

Universidad Rafael Landívar  
Facultad de Ingeniería  
Física I  
Sección: 1  
Ing. Luis Alberto Bautista

## Práctica 5

# Movimiento sobre un plano Inclinado

Jose Andrés Ordoñez Monterroso  
Carnet: 1087322  
Diego Alejandro Arroyo Palacios  
Carnet: 1143022

Guatemala de la Asunción 26 de septiembre del 2022

## Resumen

En la práctica de laboratorio No.05 denominada movimiento sobre un plano inclinado, se investigó el tipo de movimiento que experimenta una esfera cuando se desplaza sobre una superficie inclinada. Teniendo como objetivo principal determinar el tipo de movimiento que describe la esfera cuando se desplaza a lo largo de un riel.

La primera parte del laboratorio consistió en armar un sistema con dos tubos y una superficie inclinada, seguidamente se midió el riel y se colocaron marcas cada 15 cm, posteriormente se colocó la esfera en el extremo elevado y se fue midiendo el tiempo que tardaba en llegar a cada marca. El proceso se repitió varias veces de tal forma que fue posible realizar un tratamiento estadístico de los datos, haciendo uso de la propagación de incertezas para determinar valores más precisos para el cálculo final.

Para determinar qué tipo de movimiento experimentó la esfera, se construyeron los gráficos posición vs tiempo y posición vs tiempo cuadrado. Luego de analizar los gráficos se concluyó que la esfera experimentó, dentro de los límites experimentales, un movimiento con aceleración constante cuyo valor es

## Fundamentos Teóricos

### Marco teórico

**Tiempo:** Conocemos el tiempo como la magnitud física de la duración o separación ante un acontecimiento a otro. Gracias al tiempo se han podido hacer estudios de cómo es que cambian las cosas, o la interacción entre un objeto en movimiento y su velocidad. (*definición, aparatos de medición y características.* (s. f.))

**Distancia:** La distancia es la magnitud escalar la cual se mide como la separación entre un punto a otro. Gracias a la ciencia la distancia que hoy conocemos la podemos medir en muchos aspectos lo que nos ayuda a saber lo lejos o grande que son las magnitudes a la hora de hablar de ella. también la distancia se relaciona con muchos comportamientos de la física como la velocidad o la dispersión, etc. (*Concepto, medición y diferencias con desplazamiento.* (s. f.))

**Velocidad:** La velocidad promedio ( $v$ ) de una partícula se define como el cociente:

$$(v) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_o}{t_f - t_o}$$

donde los subíndices  $o$  y  $f$  se refieren a los valores instantáneos inicial y final, respectivamente, para la posición  $x$  y el tiempo  $t$ .

**MRU:** Según Jose L. Fernández El movimiento rectilíneo uniforme o en sus siglas MRU es un movimiento con una velocidad constante y una trayectoria recta. Un ejemplo evidente es un cohete volando en el vacío del espacio a una velocidad constante lo que quiere decir que su aceleración es 0 por lo que se mantiene a la misma velocidad durante todo el trayecto. (Fernandez, J. L. (s. f.). ) Cuando una partícula se mueve a velocidad constante la posición  $x$  depende del tiempo  $t$  en forma lineal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$x_f = x_o + vt$$

**Aceleración:** La aceleración promedio ( $a$ ) de una partícula se define como el cociente:

$$(a) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o}$$

donde los subíndices  $o$  y  $f$  se refieren a los valores instantáneos inicial y final, respectivamente, para la velocidad  $v$  y el tiempo  $t$ .

**MUA:** En física, todo movimiento uniformemente acelerado (MUA) es aquel movimiento en el que la aceleración que experimenta un cuerpo, permanece constante (en magnitud vectores y dirección) en el transcurso del tiempo manteniéndose firme. (mineduc, 2019)

Cuando una partícula se mueve con aceleración constante, la posición  $x$  depende del tiempo de forma cuadrática:

$$x_f = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2.$$

Por lo tanto, al realizar un gráfico que describa el movimiento, resultaría en una parábola.

## Diseño Experimental

El presente experimento se realizó utilizando el siguiente equipo:

1. Un riel acanalado con accesorios (con trozos de tubo para inclinar)
2. Una esfera de metal
3. Un cronómetro
4. Una cinta métrica
5. Masking tape

Con el equipo listado anteriormente se procedió a armar el siguiente montaje (la esfera se coloca sobre el extremo más elevado)

De este extremo se suelta la esfera.



**Figura 1.** Montaje experimental empleado en el presente laboratorio, foto adquirida de Fisilab 2022.

A continuación se enlistan los principales pasos llevados a cabo para realizar el experimento:

1. Colocar el riel sobre los dos trozos de tubo tal y como se muestra en la Figura 1.
2. Colocar un trozo de Masking tape como referencia en el extremo donde se suelta la esfera, luego colocar un segundo trozo visible a una distancia de 15 cm del primero. Se repite este paso 10 veces para así tener 10 marcas separadas por 15 cm cada marca.
3. Medir 5 veces el tiempo que le toma a la esfera recorrer las 10 marcas, partiendo desde el reposo en la marca de referencia 0. Anotando los resultados en la tabla 1 en el documento en el portal de nombre: DatosIC3FI.xlsx.
4. Calcular los promedios  $\bar{t}$  y los errores o incertidumbres  $\Delta t$ , para cada desplazamiento. En esta práctica se estimará  $\Delta t$  como el error estadístico de las mediciones, es decir, como la desviación media de los distintos  $t_i$  y se comparará con el tiempo de reacción.

### Datos Obtenidos

**Tabla 01.** En la siguiente tabla se enlistan los datos obtenidos en el laboratorio, con su respectivo error, donde corresponda.

Distancia recorrida (cm)	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)	Tiempo 3 (s)	Tiempo 4 (s)	Tiempo 5 (s)
15 ± 0.05	1.64 ± 0.2	1.64 ± 0.2	1.63 ± 0.2	1.65 ± 0.2	1.59 ± 0.2
30 ± 0.05	3.26 ± 0.2	3.23 ± 0.2	3.15 ± 0.2	3.18 ± 0.2	3.15 ± 0.2
45 ± 0.05	5.04 ± 0.2	4.94 ± 0.2	4.87 ± 0.2	4.93 ± 0.2	4.84 ± 0.2
60 ± 0.05	6.79 ± 0.2	6.66 ± 0.2	6.62 ± 0.2	6.58 ± 0.2	6.76 ± 0.2
75 ± 0.05	8.40 ± 0.2	8.32 ± 0.2	8.31 ± 0.2	8.11 ± 0.2	8.12 ± 0.2
90 ± 0.05	9.78 ± 0.2	9.78 ± 0.2	9.65 ± 0.2	9.51 ± 0.2	9.45 ± 0.2
105 ± 0.05	10.1 ± 0.2	10.9 ± 0.2	10.9 ± 0.2	10.7 ± 0.2	10.6 ± 0.2
120 ± 0.05	12.1 ± 0.2	12.6 ± 0.2	12.0 ± 0.2	11.8 ± 0.2	11.7 ± 0.2
135 ± 0.05	13.2 ± 0.2	13.4 ± 0.2	13.3 ± 0.2	13.1 ± 0.2	12.9 ± 0.2
150 ± 0.05	14.6 ± 0.2	14.9 ± 0.2	14.7 ± 0.2	14.4 ± 0.2	14.2 ± 0.2

Fuente: elaboración propia.

Explicación: en esta tabla están 10 diferentes distancias recorridas por la esfera y tiempo empleado. El error en la distancia recorrida ha sido estimado como la escala más pequeña de la cinta métrica, mientras el error en el tiempo corresponde únicamente al error estadístico.

## Cálculos efectuados y Resultados

**Tabla 02.** Tiempos promedios medidos en el laboratorio para el recorrido de la esfera y tiempo promedio cuadrado.

Distancia recorrida (cm)	$t_{PROM}$ (s)	$t_{PROM}^2$ (s)
15 ± 0.05	1.63 ± 0.01	2.66 ± 0.03
30 ± 0.05	3.19 ± 0.04	10.2 ± 0.19
45 ± 0.05	4.92 ± 0.07	24.2 ± 0.50
60 ± 0.05	6.68 ± 0.07	44.6 ± 0.68
75 ± 0.05	8.25 ± 0.10	68.1 ± 1.16
90 ± 0.05	9.63 ± 0.10	92.8 ± 1.43
105 ± 0.05	10.6 ± 0.33	113 ± 4.97
120 ± 0.05	12.0 ± 0.12	143 ± 2.04
135 ± 0.05	13.2 ± 0.09	174 ± 1.62
150 ± 0.05	14.6 ± 0.12	212 ± 2.53

Para calcular los valores de la columna titulada  $t_{PROM}$  de la Tabla 02, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^5 T_i}{5} \text{ y } \Delta t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}}.$$

A manera de ejemplo, se muestra la aplicación de la primera y segunda ecuación a los tiempos correspondientes cuando la distancia recorrida por la esfera fue de 15 ± 0.05 cm:

$$\bar{t} = \frac{1.64+1.64+1.63+1.65+1.59}{5} = 1.63 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{(1.64-1.63)^2+(1.64-1.63)^2+(1.63-1.63)^2+(1.65-1.63)^2+(1.59-1.63)^2}{5(5-1)}} = 0.01 \text{ s}$$

Para calcular los valores de la columna titulada  $t_{PROM}^2$  de la Tabla 02, fue necesario calcular el producto  $t^2$  para el cual se aplicó la siguiente fórmula de propagación:

$$xy = (x)(y) \pm |x||y|\sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y}\right)^2}$$

considerando que en este caso  $x = y = t$  se obtiene:

$$t^2 = \bar{t}^2 \pm (\sqrt{2}) \bar{t} \Delta t$$

Por ejemplo, con el valor  $t = 1.63 \pm 0.01$  (s) que corresponde a una distancia recorrida de  $15.0 \pm 0.05$  cm obtenemos, al aplicar la ecuación de arriba, que  $t^2 = 2.66 \pm 0.03$  (s<sup>2</sup>).

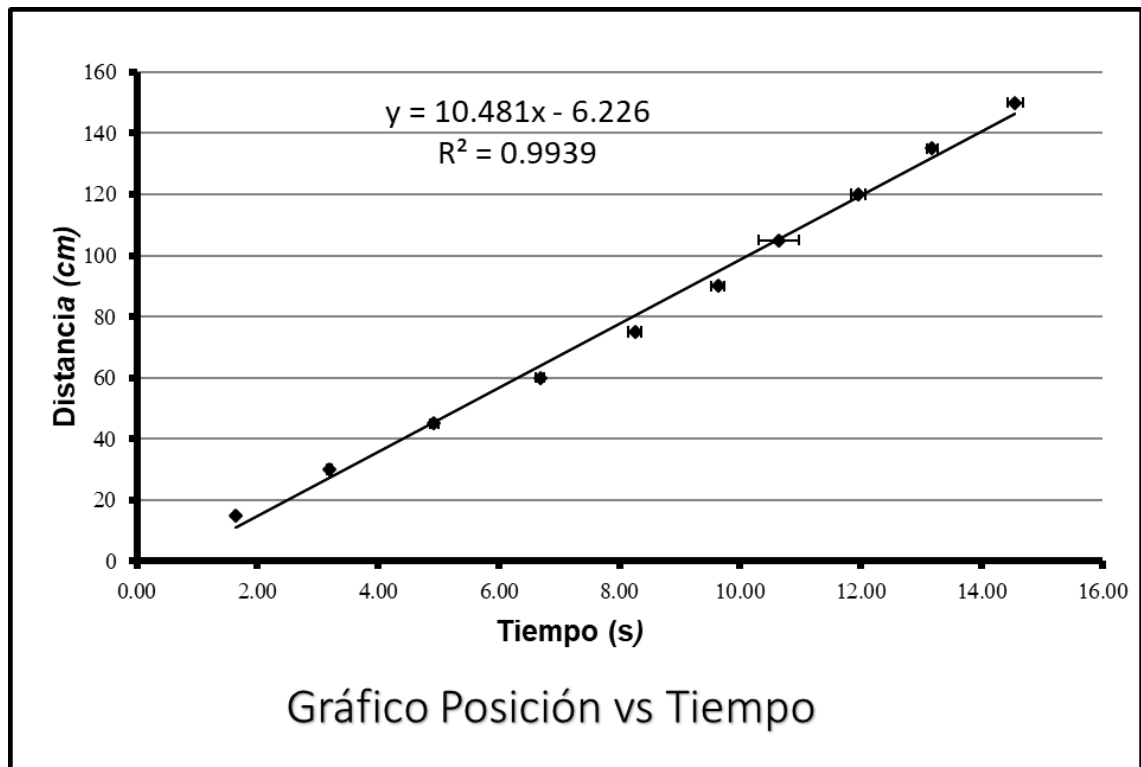
El análisis de regresión lineal citado más adelante fue realizado utilizando la hoja electrónica Análisis de datos.xls la cual proporciona también los errores para la ordenada al origen y la pendiente de la recta de mejor ajuste.

Con los datos para  $t_{PROM}$  y distancia recorrida de la Tabla 02 se construyó la Gráfica 01 la cual muestra la recta de mejor ajuste. Los parámetros de la recta de mejor ajuste, obtenidos a partir de la hoja electrónica Análisis de datos.xls son:

Pendiente:  $10.5 \pm 0.5$

Ordenada al origen:  $-6.23 \pm 0.86$

El coeficiente de correlación para la recta de mejor ajuste es 0.998049.



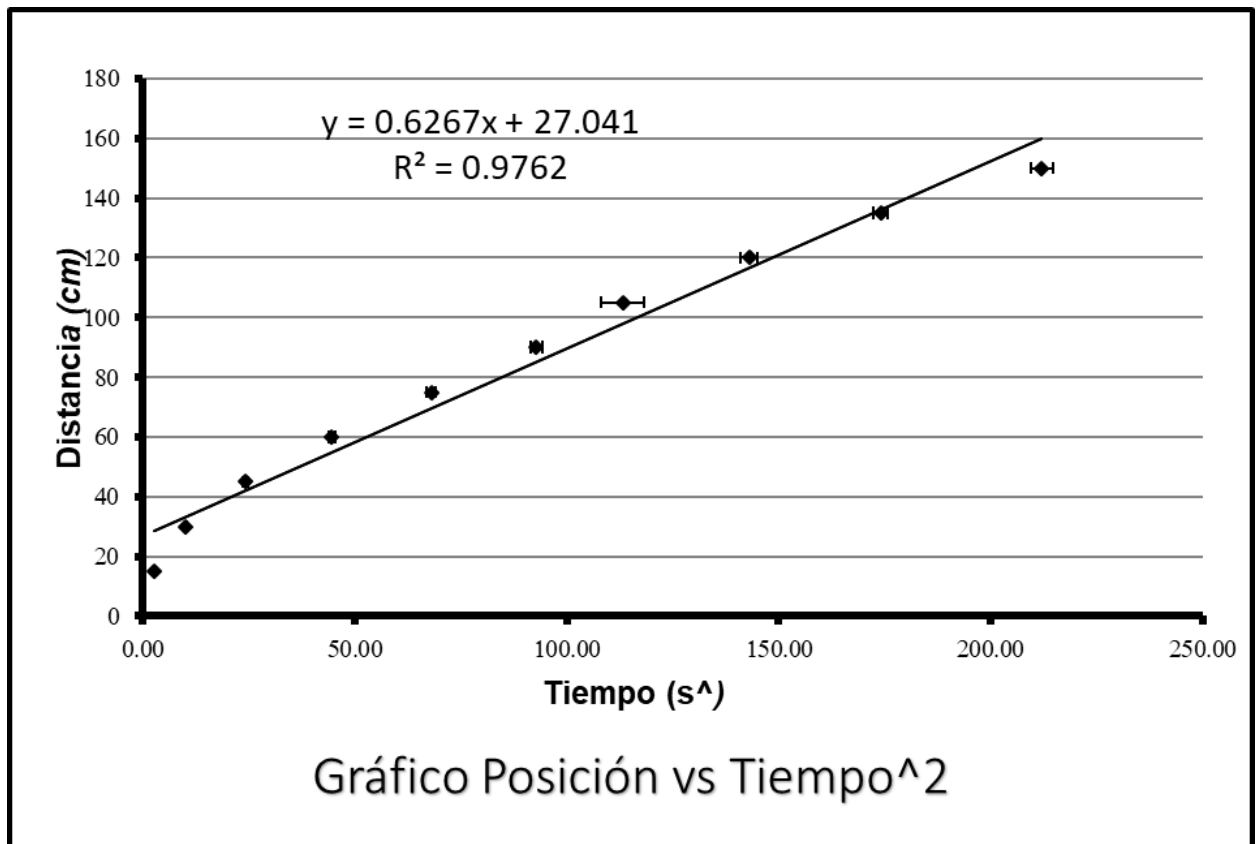
Gráfica 1.

Finalmente, en la Gráfica 02 muestra el gráfico  $x$  vs  $t^2$  a partir del cual se podrá concluir acerca del movimiento de la esfera. Los parámetros de la recta de mejor ajuste, obtenidos a partir de la hoja electrónica Análisis de datos.xls son:

Pendiente:  $0.627 \pm 0.400$

Ordenada al origen:  $27.0 \pm 1.1$

El coeficiente de correlación para la recta de mejor ajuste de la Gráfica 02 es 0.9762.



Gráfica 02

Como se indicó en los fundamentos teóricos, cuando una partícula se mueve con aceleración constante, la posición depende del tiempo de acuerdo a la ecuación:  $x_f = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$  y si se coloca el origen justo en el punto donde se suelta la esfera se tiene que la velocidad inicial y la posición inicial son cero. Con las condiciones anteriores entonces  $x_f = \frac{1}{2}at^2$ , y para obtener la aceleración se sustituyen las variables  $x_f$  por  $Y$ , y  $t^2$  por  $X$  lo que nos da exactamente la ecuación de la recta:  $Y = \frac{a}{2}x$ . De acuerdo a los resultados de pendiente:  $0.627 \pm 0.400$  el valor de la aceleración es:

$$\frac{a}{2} = m$$

$$a = 2(0.627 \pm 0.400)$$

$$a = 1.25 \pm 0.80 \text{ m/s}^2$$



## Discusión de resultados

Como se indicó en el resumen, el objetivo de la presente práctica es determinar el tipo de movimiento que describe la esfera cuando se desplaza a lo largo de un riel. Con el fin de determinar el tipo de movimiento, construyó el gráfico posición vs tiempo, para así poder comparar la Gráfica 01 con la Gráfica 02, las cuales corresponden a un movimiento de velocidad constante y un movimiento con aceleración constante, respectivamente.

El movimiento en relación en la distancia y tiempo en las gráficas de excel se dio como un movimiento de MRU y en movimiento de MUA el cual según, Jose L. Fernández El movimiento rectilíneo uniforme o en sus siglas MRU es un movimiento con una velocidad constante y una trayectoria recta. En cambio el movimiento uniformemente acelerado es aquel que viaja con una aceleración constante. Al observar el gráfico 01 y 02 se aprecia una diferencia clara entre las dos gráficas, al ver el gráfico 01 se aprecia que los puntos siguen una línea recta, no solo refiriéndose a la línea de tendencia, ya que los puntos siguen una recta. Esta recta es la que describe su movimiento, el cuál en este caso es de una velocidad constante.

Por otro lado, al observar la gráfica 02 se puede notar que los puntos no tienen esta forma de recta. Los puntos describen otro movimiento, el cuál es de un MUA, la cual es de movimiento uniformemente acelerado, que posee una aceleración constante. Se aprecia ya que a pesar de ser una gráfica lineal los puntos poseen una forma de parábola, y las parábolas están definidas por la ecuación  $x_f = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$  ya que es un movimiento con aceleración constante, por lo que se puede concluir que la esfera sufrió una aceleración constante, sin embargo al ser un plano inclinado no fue exactamente la aceleración de la gravedad, pero eso no quiere decir que la gravedad no afecte al movimiento que sufre la esfera.

A partir de la pendiente de mejor ajuste se calculó la aceleración promedio que sufrió la esfera durante todo el recorrido, el cual fue entre  $0 \pm 0.05 \text{ cm}$  y  $150 \pm 0.05 \text{ cm}$ , por lo tanto la esfera recorrió una distancia de  $150 \pm 0.05 \text{ cm}$ , empezando desde el reposo y finalizando su recorrido a  $14.6 \pm 0.2$  segundos aproximadamente. Dando como resultado que la esfera sufrió una aceleración de  $1.25 \pm 0.80 \text{ m/s}^2$ .

## Conclusiones

1. La esfera describe un movimiento uniformemente acelerado, que se puede describir mediante el modelo  $x_f = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$  y que en el presente caso, la aceleración es  $1.25 \pm 0.80 \text{ m/s}^2$ .
2. Es posible demostrar el comportamiento cuadrático del segundo gráfico, al observar su tendencia lineal luego de linealizar los datos.
3. Al graficar los datos de forma lineal, es posible interpretar la pendiente como la mitad de la aceleración de la esfera.
4. Los tiempos medidos en la octava y décima corrida tuvieron una mayor imprecisión que los tiempos en las demás corridas, esto ya que sus valores son muy variados.

## Referencias

1. *Tiempo: definición, aparatos de medición y características.* (s. f.). Características. <https://www.caracteristicas.co/tiempo/>
2. *Distancia - Concepto, medición y diferencias con desplazamiento.* (s. f.). Concepto. <https://concepto.de/distancia/>
3. Fernandez, J. L. (s. f.). *Movimiento Rectilíneo Uniforme (M.R.U.).* Fisicalab. <https://www.fisicalab.com/apartado/mru>
4. mineduc. (2019). *Movimiento uniformemente acelerado.* Mineduc. Retrieved September 25, 2022, from <https://www.mineduc.gob.gt/DIGECADE/documents/Telesecundaria/Recursos%20Digitales/3o%20Recursos%20Digitales%20TS%20BY-SA%203.0/CIENCIAS%20NATURALES/U8%20pp%20187%20movimiento%20uniformemente%20acelerado.pdf>

## HOJA DE EVALUACIÓN DE REPORTES DE LABORATORIO DE FÍSICA OPCIONAL

Práctica número: \_\_\_\_\_ Nombre de la práctica : \_\_\_\_\_

<b>1. Resumen (Media página aprox.)</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Está claramente especificado el (los) objetivo(s) central(es) del experimento. <input type="checkbox"/> Está CLARAY BREVEMENTE especificado cómo se utilizó la información recopilada en el laboratorio. <input type="checkbox"/> Está(n) claramente especificada(s) los resultados, la(s) conclusión(es) final(es) del experimento y su límite de validez. <input type="checkbox"/> Los distintos párrafos del sumario tienen relación unos con otros. <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /5PUNTOS</b></div>	<b>2. Fundamentos Teóricos (Una página aprox.)</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Se incluyen las definiciones o conceptos físicos centrales relacionados directamente con la práctica. <input type="checkbox"/> Se citan correctamente las fuentes consultadas. <input type="checkbox"/> La exposición de los conceptos e ideas es breve y coherentemente redactada. <input type="checkbox"/> Los conceptos que aparecen en esta sección son luego citados en la sección de Discusión de Resultados. <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /5 PUNTOS</b></div>
<b>3. Diseño Experimental (Una página aprox.)</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Se muestra un diagrama del montaje experimental en el cual se indican claramente las distintas partes que lo componen. <input type="checkbox"/> El diagrama está debidamente identificado. <input type="checkbox"/> El diagrama tiene un adecuado pie de figura. <input type="checkbox"/> Están claramente indicados los pasos del procedimiento seguido en el experimento. <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /5 PUNTOS</b></div>	<b>4. Datos Obtenidos</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Los datos medidos en el laboratorio se presentan en una tabla (o varias si es necesario). <input type="checkbox"/> Se reporta error o incertidumbre en los datos medidos. <input type="checkbox"/> Los datos presentan el número correcto de cifras significativas. <input type="checkbox"/> La(s) tabla(s) está(n) debidamente identificadas. <input type="checkbox"/> La(s) tabla(s) tiene(n) una adecuada descripción (pie de tabla) de la información que en ella(s) se muestra(n). <input type="checkbox"/> Las columnas tienen identificadas las variables y las unidades correctamente. <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /20 PUNTOS</b></div>
<b>5. Cálculos Efectuados y Resultados</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Se ha indicado claramente las fórmulas o expresiones algebraicas, utilizadas en los cálculos. <input type="checkbox"/> Se manejó correctamente el número de cifras significativas en los cálculos. <input type="checkbox"/> Se han expresado correctamente las unidades. <input type="checkbox"/> Se da UNA MUESTRA de cómo se calcularon todas las cantidades físicas involucradas y los resultados parciales y finales. (Aclaración: En caso de cantidades calculadas que luego aparecen en tablas, no se requiere mostrar todos y cada uno de los cálculos, sino solamente <u>un cálculo, a manera de muestra o ejemplo.</u> ) <input type="checkbox"/> Los cálculos se hicieron de manera ordenada y clara. <input type="checkbox"/> Los cálculos son correctos. <input type="checkbox"/> Se muestra como se calcularon las incertidumbres en las mediciones. <input type="checkbox"/> Se indica que se ha efectuado el ajuste a una línea recta utilizando la hoja electrónica Análisis de Datos.xls (si aplica). <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /30 PUNTOS</b></div>	<b>6. Discusión de resultados (Una página mínimo)</b> <input type="checkbox"/> El título de la sección está indicado. <input type="checkbox"/> Los resultados del experimento son analizados e interpretados correctamente. <input type="checkbox"/> Si aplica, se les compara con resultados reportados en otras fuentes, debidamente citadas. <input type="checkbox"/> Si los resultados no corresponden con los esperados se discuten las posibles fuentes de error sistemático. <input type="checkbox"/> Se invoca la sección de Fundamentos Teóricos y se citan las fuentes bibliográficas aludidas. <input type="checkbox"/> La sección está redactada de forma coherente, salvo quizás algunos pocos errores de redacción. <input type="checkbox"/> Se presentan razonamientos que permitan llegar a una (o varias) conclusión (conclusiones) en la siguiente sección. <div style="text-align: right;"><b>TOTAL: /20PUNTOS</b></div>

#### 7. Conclusiones

- ☐ El título de la sección está indicado.
- ☐ La(s) conclusión(es) está(n) basada(s) en la discusión de resultados.
- ☐ Se indica el límite de validez de la(s) conclusión(es).
- ☐ La(s) conclusión(es) está(n) redactada(s) correctamente y sin que de(n) lugar a ambigüedades.
- ☐ La(s) conclusión(es) es(son) correcta(s).

**TOTAL: /15 PUNTOS**

#### EVALUACION CUALITATIVA GENERAL DEL REPORTE:

- ☐ Se han presentado todas las secciones pedidas en el instructivo sobre cómo reportar.
- ☐ El proceso de lectura de todo el reporte es ininterrumpido, estando todas las secciones lógicamente conectadas.
- ☐ El reporte tiene una buena presentación, orden y limpieza.

#### NOTA PARA REPORTES CORTOS:

Las prácticas cuentan con su propia rúbrica para la calificación, según criterio del docente este tipo de informes se pueden entregar de 12 a 24 horas después de realizada la práctica.