

## TRABAJO PRÁCTICO N° 1: MEDICIONES EXPERIMENTALES

El objetivo de este primer Trabajo Práctico es medir la longitud de una pista, el tiempo que demora una bolita en recorrerla y la velocidad media con la cual la recorre, determinando la idoneidad del instrumento y el método de medición empleados, y estimando las incertezas experimentales correspondientes para presentar correctamente los resultados obtenidos.

Emplearemos una bolita y una pista como las que se observan en la Figura 1.



Figura 1: esquema del dispositivo experimental

Entonces lo primero que necesitamos preguntarnos es: ¿qué es medir?

**Medir es comparar una cantidad de la magnitud que se desea medir con otra cantidad de la misma magnitud fijada arbitrariamente como patrón de referencia o unidad de medida.**

Por lo tanto, en función de medir la longitud de la pista, *elijan primeramente un objeto cuya longitud se convertirá en el patrón de referencia que emplearán (puede ser un lápiz, un cuaderno, el brazo de un integrante, o lo que consideren más adecuado conforme al propósito)*. Discutan: *¿sobre la base de qué criterio eligen el objeto?*

Para medir, determinen: *¿cuántas veces está contenida la unidad patrón en la longitud que desean medir?*

.....veces

A este número adimensionado es necesario agregarle la unidad correspondiente para que la información esté completa, como por ejemplo:  $L = 12,5 \text{ lápices}$ .

*Obtengan la medida de la longitud de la pista  $L$  en su caso particular, según el patrón de referencia elegido:*

$$\underbrace{L}_{\text{medida}} = \underbrace{\dots\dots\dots}_{\text{valor}} \underbrace{\dots\dots\dots}_{\text{unidad}}$$

Sin embargo, el valor de una medición es necesariamente un intervalo (no un valor exacto), ya que es una magnitud que representa a un ente real, en tanto que un valor exacto es un ente abstracto (un punto, que no tiene dimensión).

Podemos medir la longitud de la pista con una incerteza tanto menor cuanto mejor sea el método y el instrumental que empleemos para hacerlo, pero en ningún caso podremos medir la “verdadera” longitud sin ninguna incerteza.

**La incerteza experimental de una medición es una medida del rango dentro del cual podemos asegurar que están contenidos los valores reales de la magnitud medida.** Como consecuencia de esto podemos decir que el concepto de un “valor único” o un “valor verdadero” **de la medición** no tiene sentido físico.

Una medición es siempre un rango de valores, también llamado **intervalo de indeterminación**.

El valor representativo de la medición es el promedio de los valores de este intervalo.

Por lo tanto, el resultado de una medición consta de tres partes: la medida de la cantidad dada por su valor representativo, la incerteza y la unidad en que ambas están expresadas, como por ejemplo:  $L = (12,5 \pm 0,5)$  lápices.

Tengan en cuenta que no existe un método fijo o infalible para determinar una incerteza experimental, sino que debe estimarse de acuerdo al **criterio** y **arbitrio** del experimentador. Sin embargo, esto no implica que se haga de cualquier manera, sino que es necesario **cuantificar cada fuente de incerteza** considerada. En este contexto, el término “error humano” no aplica, ya que **la noción de incerteza NO está asociada a una equivocación ni a un procedimiento mal realizado**.

Para su caso particular, analicen: *¿qué fuentes de incerteza encuentran en la medición que realizaron?*

<i>Fuente de incerteza</i>	<i>Cuantificación</i>	<i>Justificación</i>

Consideren el aporte de cada fuente de incerteza para obtener la incerteza de la medición.

Adoptaremos la convención de utilizar **una o dos cifras significativas en la incerteza, es decir la primera cifra distinta de cero yendo de izquierda a derecha, o las primeras dos**, redondeando las demás. El valor medido se expresa entonces con la **misma cantidad de cifras** que hayamos conservado en la incerteza.

Teniendo esto en cuenta, completen:

$$L = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

A continuación, midan la longitud de la pista empleando una regla de madera. A esta longitud medida con regla la denominaremos  $L_R$ . Completen:

<i>Fuente de incerteza</i>	<i>Cuantificación</i>	<i>Justificación</i>

$$L_R = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Luego, midan la longitud de la pista con una cinta métrica  $L_C$ , y completen:

<i>Fuente de incerteza</i>	<i>Cuantificación</i>	<i>Justificación</i>

$$L_C = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Comparen los tres instrumentos empleados, determinando en cada caso **la menor división** y el **alcance** del instrumento, y completen la *Tabla I*.

*¿Cómo incide la menor división del instrumento en la incerteza? ¿Y el alcance del instrumento?*

Diremos que un **instrumento** es el **idóneo** si es el más adecuado para realizar una medición **conforme a propósito**. A su vez, la **medición más precisa** es la que tiene **menor incerteza**. Referirse a una medición como “exacta” es inadecuado, ya que una medición por definición es un rango y no un valor exacto.

Observemos que el instrumento idóneo no siempre conduce a la medición más precisa, debido a que no todas las situaciones requieren de máxima precisión (por ejemplo, si el propósito es calcular la cantidad de pintura para pintar la pared de una habitación, no es necesario medir la longitud de las paredes al milímetro).

*¿Qué instrumento les pareció el más idóneo para realizar esta medición? ¿Por qué?*

*¿Cuál fue la medición más precisa? ¿Por qué?*

Seleccionen el instrumento idóneo, e ideen algún método para que la medición sea aún más precisa, considerando las que serían las **condiciones ideales de medición**:

Fuente de incerteza	Cuantificación	Justificación
$L_{ci} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$		

Realicen un gráfico, al que denominaremos *Gráfico I*, de los intervalos de indeterminación de cada medición realizada, con un origen y una escala comunes que les permitan comparar dichos intervalos adecuadamente. *¿Es posible comparar los cuatro intervalos obtenidos, o alguna medición resulta imposible de comparar sin realizar nuevas mediciones? ¿Por qué?*

**Diremos que las mediciones son coincidentes si sus intervalos de indeterminación tienen al menos un punto en común.** Observando el Gráfico I: *¿coinciden o no los valores experimentales obtenidos de la longitud de la pista?*

A continuación, mediremos el tiempo que demora la bolita en recorrer la pista, empleando un cronómetro. Discutan las fuentes de incerteza y completen:

Fuente de incerteza	Cuantificación	Justificación
$t = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$		

*¿Cómo podrían mejorar la medición del tiempo de recorrido? ¿Repetir la medición es un buen método en este caso? ¿Y en el caso de la medición de la longitud de la pista? ¿Por qué?*

Completan la *Tabla II*. ¿Qué valor les parece el más adecuado para elegir como representativo de la medición, de todos los que midieron? Para estimar la incerteza, emplearemos un método estadístico, denominado **método de máxima desviación**. El mismo consiste en calcular el promedio de las mediciones realizadas, y luego calcular cuál es el valor de la serie de mediciones que más se aleja del promedio. ¿Qué cuenta matemática nos permite obtener la distancia entre dos valores, para así averiguar cuál es el valor más alejado?

$$t' = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Por último, mediremos la velocidad media con la que la bolita recorre la pista. No contamos con un “velocímetro”, o sea un instrumento que nos permita medirla en forma directa. Sin embargo, podemos medirla indirectamente, calculando a partir de las mediciones ya realizadas:

$$V_{media} = \frac{\textit{longitud}}{\textit{tiempo}}$$

Elijan la medición más precisa, tanto de la longitud de la pista como del tiempo de recorrido, y obtengan:

$$V_{media} = \frac{\textit{cm}}{\textit{s}}$$

¿Qué incerteza consideran adecuada en esta medición? ¿Pueden emplear el mismo método que en las mediciones anteriores, y evaluar las distintas fuentes de incertezas? ¿O al ser una medición realizada indirectamente es necesario emplear otro método?

Una **medición directa** es la que se realiza leyendo el instrumento de medición correspondiente. En cambio, una **medición indirecta** requiere, además de la lectura del instrumento, de la realización de cálculos matemáticos para completar la medición.

La principal diferencia entre ellas es que **las incertezas de las mediciones directas se estiman**, en cambio **las incertezas de las mediciones indirectas se calculan mediante propagación** de las incertezas de las mediciones directas.

La forma de calcular la incerteza de una medición indirecta varía según cada caso particular, pero la idea es siempre la misma: considerar cómo se traslada o propaga la incerteza de cada medición directa involucrada, en la incerteza de la medición indirecta.

En el caso de la velocidad, que es una medición indirecta, propagamos las incertezas  $\varepsilon$  de las mediciones directas de la longitud de la pista y del tiempo de recorrido:

$$\varepsilon V_{media} = \left( \frac{\varepsilon L}{L} + \frac{\varepsilon t}{t} \right) V_{media}$$

donde  $\varepsilon L$  es la incerteza de la longitud,  $\varepsilon t$  es la incerteza del tiempo y  $\varepsilon V_{media}$  es la incerteza de la velocidad.

Apliquen el redondeo correspondiente a la consideración de una o dos cifras significativas en la incerteza, y obtengan:

$$V_{media} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$



<i>Instrumento</i>	<i>Menor división</i>	<i>Alcance</i>
Patrón de referencia: .....		
Regla de madera		
Cinta métrica		

Tabla I: caracterización de los instrumentos de medición empleados para medir la longitud de la pista

$$L_P = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Patrón de referencia elegido}]$$

$$L_R = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Regla de madera}]$$

$$L_C = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Cinta métrica}]$$

$$L_{Ci} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Cinta métrica en condiciones ideales de medición}]$$

<i>Tiempo (s)</i>	<i>Promedio (s)</i>	<i>Desviación de cada valor (s)</i>	<i>Máxima desviación (s)</i>

Tabla II: repetición de la misma medición del tiempo de recorrido con el propósito de encontrar la máxima desviación respecto del promedio

$$t = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Cronómetro, una única medición}]$$

$$t' = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots \quad [\text{Cronómetro, aplicando métodos estadísticos}]$$

$$V_{media} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Fecha: ..... / ..... / 2024

Año y división: .....

Grupo N°: .....

Firma del ayudante:.....

## CONFECCIÓN DEL INFORME DE LABORATORIO

El propósito del informe es comunicar al resto de la comunidad (docentes, compañeros) el trabajo realizado. Un buen informe debe:

- ♦ Ser claro y conciso: oraciones cortas, evitando descripciones vagas o ambiguas. El uso del vocabulario específico debe ser cuidadoso y preciso. Debe redactarse en primera persona del plural o en impersonal, manteniendo coherencia en los tiempos verbales.
- ♦ Ser breve: tanto como sea posible.
- ♦ Estar completo: proporcionando al lector toda la información necesaria para que comprenda el trabajo.

El informe debe presentarse en hoja oficio, carta o A4 sin abrochar, manteniendo uniformidad en la escritura y prolijidad, en un folio o carpeta contenedora. Cada informe tendrá una carátula, que puede adquirirse en Mayordomía o descargarse de la página del Departamento de Física.

El informe debe estructurarse de acuerdo a la siguiente guía:

### ❖ Título del informe

Trabajo Práctico N°1: .....

❖ **Introducción:** se establece el tema a tratar y se enuncia el propósito u objetivo del trabajo práctico. De ser necesario, se incluye el fundamento teórico correspondiente, es decir, aquellos conocimientos previos, conceptos o expresiones, que se requieran para la fundamentación del análisis de los resultados:

El objetivo de este Trabajo Práctico es .....

Para cumplir este objetivo, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos relativos al trabajo experimental: qué es medir (directa o indirectamente), qué son las incertezas experimentales y cómo se estiman, y qué es el intervalo de indeterminación que se obtiene como resultado de una medición.

A continuación, definimos cada uno de estos conceptos: .....  
[No hagan listas, la redacción debe ser continua]

❖ **Procedimiento Experimental:** consiste en una descripción del diseño experimental y las mediciones realizadas, en base al objetivo planteado. Para mayor claridad se incluyen esquemas mostrando las características más importantes del arreglo experimental. Se detalla cómo se realizaron las mediciones, mediante una redacción continua sin enumerar elementos o acciones, ya que un informe no es una receta. Es importante mencionar qué instrumentos de medición se utilizaron y dar sus características (alcance y menor división del instrumento). Se deben analizar también las fuentes de incerteza propias de las mediciones y explicar los criterios adoptados para estimarlas en cada magnitud medida. No se presentan en esta sección los resultados obtenidos, pero sí se hace referencia a las Tablas y Gráficos en donde el lector puede ir a buscarlos.

Para poder cumplir el objetivo propuesto, medimos la longitud de una pista (ver Figura 1), el tiempo que demora una bolita en recorrerla, y la velocidad media con la cual la recorre.

[Aquí debe incluirse un esquema del dispositivo experimental, con su correspondiente pie de figura\*].

Comenzamos midiendo la longitud de la pista. Con el objetivo de comparar la idoneidad de diferentes instrumentos, realizamos esta medición con tres instrumentos distintos: .....  
 A la medición realizada empleando ..... la denominaremos  $L_P$ . Asimismo,  $L_R$  designará la medición realizada con ..... y,  $L_G$  la realizada con .....  
 Además exploramos lo que habitualmente se conoce como “condiciones ideales de medición”, es decir, las condiciones en las cuales ....., denominando a esta medición  $L_{ci}$ .

Luego, estimamos las incertezas correspondientes a cada medición [No hagan tablas, sigan una redacción continua].

Para la primera, consideramos como fuentes de incerteza a ....., estimando un valor de .....  
 Para la segunda medición .....  
 Para la tercera, .....  
 Y, para la cuarta, .....

Con el fin de comparar los resultados obtenidos de las mediciones obtenidas de la longitud de la pista, realizamos el Gráfico 1.

A continuación, medimos el tiempo que demora la bolita en recorrer la pista. Con el objetivo de estudiar diferentes métodos de medición, seguimos dos procedimientos diferentes con el mismo instrumento (un cronómetro), los cuales consisten en: ..... y .....  
 El método de incertezas residuales se basa en .....

Para estimar la incerteza de la primer medición de tiempo, consideramos como fuentes de incerteza a ....., determinando un valor de .....  
 En cambio, para estimar la incerteza del tiempo al seguir un procedimiento estadístico, lo que hicimos fue .....  
 Volcamos estos resultados en la Tabla II.

Finalmente medimos indirectamente la velocidad media de la bolita, empleando la siguiente expresión ....., para lo cual seleccionamos las mediciones más precisas, tanto de longitud como de tiempo. En este caso, la incerteza de la velocidad, dado que la misma es una medición indirecta, la calculamos en base a .....

❖ **Resultados y Análisis:** en esta sección se presentan los resultados obtenidos y se los analiza. Para presentar los resultados de forma compacta y ordenada generalmente se los organiza en tablas. También se realizan gráficos adecuados al objetivo del trabajo y a lo que se necesite analizar. Los cálculos realizados a lo largo del análisis no suelen incluirse en esta sección a menos que sean muy breves; en cambio, puede utilizarse para ello la sección “Apéndice”.

A continuación, presentamos los valores obtenidos para la longitud de la pista:

$$L_P = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

$$L_R = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

$$L_C = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

$$L_{ci} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Además, en la Tabla I resumimos las características principales de cada instrumento, esto es, su menor división y alcance, para facilitar el análisis que queremos realizar.

[Aquí debe incluirse la Tabla I, con su correspondiente pie de tabla\*].

Observamos que es posible medir la misma magnitud con diferentes instrumentos, aunque unos presentan ventajas y desventajas sobre los otros. Concretamente: .....

Ahora bien, el instrumento idóneo para realizar esta medición es ..... porque .....

Así como el instrumento incide en la calidad de la medición, observamos que también lo hacen las condiciones de medición, ya que .....

La medición más precisa de longitud obtenida es ..... debido a que .....

Luego, analizando el Gráfico 1, observamos que sólo pudimos graficar tres de los cuatro resultados medidos. Esto es debido a que .....

Por otro lado, analizando la superposición de los distintos intervalos de medición en dicho gráfico, podemos concluir que .....

A continuación presentamos los valores obtenidos para las distintas mediciones del tiempo de recorrido de la bolita por la pista:

[Aquí debe incluirse la Tabla II, con su correspondiente pie de tabla\*].

Empleando el método de incertezas residuales (ver cálculos en el Apéndice), obtuvimos:

$$t = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

$$t' = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

En cuanto a las ventajas y desventajas de un método de medición y el otro, encontramos que .....

La medición de tiempo más precisa es ..... porque .....

Finalmente, con el propósito de medir indirectamente el valor de la velocidad media de recorrido de la bolita en la pista, seleccionamos las mediciones más precisas de longitud y tiempo. Calculamos la incerteza de la velocidad como fue explicado en la sección anterior, y obtuvimos:

$$V_{media} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$



❖ **Conclusiones:** es importante no perder de vista que el experimento siempre tiene un objetivo, busca responder alguna pregunta. En este apartado se retoma esta pregunta original y se formulan conclusiones, respaldándolas en los resultados hallados, y se analiza hasta dónde el experimento realizado nos permite contestarla. No debe figurar información novedosa, es sólo un resumen final de lo analizado en la sección anterior.

Retomando el objetivo de este Trabajo Práctico, concluimos que pudimos medir correctamente las magnitudes propuestas: longitud de la pista, tiempo en el que la recorre la boblita y velocidad media de recorrido, pudiendo estimar sus correspondientes incertezas.

Aprendimos que las incertezas se estiman de diferente manera cuando una medición es directa o indirecta. En el caso de las mediciones directas, .....  
Y, en el caso de la medición indirecta, .....

También aprendimos que el resultado de una medición, sea directa o indirecta, es siempre un intervalo de indeterminación debido a .....

Respecto de los diferentes instrumentos que pueden emplearse para realizar una medición, concluimos que .....

En relación con las condiciones de medición, observamos .....

En cuanto a la elección del método de medición, encontramos .....

Por último, observamos que la precisión de una medición está dada por .....

❖ **Apéndice:** esta sección es opcional. En ella se incluyen aquellas referencias necesarias para la comprensión del informe pero que no son centrales al desarrollo del mismo, como cálculos auxiliares, mediciones para estimar incertezas, etc.

[Aquí deben incluirse los cálculos correspondientes al método de incertezas residuales].

-----  
*\*Pie de Figuras, Tablas y Gráficos:* las figuras, tablas y gráficos deben estar numerados (Figura I, Tabla I, Tabla II, Gráfico I, etc.) e incluir una descripción. El propósito es que las figuras, tablas y gráficos sean autoexplicativos e independientes del resto del texto, es decir que deben contener la información necesaria para que el lector del informe entienda de qué se trata sin necesidad de recurrir al texto.

*Formato de tablas:* el encabezado de cada columna debe especificar la magnitud y su unidad de medida. Cada magnitud debe ir acompañada de su incerteza, la cual determina las cifras significativas de la magnitud en cuestión.

*Formato de gráficos:* deben ser realizados con prolijidad. Se usarán hojas milimetradas y sólo se hará un gráfico por hoja. Se deben elegir escalas adecuadas que deben explicitarse en el mismo gráfico. Por escala adecuada entendemos aquella que permita utilizar la mayoría del área disponible de la hoja milimetrada, tanto vertical como horizontalmente. Los ejes deben estar divididos en intervalos regulares. El punto a representar se marca en el gráfico sin especificar su valor numérico ni en el eje de abscisas ni en el de ordenadas. Recordar que en cada eje se representa una magnitud, por lo cual debe indicarse cuál es y su respectiva unidad.