



# EXPERIMENTO

**¿Qué debo tener en cuenta a la hora de hacer un experimento?**

*¿Cuánto mide el largo ( $L$ ) del objeto?*

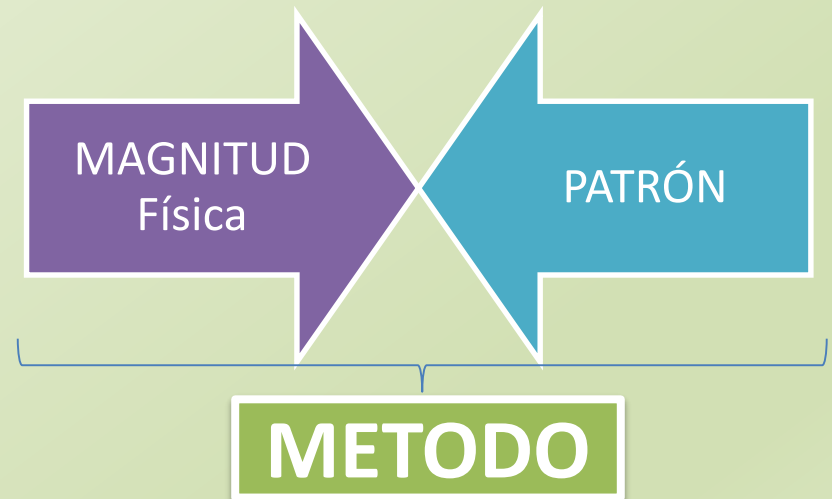
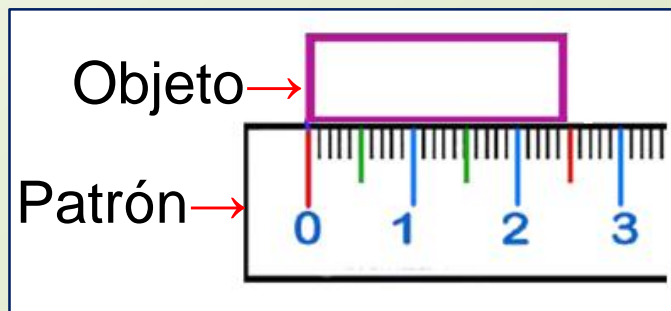


*¿Cuál es el período del metrónomo?*



# Consideraciones a tener en cuenta

- **Magnitud Física (MF):** atributo de un cuerpo, fenómeno o sustancia que puede ser cuantificada (ej. masa, longitud, velocidad ...)
- **Medir:** es **comparar** la cantidad de la **MF** que se desea obtener con una unidad de la misma magnitud (**patrón**)



- **Método de Medición:**  
Procedimiento que se lleva a durante el experimento para lograr obtener MF

# Consideraciones a tener en cuenta

- **Valor de MF:** cantidad de la MF, se expresa: **número y unidad**
- **Unidad:** es una magnitud física definida y adoptada por convención



Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación

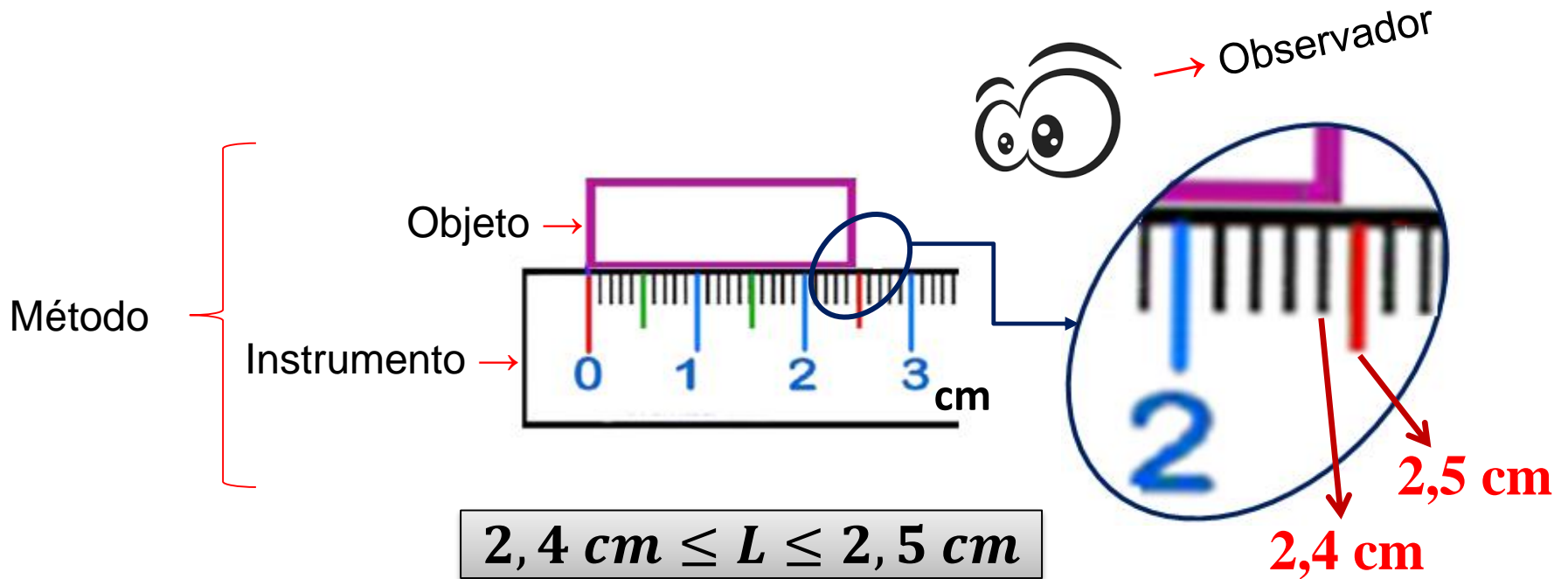


<https://www.nist.gov/pml/weights-and-measures/metric-si/si-units>

En noviembre de 2018 se aprobó la mayor revisión del **Sistema Internacional de Unidades (SI)** desde su creación (1960). El principal cambio es que a partir de ahora todas las unidades se definen en base a constantes de referencia, como la velocidad de la luz para el metro y la constante de Planck para el kilogramo. La revisión entrará en vigencia el 20 de mayo de 2019.

# Pensemos en algunos posibles experimentos

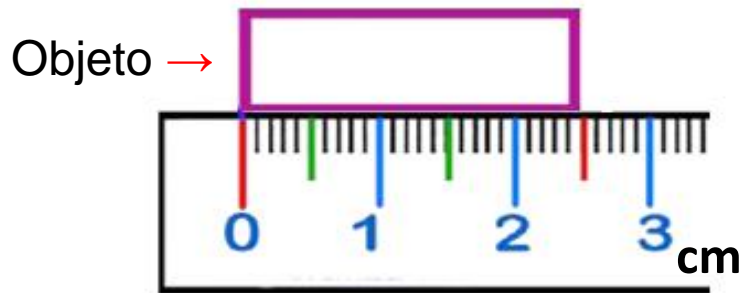
*¿Cuánto mide el largo ( $L$ ) del objeto?*



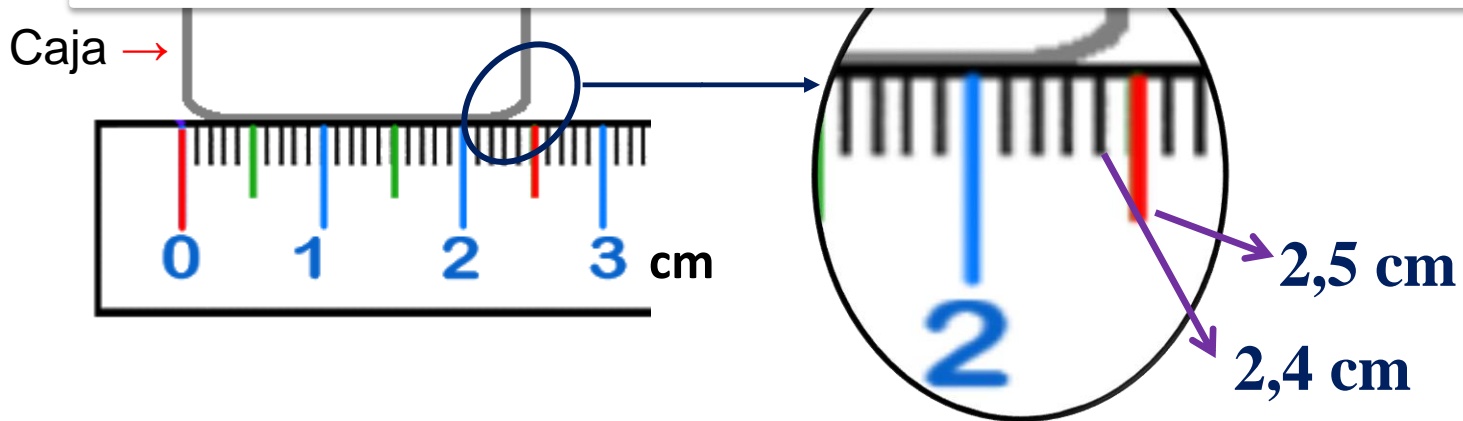
**El resultado de una medición está acotado**

# ¿Entra el objeto en la caja?

$$2,4 \text{ cm} \leq L \leq 2,5 \text{ cm}$$



El resultado de la medición está acotado por el instrumento, la forma del objeto, ...



*¿Cuál es el período del metrónomo?*



1,25 s

1,23 s

1,23 s

1,22 s

1,25 s

1,26 s

1,24 s

1,26 s

1,23 s

**El resultado de una medición está acotado**

**¿Que esperarías obtener si sigo midiendo?**

1,25 s

0,88 s

2,40 s

1,24 s

*¿Cuánto se tarda para llegar a Mar del Plata?*

¿5 horas?



5 hs 10'



4 hs 59'



4 hs 35'



5 hs 05'

El resultado de la medición está acotado por múltiples factores aleatorios

3 hs 50'



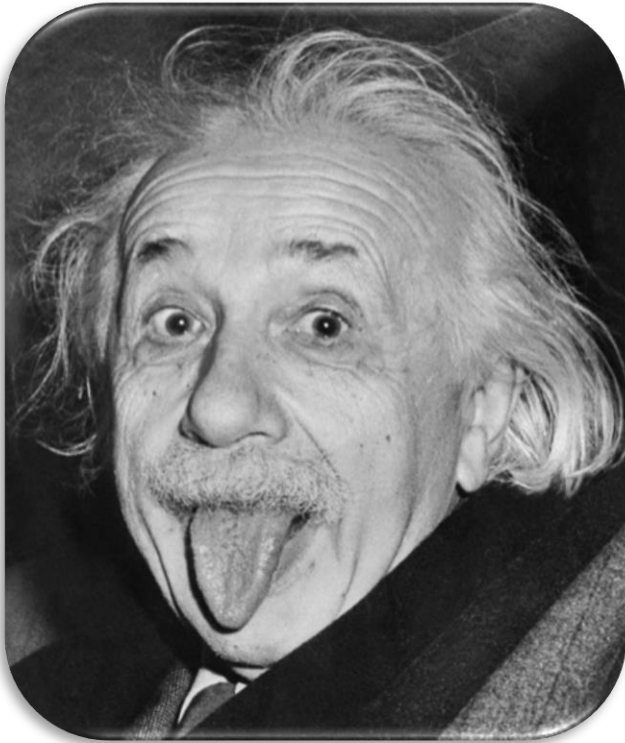
¿Incluyo a los casos tan extremos?



7 hs 09'



*¿Cuánto mide el diámetro de los pelos de Albert?*

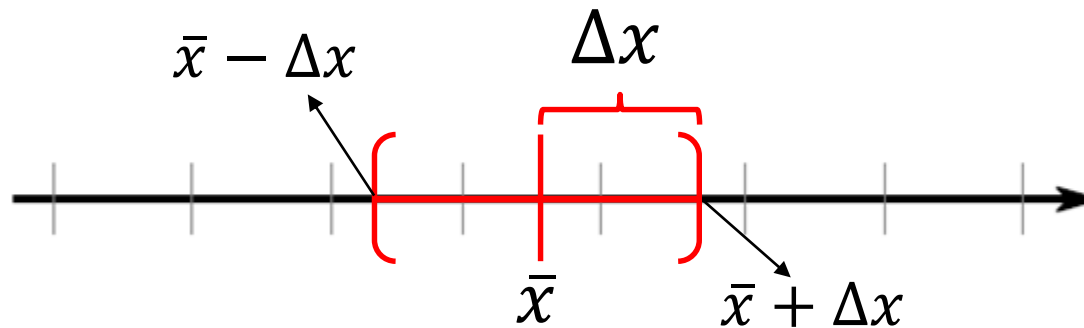


*¿Y cuánto mide el diámetro de  
**un pelo** de Albert?*

El resultado de una medición depende de  
múltiples causas → **Incertidumbre**

# Resultado de una MF y forma de expresarlo

Un resultado de una MF será un **intervalo de confianza**



## Resultado

### Intervalo de Confianza

$$\bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x$$

$$[\bar{x} - \Delta x, \bar{x} + \Delta x]$$

## Expresión

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) Ud.$$

$\bar{x}$ : Valor más representativo ( $x_0$ )

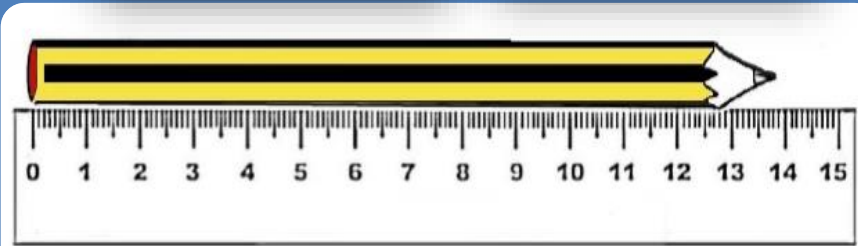
$\Delta x$ : Incerteza Absoluta/  
Error Absoluto

# Clases de Mediciones

## Directas (MD)

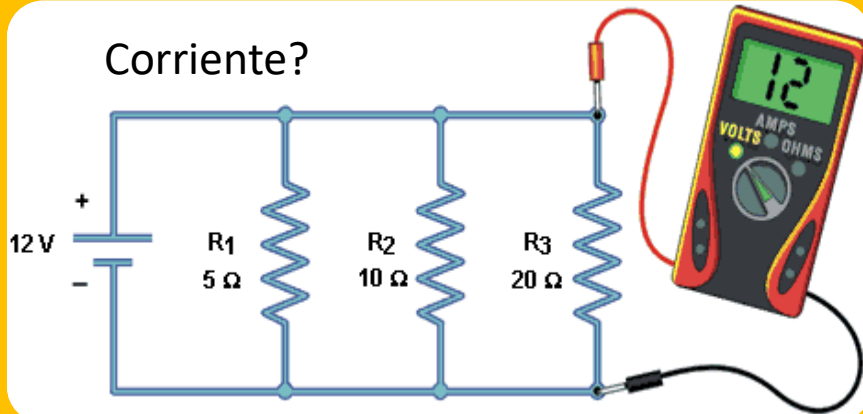
La medida deseada se obtiene de la lectura del instrumento

Ej.: medición del tiempo utilizando un cronómetro.



# Clases de Mediciones

Corriente?



Aceleración?



$h$

Area?



## Indirectas (MI)

La medida deseada se obtiene a partir de un proceso matemático sobre otras medidas

Ej.: superficie de un cuerpo a partir de la medida de sus lados.

# Mediciones Directas (MD)

Valor más representativo ( $\bar{x}$  o  $x_0$ )

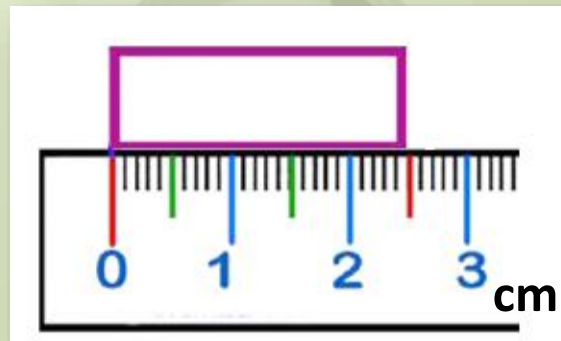
Si mido 1 vez



Es el valor leído



$$\bar{x} = 13,16 \text{ s}$$



$$\bar{x} = 2,4 \text{ cm}$$

$$\bar{x} = 2,5 \text{ cm}$$

# Mediciones Directas (MD)

Valor más representativo ( $\bar{x}$  o  $x_0$ )

Si mido N veces



$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$



Es el valor promedio



$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

# Mediciones Directas (MD)

## Incerteza Absoluta ( $\Delta x$ )

### Fuentes de Incertidumbres

- \* Introducidos por el instrumento
- \* Por factores de la naturaleza/azar
- \* Por suposiciones
- \* Por el objeto: definición
- \* Por el método

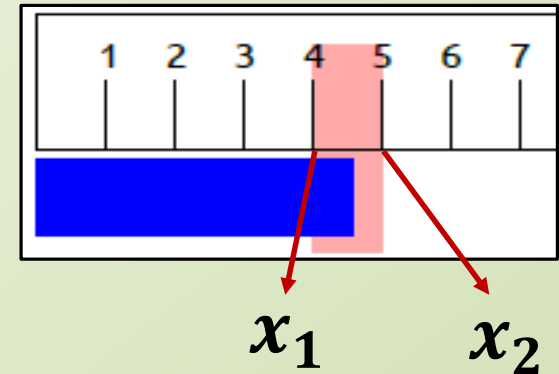


# 1- Incertidumbre INSTRUMENTAL

## Error de Apreciación ( $\sigma_{ap}$ ):

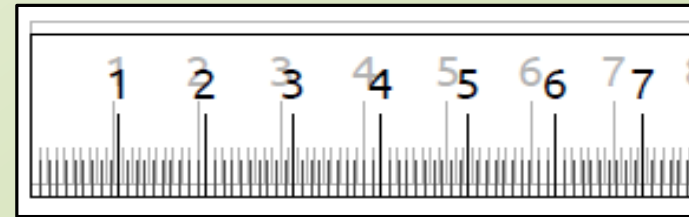
Lo que puede resolver el observador.

Muchas veces: resolución del instrumento



## Error de Exactitud ( $\sigma_{ex}$ ):

Asociado con el error de calibración del instrumento



## Incertidumbre instrumental

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)$$

o

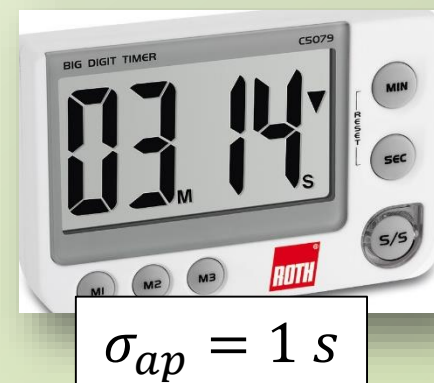
$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)/2$$



# Precisión de un Instrumento

## Precisión

Es la resolución del instrumento  
(mínima división)



## *Instrumentos para determinar longitudes*

- Regla, cinta métrica (en qué difieren?)
- Calibre
- Micrómetro

¿Cuál de estos instrumentos es más preciso?

# Precisión instrumental vs Precisión de un resultado

## PRECISIÓN DE UN INSTRUMENTO

Es la resolución del instrumento (mínima división)

## PRECISIÓN DE UN RESULTADO

Error  
Relativo



$$\varepsilon_r = \left| \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right|$$

- ✓ Sin Unidades
- ✓ Permite comparar resultados-métodos

Menor  $\varepsilon_r \leftrightarrow$  mayor precisión

$$D = (10 \pm 1) \text{ mm} \quad \varepsilon_{rD} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$M = (100 \pm 1) \text{ g} \quad \varepsilon_{rM} = \frac{1}{100} = 0,01$$

***M* más preciso que *D***

## MEDICIÓN DE LONGITUD Y DIÁMETRO

- Realice **3 mediciones** de la longitud del objeto rectangular y del diámetro de un objeto con una superficie circular.
- Reporte la precisión del instrumento utilizado
- Reporte el resultado utilizando la expresión (Eq. 1)
- Calcule  $\varepsilon_r$  (Eq. 2)

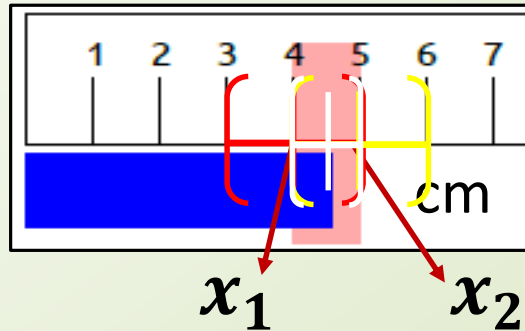
- **Objeto**
- **Instrumento**
- **Método**

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ Ud.} \quad (1)$$

$$\varepsilon_r = \left| \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right| \quad (2)$$

# Mido una MF

1)



$$3 \text{ cm} \leq x \leq 5 \text{ cm}$$

$$4 \text{ cm} \leq x \leq 6 \text{ cm}$$

Pero también

$$4 \text{ cm} \leq x \leq 5 \text{ cm}$$

Si siempre mido dentro de la incertidumbre instrumental

$$\Delta x = \sigma_{ap}$$

$$\Delta x = \sigma_{ap} = 1 \text{ cm}$$

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)$$

$$[\bar{x} - \sigma_{ap}, \bar{x} + \sigma_{ap}]$$

$$x = (4 \pm 1) \text{ cm}$$

$$x = (5 \pm 1) \text{ cm}$$

A veces elijo usar:

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)/2$$

$$x = (4,5 \pm 0,5) \text{ cm}$$

¿Cuál es el período del metrónomo?



1,25 s

1,23 s

1,22 s

1,25 s

1,24 s

1,26 s

1,23 s

1,23 s



$$\sigma_{ap} = 0,01 \text{ s}$$

Algunos de los datos **difieren entre sí en más de la precisión del instrumento**

Si mido más de 1 vez y obtengo datos **fuera del intervalo de confianza**  $[\bar{x} - \sigma_{ap}, \bar{x} + \sigma_{ap}] \rightarrow \Delta x = ?$

## 2- Incertidumbre ESTADÍSTICA



### Error Estadístico:

Errores aleatorios producidos al azar.  
Desconocidos, Intrínsecos (naturaleza)

*Puede pasar que:*

- Mida más de 1 vez y los datos se encuentran **dentro** del intervalo de confianza  $[\bar{x} - \sigma_{ap}, \bar{x} + \sigma_{ap}] \rightarrow \Delta x = \sigma_{ap}$
- Mida más de 1 vez y hay datos **fuera del intervalo de confianza**  $[\bar{x} - \sigma_{ap}, \bar{x} + \sigma_{ap}] \rightarrow \Delta x = ?$

**Error Estadístico**

**Va a depender de la clase de medición que tengamos**

# Distribución estadística - Histogramas

Supongamos que tomamos  $N$  mediciones de una MF  $\rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N\}$

## ¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un **dado**  $N = 100$  veces

Medición #	Cara del dado
1	2
2	6
3	1
...	...
99	4
100	1



Medir el **período** de un faro  $N = 100$  veces

Medición #	Tiempo (s)
1	1,02
2	0,98
3	1,07
...	...
99	1,22
100	1,10



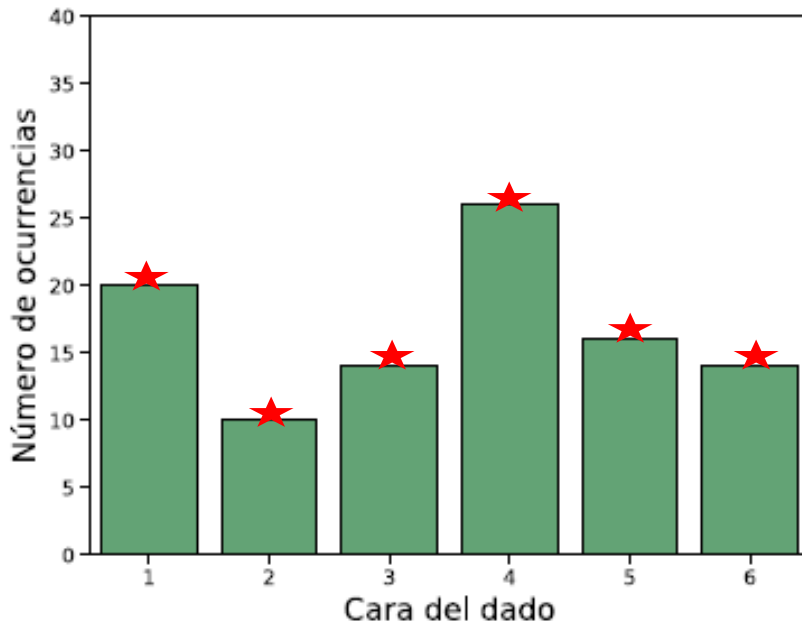
# Distribución estadística - Histogramas

## Histograma

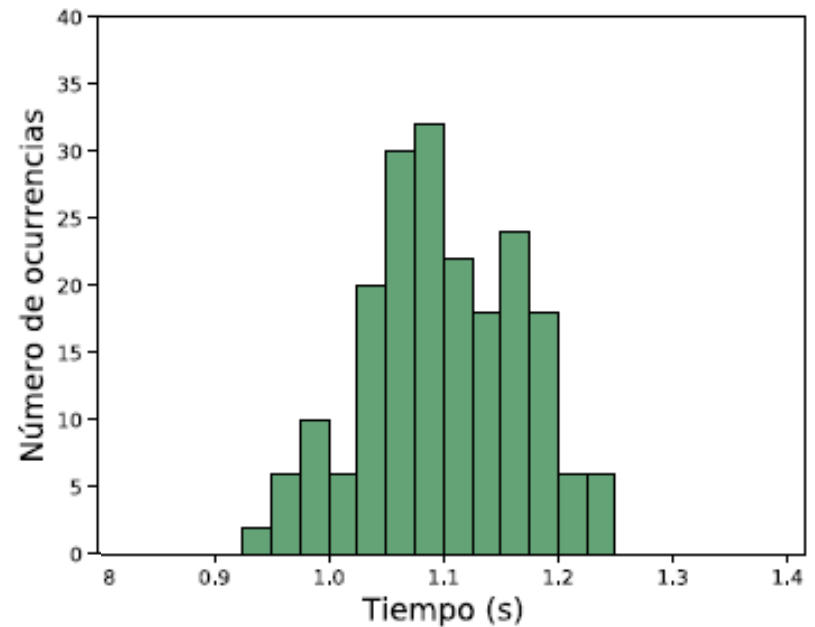


Representación gráfica en coordenadas cartesianas de la distribución de datos

Tirar un dado N = 100 veces



Medir el período de un faro N = 100 veces



$$\sum_j N^{\circ} \text{Ocurrencias}_j = N$$

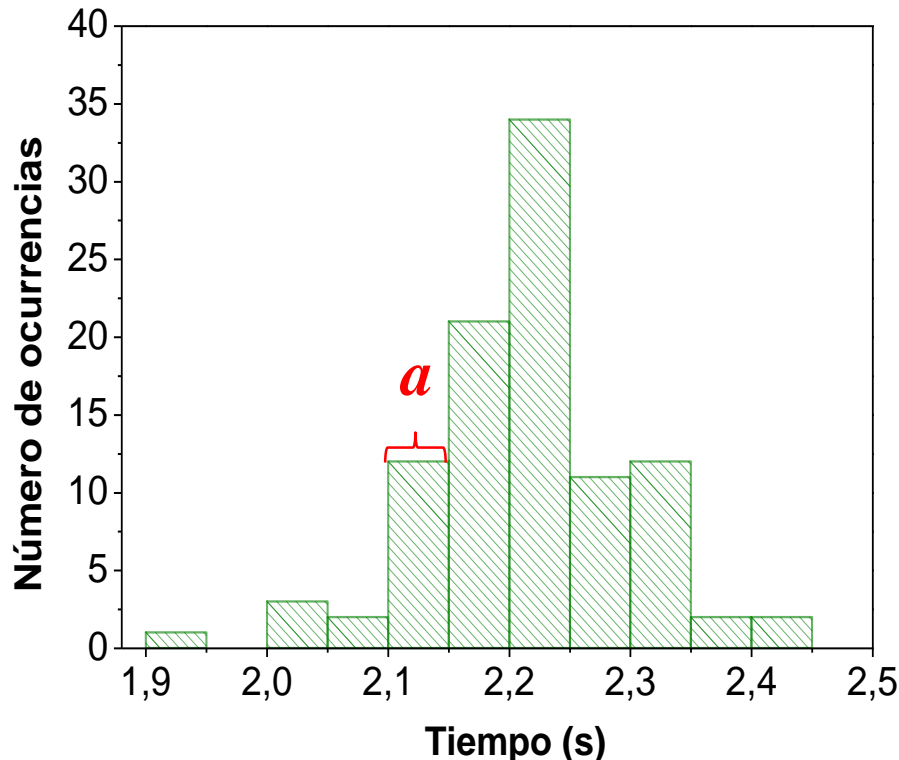


# Resultados del Experimento - Histogramas

## Histograma



Representación gráfica en coordenadas cartesianas de la distribución de datos



- Número total de datos:  $N$
- Rango:  $[x_{\min}, x_{\max}]$
- Intervalo de clase (bin size):  $a$
- 1<sup>er</sup> intervalo:  $[x_{\min}, x_{\min+a})$
- Último intervalo:  $[x_{\max-a}, x_{\max}]$

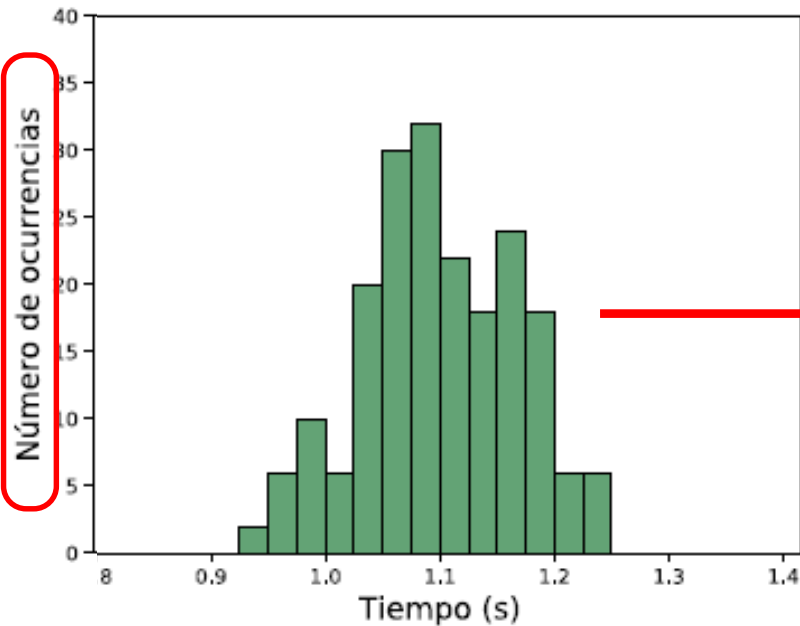
**Regla de Sturges:** Estima la cantidad ( $C$ ) de intervalos de clases

$$\sum_j N^{\circ} \text{Ocurrencia}_j = N$$

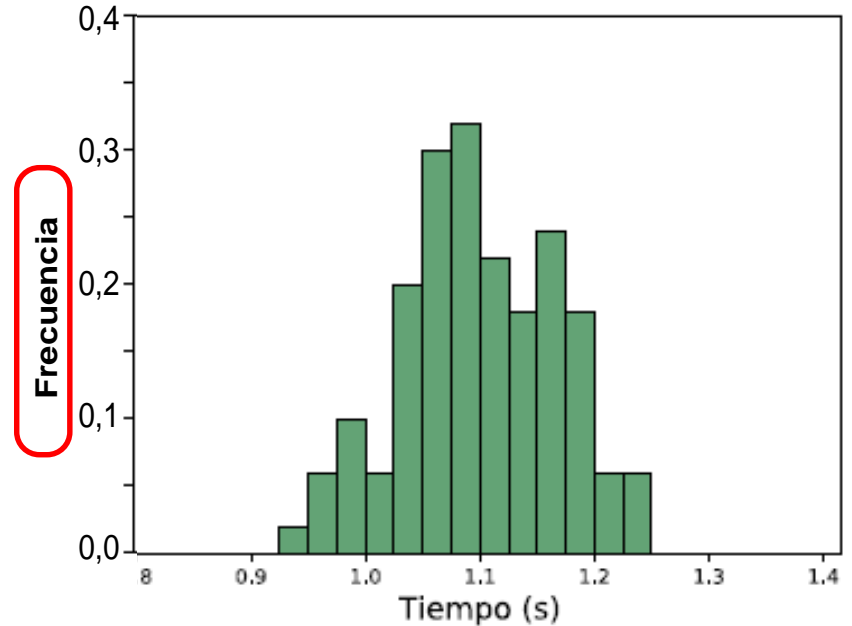
$$C = 1 + \log_2(N)$$

# Resultados del Experimento - Histogramas

Medir el período de un faro N = 100 veces



Medir el período de un faro N = 100 veces



$$\frac{N^{\circ} \text{ Ocurrencias}}{N} = \text{Frecuencia}$$

Condición de Normalización

$$\sum_j F_j = 1$$

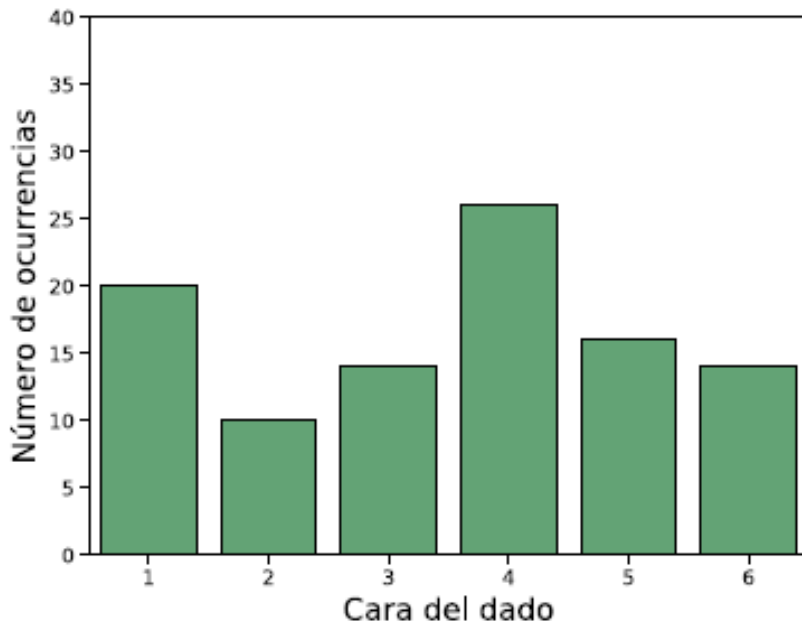
# Resultados del Experimento - Histogramas

## Histograma

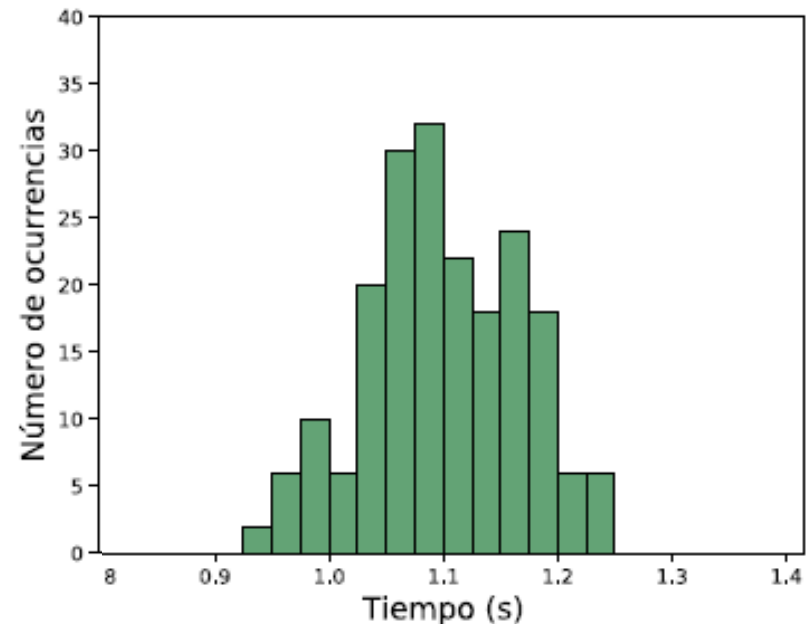


Representación gráfica en coordenadas cartesianas de la distribución de datos

Tirar un dado N = 100 veces

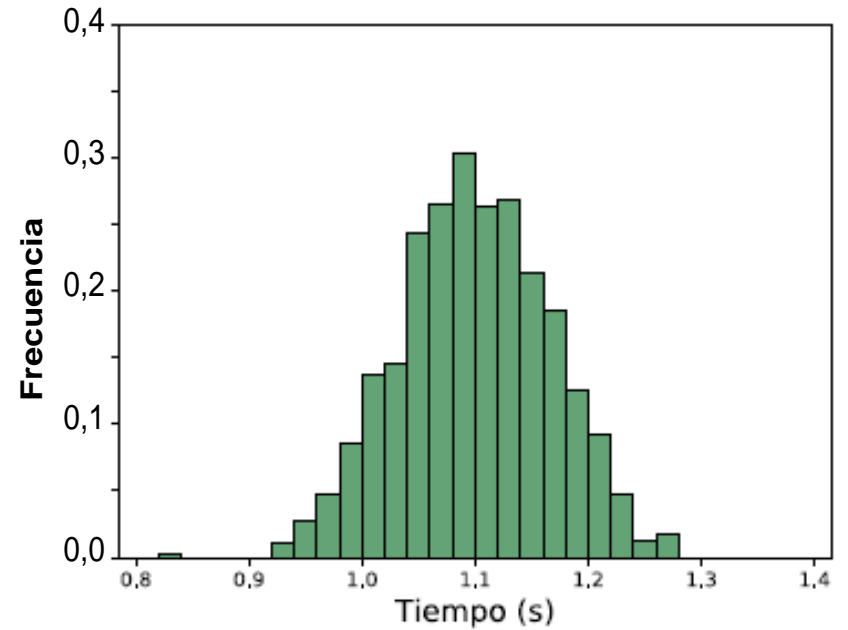
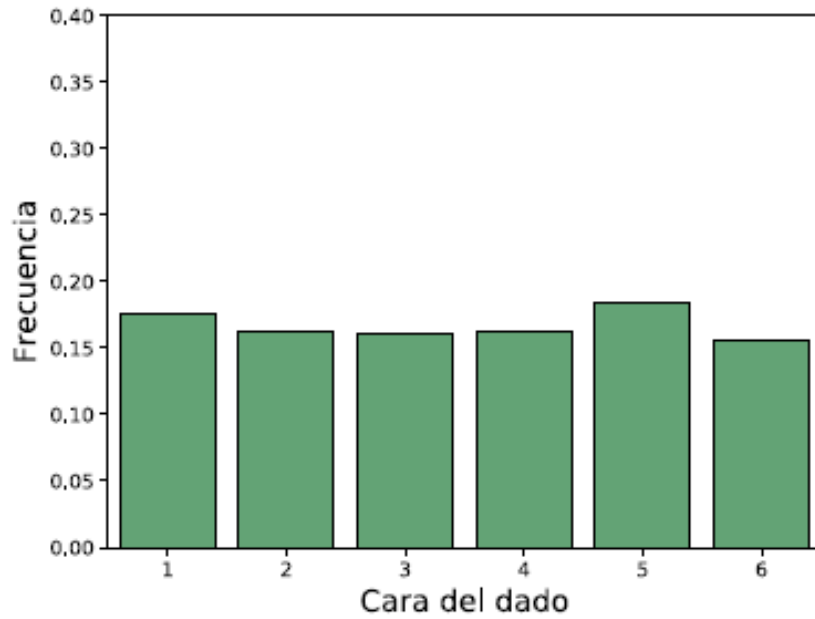


Medir el período de un faro N = 100 veces



# Distribución de probabilidad

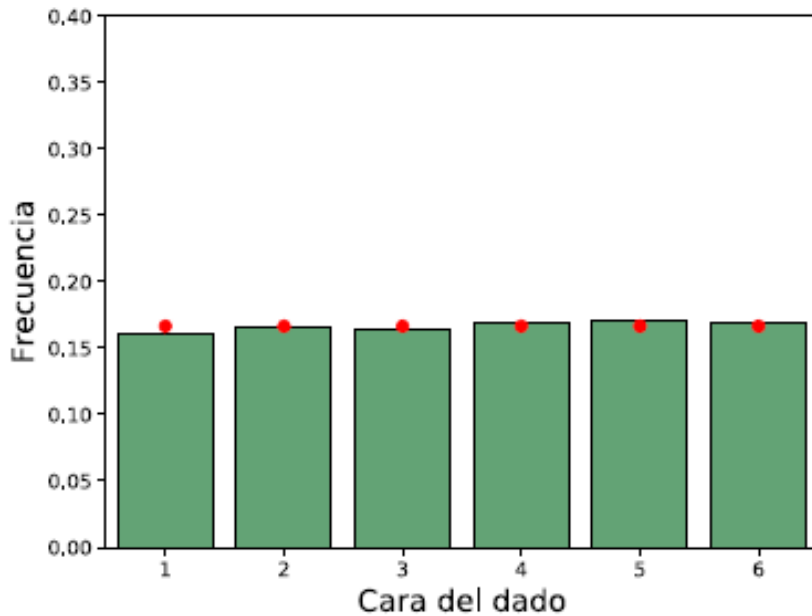
N = 1000



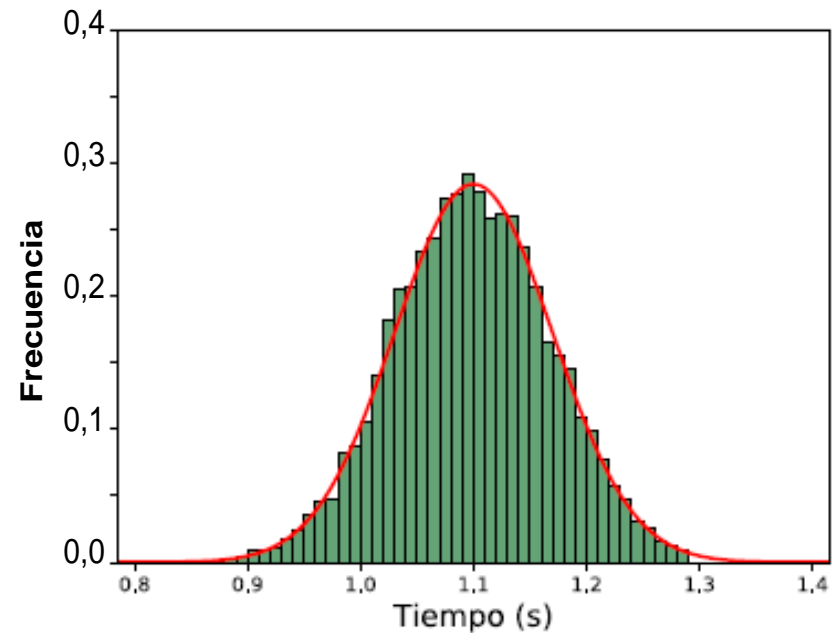
# Distribución de probabilidad

N = 10000

## Distribución de probabilidades



↓  
**Discreto**



↓  
**Continuo**

### MEDICIÓN DE TIEMPOS

- Realice **40 mediciones** del tiempo entre pulsos ( **$N = 40$** ), con un cronómetro.
- Realice un histograma con los datos del período medidos ( $N = 40$ )



El 25-8 hasta las 14 hs en Discord dentro de su grupo

## Actividad 1

- ❑ Colocar una tabla con los resultados de **L** y **D** obtenidos por cada uno integrante del grupo, y de los errores relativos en cada caso

**Tabla 1.** Resultados de la longitud (L) y el diámetro (D) de los diferentes objetos y del error relativo ( $\varepsilon_r$ ), obtenidos por los integrantes del grupo.

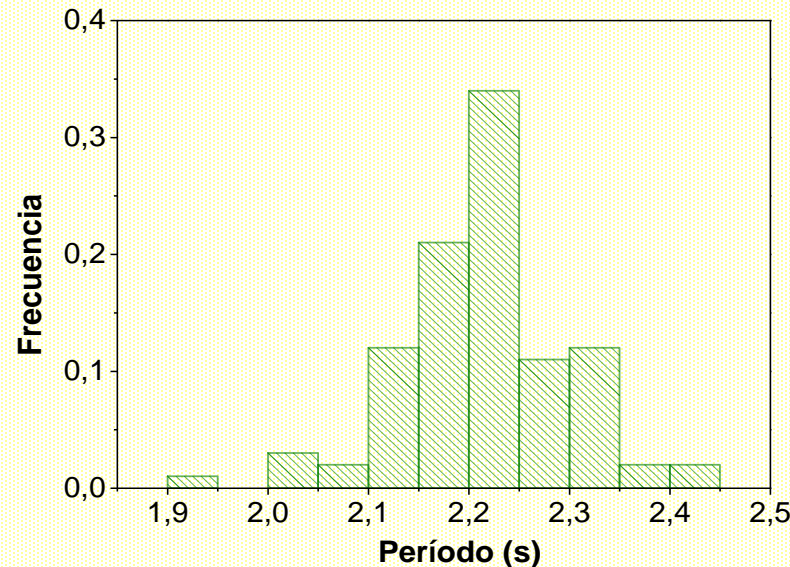
Integrante	L (cm)	D (cm)	$\varepsilon_{Lr}$	$\varepsilon_{Dr}$
Ana				
Pablo				
Agustina				

- ❑ Comentar qué resultado fue el más preciso y cuál es el menos preciso

El 25-8 hasta las 14 hs en Discord dentro de su grupo

## Actividad 2

- Colocar el histograma de las medidas del período del metrónomo de cada integrante (1 gráfico por cada integrante).



**Figura 1.** Histograma de las medidas del período del metrónomo realizadas por Lucía Famá, para  $N = 40$ .