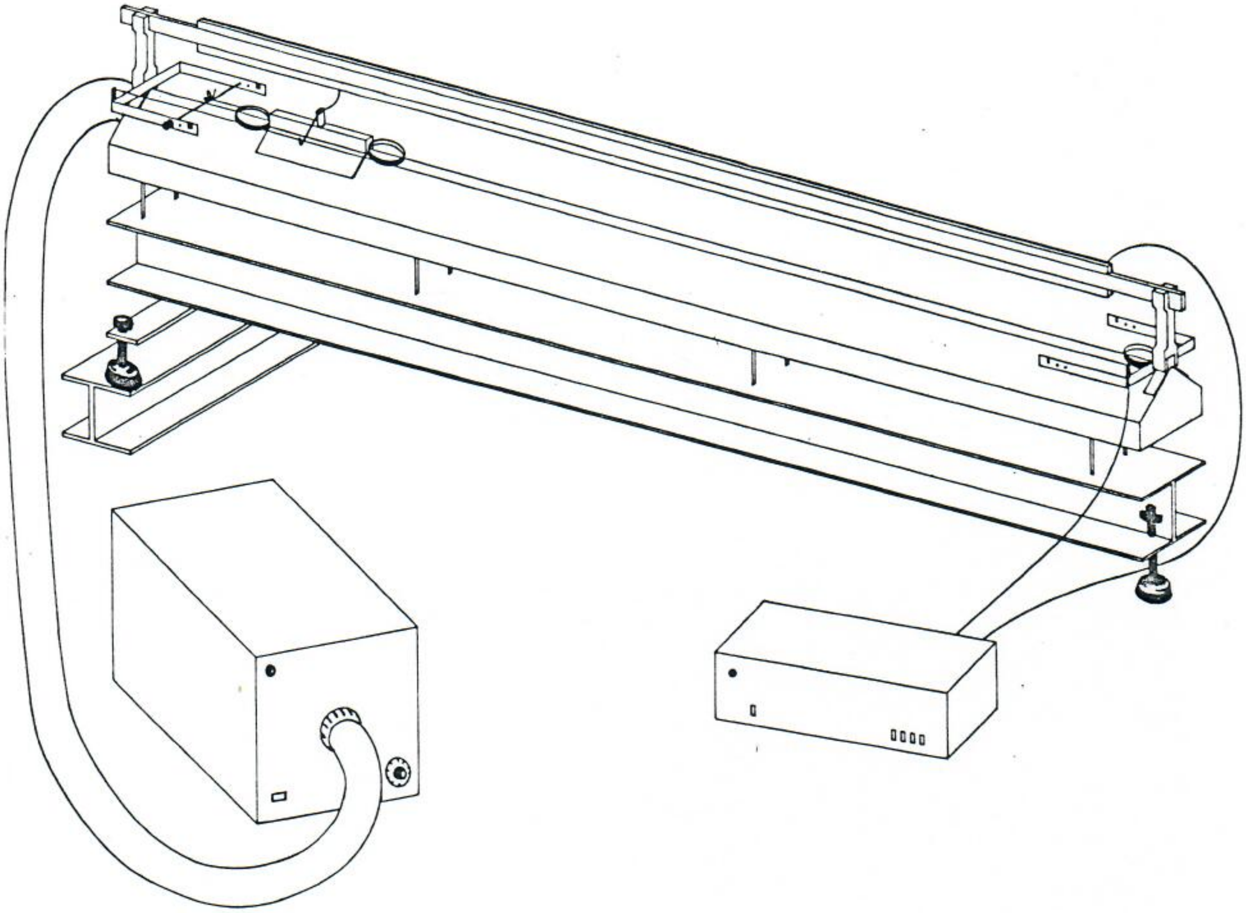

Figura 1. Instalación del equipo.

6.- Permita que el deslizador llegue a su parte más baja y espere a que alcance el reposo. Posteriormente, oprima el botón del control remoto del Generador de Chispas para marcar en la tira de papel de registro, el punto más bajo alcanzado por el deslizador. Identifíquelo con el número **1**.

7.- Lleve el deslizador a un punto elevado lo más cercano al pasador metálico y amárrelo a éste, como se indica en la figura 1. Oprima nuevamente el botón del control remoto para registrar la posición del deslizador. Identifique este punto con el número **2**.

8.- Queme el hilo que sujeta al deslizador para que éste inicie su movimiento descendente, después de que choque con el amortiguador y empiece su movimiento ascendente, oprima el botón del control remoto cuando vea que está próximo de alcanzar su máximo recorrido; y deje de oprimirlo tan pronto inicie nuevamente su movimiento descendente. Marque con el número 3 el punto más alto del registro.

9.- Sujete nuevamente el deslizador al pasador metálico por medio de un hilo, de tal manera, que el extremo del electrodo quede justo frente al punto marcado con el número 3.

10.- Queme el hilo y registre de la misma manera como se indicó en el inciso 8, el punto de máxima ascensión e identifíquelo con el número 4.

11.- Repita este proceso varias veces, marcando cada vez el punto de máxima ascensión e identifique estos puntos con los números 5,6,7, etc.

12.- Desprenda la tira de papel de registro de la regla de chispeo y proceda al análisis de los datos.

13.- Con una regla mida las distancias entre los puntos 1 y 2, 1 y 3, 1 y 4, etc. y llámelas s_1 s_2, s_3, etc., respectivamente.

14.- Con los datos del paso 13, calcule el Coeficiente de Restitución para cada colisión y llene la siguiente Tabla I de Datos.

colisión número	C.R. "e"
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Tabla I

15.- Analice los datos de la Tabla I y observe si el Coeficiente de Restitución (**C.R.**) en las diferentes colisiones es unitario (colisiones **perfectamente elásticas**), o si permanece casi constante y cercano a la unidad (colisiones **cuasi-elásticas**).

VI.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Si las diversas colisiones efectuadas en el experimento, difieren bastante de las llamadas **cuasi-elásticas**, entonces, enumere todas las posibles fuentes de error y repita el experimento minimizándolas. Compare los nuevos resultados con los del anterior y discuta con su instructor y compañeros cómo mejorar este experimento.

REFERENCIA : EXPERIMENTO MEC 14

MOVIMIENTO

EN

CAIDA LIBRE

GRUPO

FICER

U A N L

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

Obtener en forma experimental la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo de un cuerpo que se mueve en caída libre, y obtener además el valor de la aceleración de la gravedad.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

Pinza de mesa, modelo **SCL-03-01**
Electromagneto para Caída Libre, modelo **SCL-03-02**
Nueces de Sujeción (2) con Tornillos opresores, modelo **SCL-03-03**
Interruptor Electrónico, modelo **SCL-03-04**
Balín de acero, modelo **SCL-03-05**
Soporte de acero inoxidable, modelo **SCL-03-06**
Cronómetro Digital **FICER**, modelo **CD-03**
Cinta Métrica
Hoja de papel milimétrico, lápiz y borrador

III.- ANALISIS TEORICO

Se conoce que todo cuerpo situado sobre la superficie de la tierra experimenta la acción contínua de una fuerza constante **"su peso"**; de no existir obstáculo alguno: Fuerza de rozamiento del aire, presión, o cualquier otra interacción", dicha acción pondría en movimiento uniformemente acelerado al cuerpo.

Se dice que un cuerpo se mueve en "caída libre", cuando sobre él actúa únicamente la fuerza de atracción gravitacional; es decir, su propio peso.

Mediciones de espacio y tiempo realizadas con precisión, muestran que la velocidad de los cuerpos en caída libre se incrementa en forma constante; es decir, se mueven con aceleración constante. Esta aceleración se le conoce con el nombre "**aceleración de la gravedad**", y se le designa con la letra "**g**".

Mediciones en diferentes puntos de la Tierra muestran que **g** varía de un lugar a otro. Por ejemplo, aumenta con el incremento de la Latitud Geográfica y disminuye al aumentar la altura sobre el nivel del mar.

Cuando la distancia recorrida en la caída libre de un cuerpo es pequeña, se puede considerar que durante todo el recorrido la fuerza de atracción gravitacional es constante. Por lo tanto, la aceleración del cuerpo también será constante y por consiguiente, las leyes a que obedece el movimiento en caída libre son las del movimiento uniformemente acelerado.

Consideremos el caso de un cuerpo que cae libremente a partir del reposo (velocidad inicial igual a cero). Transcurrido un tiempo **t** , el cuerpo habrá recorrido una distancia **h** y habrá adquirido una velocidad **v.**

La relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla está dada por la siguiente ecuación:

(1) $$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Al mismo tiempo, la expresión que relaciona la velocidad adquirida con el tiempo transcurrido, se expresa mediante la siguiente ecuación:

(2) $$v = gt$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2), obtenemos:

(3) $$v = \sqrt{2gh}$$

Las ecuaciones (1), (2) y (3) se refieren únicamente al movimiento de caída libre. Podrá notarse que la masa del cuerpo no interviene en estas ecuaciones; por lo tanto, cuando el movimiento es de caída libre, todos los cuerpos (sin importar la magnitud de su masa), partiendo del reposo y desde una misma atura, alcanzarán el suelo con la misma velocidad y al mismo tiempo.

Si la caída es en el aire, sobre el cuerpo actuarán además de la fuerza gravitacional, otras fuerzas como la de rozamiento y la presión. Por lo tanto, este movimiento ya no corresponde al de caída libre.

Puede comprobarse experimentalmente que en el vacío, todos los cuerpos soltados de la misma altura y al mismo tiempo, llegarán al suelo simultánemente.

La figura 1 muestra un tubo de vidrio cerrado herméticamente, que contiene en su interior una piedra y una pluma, dicho tubo se encuentra conectado a una bomba de vacío; mientras que el tubo contenga aire en su interior, al soltar de la misma altura y simultáneamente la piedra y la pluma, la piedra caerá más rápidamente. Sin embargo, si se le extrae todo el aire (se hace vacío), puede verse que ambos objetos "piedra y pluma" alcanzarán el fondo del tubo al mismo tiempo.

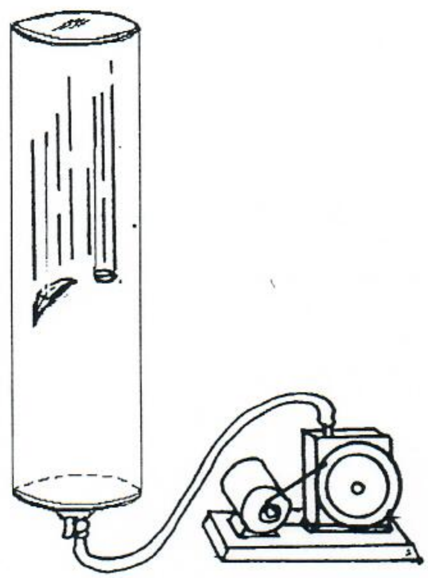

Figura 1. En el vacío, la piedra y la pluma caen simultáneamente.

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Como uno de los objetivos del experimento es hallar la relación espacio-tiempo para un cuerpo que se mueve en caída libre, deberá considerar lo siguiente:

1.- Que el movimiento del cuerpo se aproxime lo más posible a una caída libre.

Para lograrlo, se recomienda utilizar un cuerpo denso de forma esférica, con el fin de que la fuerza gravitacional que actúa sobre él, sea mucho más relevante que las fuerzas resultantes de la interacción con el aire.

2.- La altura **h** desde donde se suelta el cuerpo, debe seleccionarse de tal manera que el cuerpo no alcance su velocidad terminal dentro del intervalo **h.** Entendiéndose por velocidad terminal, aquella velocidad constante que adquiere el cuerpo, cuando la fuerza de atracción gravitacional es contrarrestada (totalmente), por las fuerzas que resultan de la interacción con el aire.

Si se emplea un balín de acero de 1.27 cm. de diámetro; una altura de 1.00 m. es una buena selección.

Para reducir las fuentes de error en el experimento, es conveniente minimizar los errores ambientales, los de observación y los aleatorios. Para manejar adecuadamente estos últimos, se recomienda recurrir a la estadística. (Ver Sección D, incisos III y IV de Apoyos: Técnico-Didácticos).

3.- Una vez seleccionada la distancia total que recorrerá el cuerpo en su caída (por ejemplo, 1.00 m.), elija dentro de este rango, varias alturas desde donde se dejará caer libremente el cuerpo y mida en cada una de ellas su respectivo tiempo de caída.

4.- Con los datos de altura **h** y tiempo **t** construya una gráfica de **h** vs. **t**. Para encontrar la ecuación (modelo matemático experimental) que relaciona estas dos variables, puede utilizar el Método Gráfico o bien, el Método Analítico de Mínimos Cuadrados. (Ver sección E, incisos III y IV de Apoyos Técnicos Didácticos).

5.- Compare el modelo matemático experimental obtenido en el inciso anterior, con el modelo matemático teórico del movimiento de caída libre. Determine el valor de la aceleración de la gravedad.

V.- PROCEDIMIENTO

Para realizar este experimento ejecute los siguientes pasos:

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

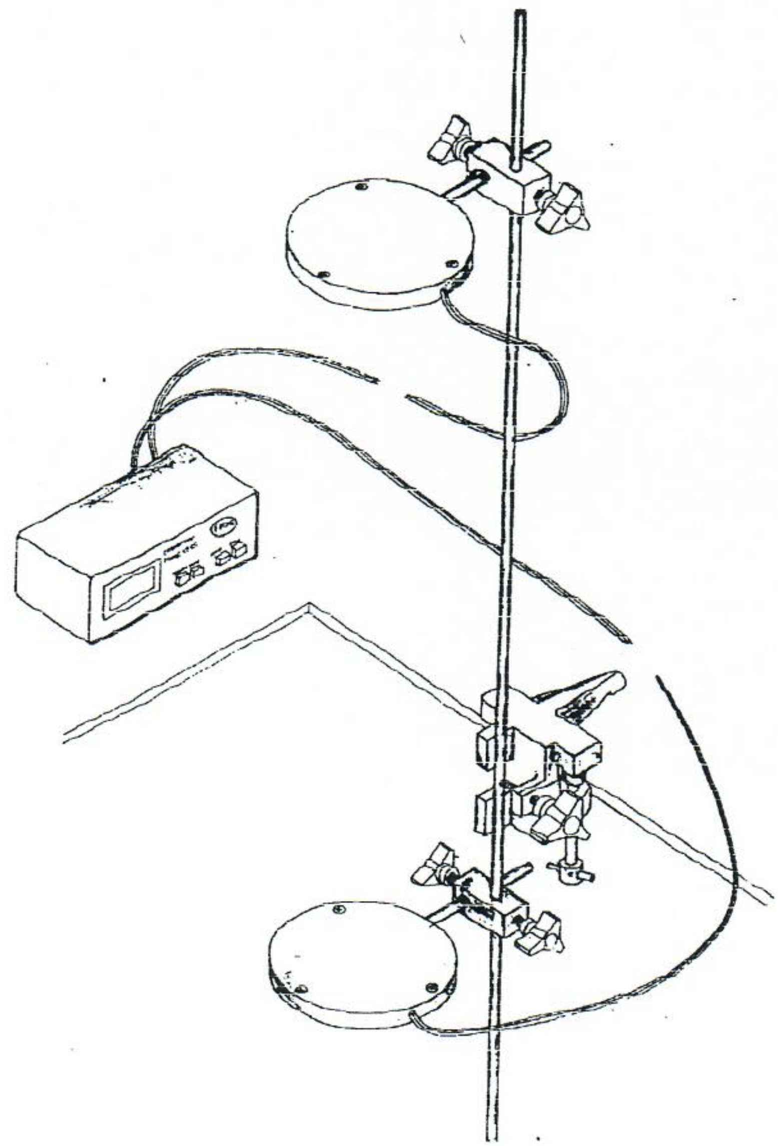

Figura 2. Instalación del Sistema de Caída Libre.

2.- Verifique que esté bien instalado el electromagneto y el Interruptor Electrónico, cuidando que el primero se encuentre colocado en la parte superior del soporte Inoxidable, y el segundo en la parte inferior. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Sistema de Caída Libre, inciso III).

3.- Conecte el Electromagneto de Sujeción y el Interruptor Electrónico al Cronómetro Digital **FICER**, para que éste funcione en su modo 4. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Cronómetro Digital, en su inciso V).

4.- Mida con cuidado el diámetro **d** del balín.

5.- Verifique que el Electromagneto esté fijo en la parte superior del Soporte Inoxidable, apretando los tornillos opresores de la Nuez de Sujeción, como se indica en la figura 3. Tenga cuidado de no ejercer demasiada presión, porque puede dañar la rosca de la nuez.

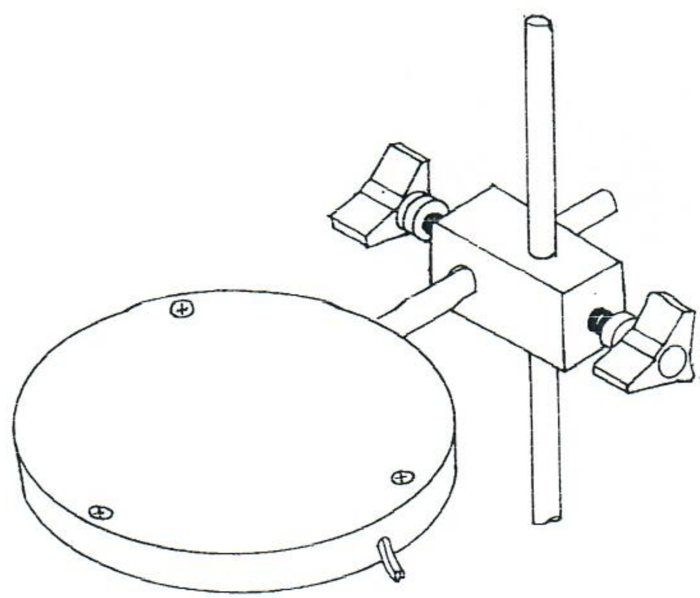

Figura 3. Instalación del Electromagneto.

6.- Fije el Interruptor Electrónico en la primera distancia seleccionada **(H=1m.+d)**, apretando el tornillo de la nuez con la mano. Asegurese que la tapa de acero inoxidable quede hacia arriba y que el Interruptor quede horizontal. Recuerde que la distancia entre las tapas interiores deberá tomar en cuenta el diámetro del balín. (Ver figura 4).

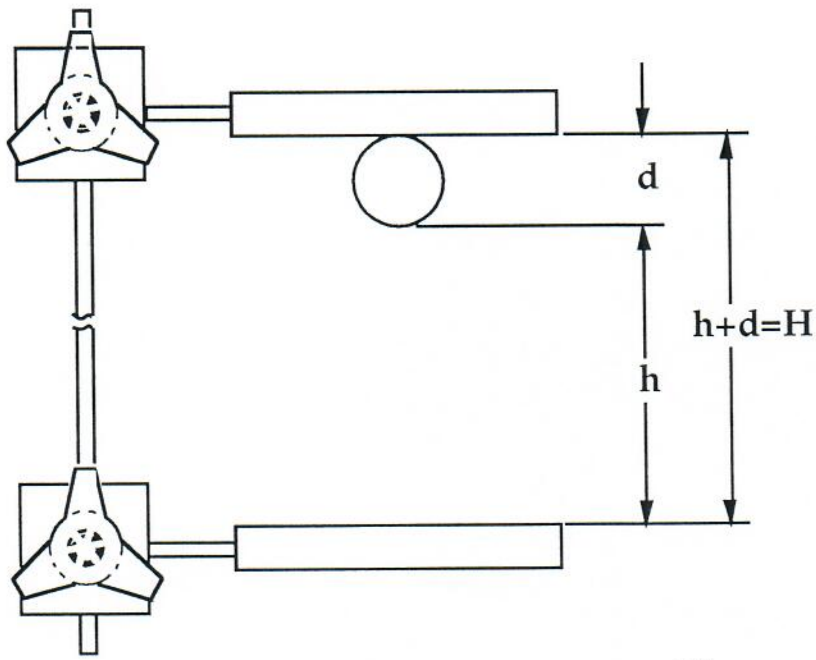

Figura 4. Distancia entre el Electromagneto y el Interruptor.

7.- Encienda el Cronómetro Digital. Elija en su selector de rango de tiempo la escala que corresponde a milésimas de segundo. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Cronómetro Digital, inciso III).

8.- Energice el Electromagneto de Sujeción oprimiendo la tecla de **"INICIAR"** del Cronómetro. Sin dejar de oprimirla, ponga en contacto el balín con el "círculo de papel" del Electromagneto.

9.- Retire la mano del balín; éste deberá quedar sujeto al Electromagneto mientras se mantenga oprimida la tecla. Suelte la tecla, esta acción liberará de la fuerza magnética al balín, iniciado instantáneamente su movimiento de caída; también en ese instante, el Cronómetro iniciará su lectura. Al chocar el balín con el Interruptor electrónico el Cronómetro detendrá su lectura.

Nota: La acción de oprimir la tecla de "**INICIAR**", deberá ser lo más breve posible, con el objeto de evitar que se magnetice el balín y retarde su caída.

10.- Repita los pasos 8 y 9 tres veces y obtenga el valor medio **t** de las lecturas de tiempo. También registre la altura **h=1m**.

11.- Ahora mueva el Interruptor Electrónico a una nueva distancia **H=0.9m+d** y repita los pasos 8, 9 y 10. Registre el tiempo promedio **t** correspondiente a la altura **h=0.9m**.

12.- Cambie sucesivamente la altura **h** entre la parte inferior del balín y la superficie del Interruptor Electrónico, disminuyéndola en 10 cm. (0.1 m) en cada evento hasta llegar a **h= 0.1 m**. Registre para cada altura el tiempo promedio **t** correspondiente. Con estos datos llene la Tabla I.

h									
t									

TABLA I

13.- Con los datos de la **Tabla I**, haga una gráfica de **h vs t** en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable **h** y el eje de las abscisas para la variable **t**.

Nota: Si el experimento estuvo bien realizado, la gráfica del paso anterior no corresponderá a una línea recta y por lo tanto su ecuación deberá ser del tipo potencial, es decir:

$$h = kt^m \tag{4}$$

14.- Utilice el **Método de Mínimos Cuadrados** para determinar los valores de las constantes **k** y **m**, desconocidos hasta ahora. (Ver Sección E, inciso IV de Apoyos Técnico Didácticos). Para este fin, calcule para cada pareja de valores de la **Tabla I,** lo siguiente:

$$T = \mathrm{Log}(t) \qquad \text{y} \qquad H = \mathrm{Log}(h)$$

Con los valores respectivos de T y H, llene la **Tabla II.**

T	H	T^2	TH
ΣT	ΣH	ΣT^2	ΣTH

TABLA II

15.- Con los valores de la **Tabla II**, determine las constantes **B** y **m**, empleando las siguientes ecuaciones:

(5) $$B = \frac{(\Sigma H)\Sigma T^2 - (\Sigma T)\Sigma TH}{n\Sigma T^2 - (\Sigma T)^2}$$

(6) $$m = \frac{n\Sigma TH - (\Sigma T)\Sigma H}{n\Sigma T^2 - (\Sigma T)^2}$$

Donde **n** es el número de eventos considerados.

Con el valor de **B** obtenido de la ecuación (5) se calcula el valor de **k**, recordando que:

(7) $$k = \mathrm{antiLog}(B)$$

Sustituyendo los valores de **m** y **k** obtenidos de las ecuaciones (6) y (7) en la ecuación (4), encontraremos la relación que existe entre el desplazamiento vertical y el tiempo, para el movimiento de caida libre. En otras palabras, obtendremos el modelo matemático experimental para este movimiento.

16.- Compare el modelo matemático experimental obtenido con el modelo matemático teórico del movimiento de caída libre dado por la ecuación (1) y determine el valor de la aceleración de la gravedad **g**.

VI.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Si existe discrepancia entre el modelo teórico y el obtenido experimentalmente, detecte y analice las posibles fuentes de error.

Repita el experimento minimizando los errores y compare nuevamente el modelo experimental con el modelo teórico, hasta obtener un modelo aceptable y acorde con la precisión del equipo empleado.

REFERENCIA: EXPERIMENTO MEC 15

FUERZAS

EN

EQUILIBRIO

GRUPO

FICER

U A N L

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

Determinar las condiciones del equilibrio estático de las fuerzas.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO

Mesa de Fuerzas **FICER**, modelo **MF-03**
Portapoleas con poleas
Pesas y Portapesas
Carátula Graduada
Anillo Metálico
Sistema de Retención **FICER**, modelo **SR-03**
Regla o escalímetro, calculadora, lápiz y borrador

III.- ANALISIS TEORICO

La **Mecánica** es la rama de la Física que estudia las relaciones entre fuerza, masa y movimiento.

Se denomina **Dinámica** a la parte de la Mecánica que estudia conjuntamente el movimiento y las causas que lo originan.

La **Estática** trata de los casos en los cuales los cuerpos y los sistemas permanecen en reposo debido al equilibrio de las fuerzas.

Por lo general el concepto de fuerza lo asociamos con el esfuerzo muscular, así cuando empujamos un cuerpo decimos que ejercemos una fuerza sobre el. Sin embargo, las fuerzas también son ejercidas por objetos inanimados, asi, un resorte tenso ejerce fuerzas sobre los cuerpos atados a sus extremos, una locomotora ejerce una fuerza sobre el tren que esta arrastrando. La fuerza que más comúnmente conocemos es la que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos situados en su superficie y que comúnmente llamamos **el peso de los cuerpos.**

Representación gráfica de las fuerzas

Supongamos que deslizamos una caja sobre el suelo, arrastrándola por medio de una cuerda como se indica en la Fig. 1. Si consideramos despreciable el efecto de la fricción, decimos que el movimiento de la caja se produce por la fuerza que la cuerda ejerce sobre la caja.

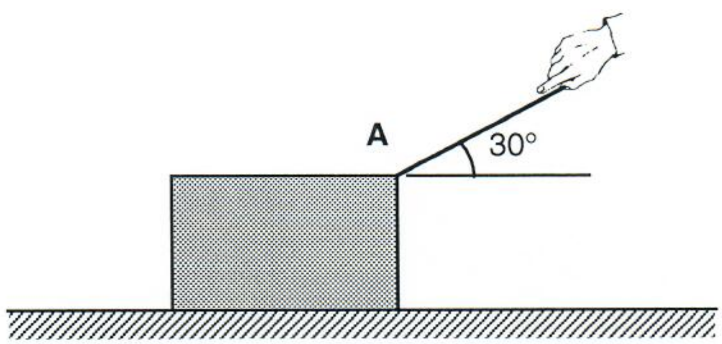

Fig. 1. Caja deslizandose

Si la fuerza que se ejerce sobre la caja fuera de 10 Newtons, este simple número no diría nada con respecto a la dirección y sentido de la fuerza. Para que esta fuerza quedara completamente especificada, tendríamos que mencionar también, que dicha fuerza está actuando a 30 grados por encima de la horizontal (dirección) y hacia la derecha (sentido) y que esta aplicada en el punto A.

Todas estas aclaraciones se dan en una forma más breve, si adoptamos la convención de representar la fuerza **F**, por una flecha indicadora de su dirección y sentido, y cuya longitud sea proporcional a la magnitud de la fuerza. Por lo tanto, se debe elegir una escala de fuerzas adecuada, donde se convenga que cada unidad de longitud corresponda a cierto número de unidades de fuerza.

La figura 2, es el diagrama correspondiente a la figura 1, donde la fuerza que ejerce la cuerda sobre el cuerpo se muestra según la convención adoptada. Cabe aclarar que hay otras fuerzas actuando sobre la caja que no se han indicado en el diagrama.

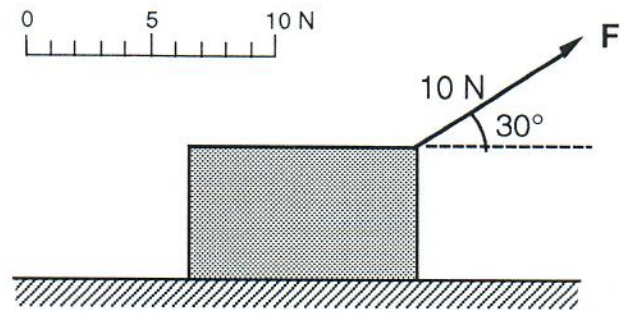

Fig. 2. Representación gráfica de la fuerza **F**

Podemos concluir, que todas las fuerzas, se caracterizan por cuatro cualidades que son: **Magnitud**, **Dirección**, **sentido y Punto de aplicación.**

Las cantidades físicas que quedan completamente especificadas indicando su Magnitud, Dirección y Sentido reciben el nombre de **Cantidades Vectoriales**.

Las Cantidades Vectoriales se representan gráficamente por una flecha a la cual se le acostumbra llamar **vector**.

La fuerza es una cantidad vectorial.

La fuerza que pone o tiende a poner en movimiento a un cuerpo rígido, puede cambiar su punto de aplicación por otro situado en la misma línea de acción de ella, sin que por ello resulten alterados sus efectos (entiendase por línea de acción, una línea de longitud indefinida, de la cual el vector fuerza es un segmento de esa línea). Así, el efecto de una locomotora es indiferente si se engancha a la cabeza del tren, al final o entre los vagones.

Descomposición de una fuerza

Toda fuerza puede ser considerada como la resultante de dos fuerzas concurrentes y coplanares. Son fuerzas coplanares aquellas que sus vectores se encuentran situados en el mismo plano; por ejemplo, si sobre un cuerpo en movimiento actúa la fuerza **R** como se indica en la figura 3, podemos descomponer ésta en dos fuerzas: La fuerza **W** que actúa en la dirección del movimiento y que contribuye por tanto, a acelerarlo y a vencer las resistencias que a él se oponen. A **W se le llama componente dinámica.** La fuerza **N** normal a **W** en nada contribuye al movimiento, su efecto consiste en aumentar la presión del cuerpo móvil contra el suelo. A esta fuerza **N** se le llama **Componente Estática.**

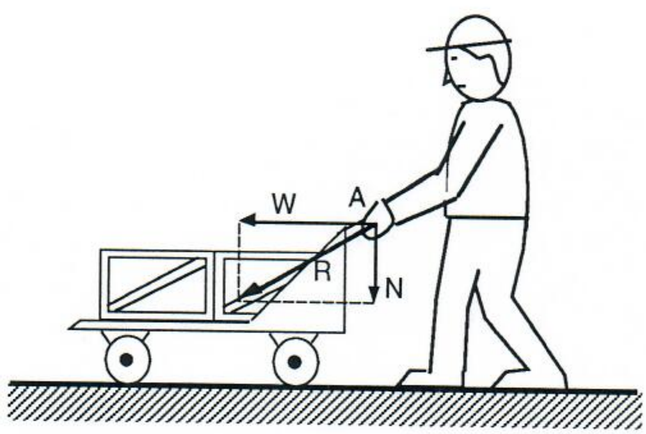

Fig. 3. Descomposición de una fuerza

La descomposición de una fuerza **F** en dos componentes rectangulares, se efectúa como se indica en la figura 4.

Para calcular los valores de sus componentes se utilizan las ecuaciones 1 y 2

(1) $$F_x = F\cos\theta$$

(2) $$F_y = F\text{sen}\theta$$

La fuerza **F** y sus componentes rectangulares, son mostradas en la figura 4.

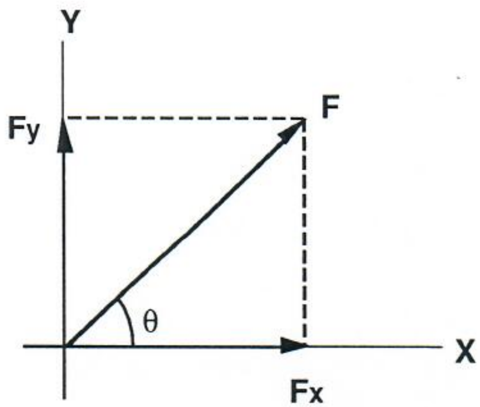

Fig. 4. Componentes rectangulares de **F**.

Equilibrio

En general, el movimiento de un cuerpo, puede considerarse como una combinación de dos movimientos: Uno de translación y otro de rotación.

Cuando varias fuerzas actúan simultáneamente sobre un cuerpo rígido y los efectos de éstas se anulan entre si, el cuerpo no cambiará sus movimientos de translación y rotación. Decimos en este caso, que el cuerpo se encuentra en **equilibrio**; lo cual puede significar: Que el cuerpo esté en reposo (equilibrio estático), o se mueve en línea recta con velocidad constante.

Con el fin de evitar en nuestro estudio preliminar el movimiento de rotación, vamos a considerar al cuerpo como una partícula puntual, es decir, un cuerpo sin dimensiones; en realidad en la naturaleza no existe una partícula puntual como la hemos definido, sin embargo, este concepto es de utilidad porque en muchos casos, los objetos reales y ciertos puntos de los sistemas pueden tratarse como si fueran partículas puntuales. Entonces, bajo este nuevo esquema, decimos que un cuerpo está en **equilibrio estático**, si la resultante de todas la fuerzas que actúan sobre él es igual a cero.

Esto se puede representar por la siguiente ecuación vectorial.

$$(3) \qquad \sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$$

donde la letra griega sigma Σ significa: **La sumatoria d**e... La ecuación se lee: La suma vectorial de las fuerzas es igual a cero.

Resumiendo, si la fuerza resultante de un cuerpo es cero, entonces, la suma vectorial de sus componentes rectangulares en las direcciones **x** e **y**, también deberán ser igual a cero. por lo tanto, para un cuerpo en equilibrio se cumple que.

$$(4) \qquad \sum \mathbf{F_x} = \mathbf{0}$$

$$(5) \qquad \sum \mathbf{F_y} = \mathbf{0}$$

Este par de ecuaciones constituyen: **La primera condición de equilibrio.**

La segunda condición de equilibrio, se logra cuando todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo son concurrentes, es decir, cuando sus lineas de acción convergen en un punto.

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Como el objetivo del experimento es determinar las condiciones del equilibrio estático de las fuerzas, el experimento se efectúa en una forma fácil y práctica, utilizando la Mesa de Fuerzas **FICER**, modelo **MF-03** y el Sistema de Retención **FICER,** modelo **SR-03**.

Se recomienda leer cuidadosamente los instructivos para el uso y manejo de ambos aparatos.

El diseño del experimento es como sigue:.

1.- Se ponen en equilibrio estático tres fuerzas concurrentes y coplanares en la Mesa de Fuerzas.

2.- Se trazan en la Carátula de la Mesa de Fuerzas, los vectores representativos de cada una de las fuerzas.

3.- Se comprueba analíticamente el cumplimiento de la primera condicion de equilibrio estático.

V.- PROCEDIMIENTO

Para efectuar éste experimento ejecute los siguientes pasos:

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 5.

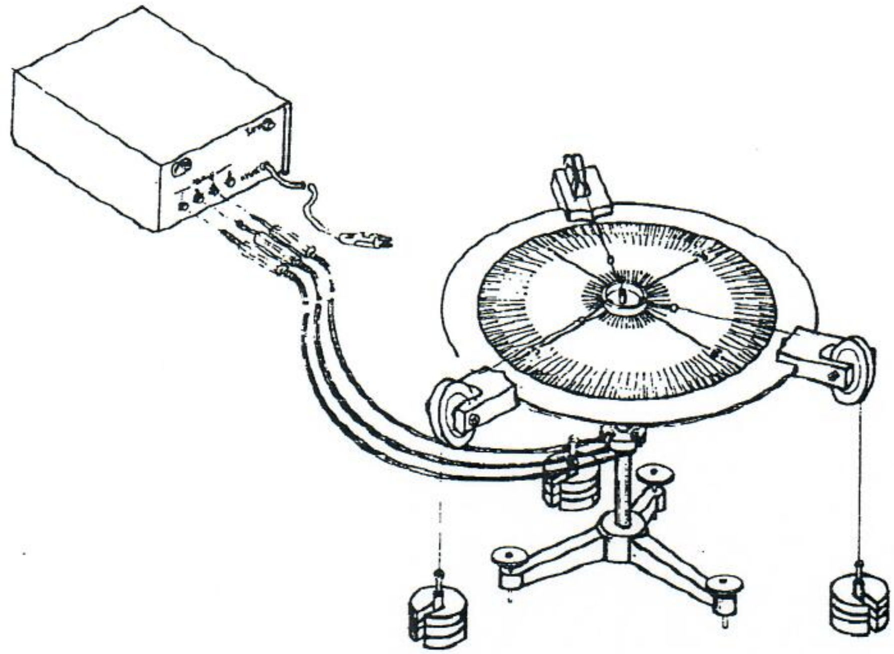

Fig. 5. Instalación de la mesa de fuerzas y sistema de retención.

2.- Nivele cuidadosamente la Mesa de Fuerzas, utilizando un nivel de gota.

3.- Verifique que estén bien instaladas las terminales de los Portapoleas en el Sistema de Retención. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Sistema de Retención en su inciso VI).

4.- Seleccione tres conjuntos de Pesas. Cada uno de ellos formado por tres o cuatro Pesas .

5.- Instale cada conjunto seleccionado en su respectivo

Portapesas; cuidando que este último esté provisto de su cuerda y gancho metálico. Determine el peso de cada conjunto incluyendo su Portapesas.

6.- Instale cada conjunto de Pesas y Portapesas en la Mesa de Fuerzas como se indica en la figura 5. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo de la Mesa de Fuerzas en su inciso II).

7.- Fije uno de los Portapoleas en el Plato de la Mesa de Fuerzas, oprimiendo para ello la tecla correspondiente del Selector de Poleas, del Sistema de Retención.

8.- Mueva los restantes Portapoleas instalados en la Mesa de Fuerzas, hasta lograr que el anillo metálico quede concéntrico con el circulo central de la Carátula Graduada. Cerciórese que las direcciones de las cuerdas sean concurrentes.

9.- Una vez que el anillo quede concéntrico, fije los Portapoleas restantes al Plato de la Mesa de Fuerzas. Utilice para ello el Sistema de Retención. (Ver Instructivo para el Uso y Manejo del Sistema de Retención en su inciso VI).

10.- Identifique cada una de las fuerzas que actúan sobre el anillo metálico y llámelas: $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ y $\mathbf{F_3}$.

11.- Gire la Carátula Graduada hasta lograr que algúno de los ejes rectangulares de ésta, coincida con la dirección de la fuerza $\mathbf{F_1}$, llamelo eje **X**, el otro será el eje **Y**.

12.- Partiendo del centro de la Carátula, trace el vector correspondiente a $\mathbf{F_1}$, éste deberá representarse por una flecha cuya longitud debe ser proporcional a la magnitud de $\mathbf{F_1}$, y su dirección debe coincidir con la dirección de la cuerda que ejerce la fuerza $\mathbf{F_1}$, y su sentido debe apuntar en forma radial hacia afuera de la Mesa de Fuerzas. El ángulo θ_1 que hace el vector $\mathbf{F_1}$ con el eje de **X**, debe ser cero.

13.- Trace los vectores correspondientes a las fuerzas $\mathbf{F_2}$ y $\mathbf{F_3}$. Identifique en la Carátula los ángulos θ_2 y θ_3 que estos vectores hacen con el eje **X**.

14.- Con las magnitudes de $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ y $\mathbf{F_3}$ y los ángulos θ_1,θ_2 **y** θ_3, llene la Tabla I.

$F_1=$	$F_2=$	$F_3=$
$\theta_1=$	$\theta_2=$	$\theta_3=$

Tabla I

15.- Con los datos de la Tabla I, trace los vectores $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ y $\mathbf{F_3}$, empleando para ello un Sistema de Coordenadas Rectangulares.

16.- Empleando las ecuaciones 1 y 2, determine las componentes rectangulares de los vectores de $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ y $\mathbf{F_3}$ y elabore una Tabla de datos como se indica a continuación:

Componentes en X	Componentes en Y
F_1 Cos θ_1=	F_1 Sen θ_1=
F_2 Cos θ_2=	F_2 Sen θ_2=
F_3 Cos θ_3=	F_3 Sen θ_3=
ΣF_X=	ΣF_Y=

Tabla II

17.- Verifique que:

$$\sum \mathbf{F}_x = \mathbf{0}$$

$$\sum \mathbf{F}_y = \mathbf{0}$$

VII.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Si no se cumple la primera condicion del equilibrio estático para las fuerzas $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ **y** $\mathbf{F}_3$, enumere todas las posibles fuentes de error y repita el experimento minimizándolas. Compare los nuevos resultados con los del anterior, y discuta con su instructor y compañeros como mejorar este experimento.