

# Laboratorio 1

## Docentes

Gustavo Grinblat, Laura Ribba, Ayelén Santos, Delfina Rodríguez Juiz

Pañolera: Yamila Burrafato

Departamento de Física, FCEN, UBA – Segundo Cuatrimestre, 2024

Web: <https://materias.df.uba.ar/11a2024c2>

# Física Experimental y Método Científico

---

**Objetivo de la materia**



Aprender a construir leyes físicas a partir de la observación del comportamiento de fenómenos de la naturaleza aleatorios, regulares y repetibles.

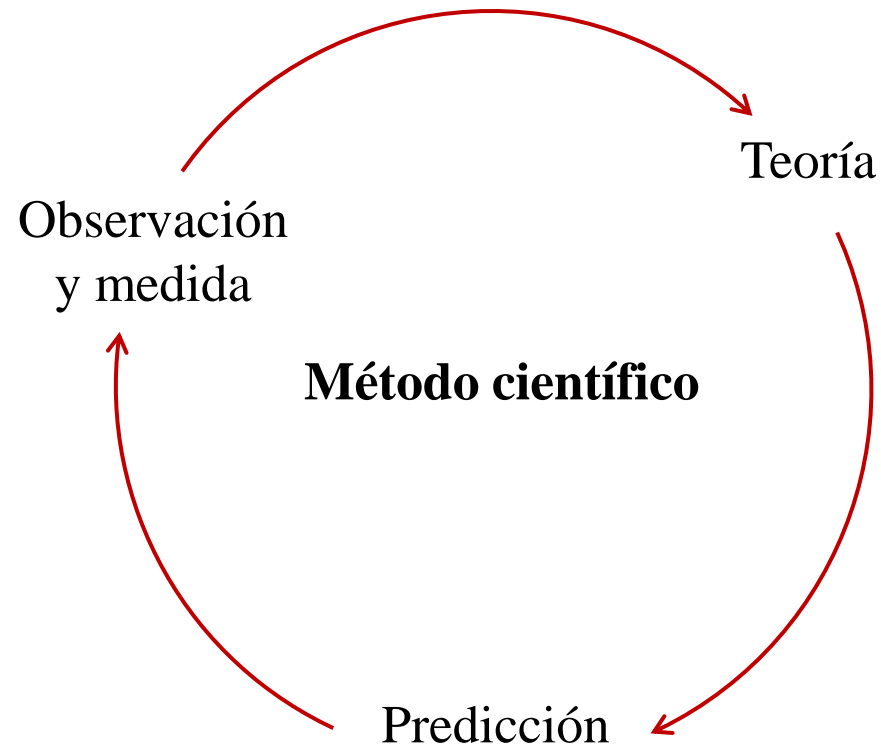
**Física Experimental**



Observación de fenómenos físicos (experimento)



Modelo (teoría)




# Temas de la materia

---

- **Observación** de fenómenos físicos
- **Diseño** de experimentos
- Uso de **instrumental** de laboratorio
- Identificar **fuentes de incerteza**
- **Interpretar resultados** de una medición
- **Modelar** resultados (teoría)
- Uso de herramientas de **análisis de datos**
- Evaluar **diferencias entre teoría y experimento**
- Comunicar resultados en forma escrita (**informes**)
- Comunicar resultados en forma oral (**charlas**)

# Metodología de trabajo

---

- **10 Experimentos**
- Grupos rotativos de **3 estudiantes** (3 conformaciones de grupo, las primeras 2 elaboradas por la cátedra)
- **3 Entregas** (1 individual, 2 grupales)
- **4 Informes** (grupal)
- **1 Charla** (grupal)
- **Cuaderno de laboratorio** (grupal)  Virtual (compartir con la cátedra)
- Análisis de datos (**Python**, Origin, ..., a elección)


(Se toma asistencia con posibilidad de **2 faltas** que se recuperan en forma individual)

# Cronograma de la materia

Semana	Actividad	Entrega	
1 (14/08)	Clase 1 – Experiencia 1 (Faro)	Gráficos con leyenda – Exp. 1 (16/08)	} Conf. 1
2 (21/08)	Clase 2 – Experiencia 2 (Péndulo I)	Resultados y análisis – Exp. 2 (23/08)	
3 (28/08)	Clase 3 – Experiencia 3 (Volumen)	-	
4 (04/09)	Clase 4 – <b>Experiencia 4 (Péndulo II)</b>	Método experimental y resultados – Exp. 3	
5 (11/09)	Clase 5 – <b>Experiencia 5 (Péndulo III)</b>	-	
6 (18/09)	Clase 6 – Experiencia 6 (Caída libre I)	<b>Informe 1 – Exp. 4 y 5</b>	} Conf. 2
7 (25/09)	Clase 7 – Experiencia 7 (Caída libre II)	-	
8 (02/10)	Clase 8 – Experiencia 8 (Cinemática)	Informe 2 – Exp. 4 y 5	
9 (09/10)	Clase 9 – Experiencia 9 (Resorte I)	-	
10 (16/10)	Clase 10 – Experiencia 10 (Resorte II)	Informe 3 – Exp. 8	} Conf. 3
11 (23/10)	Recuperación de clases y consultas	-	
12 (30/10)	Parcial	-	
13 (06/11)	Práctica especial	Informe 4 – Exp. 9 y 10	
14 (13/11)	Práctica especial	-	
15 (20/11)	Charla (práctica especial)	-	
16 (27/11)	Recuperación de parcial y de clases	-	

# Metodología de evaluación

---

- **Entregas:** Son obligatorias, pero no llevan nota.
- **Informes y cuaderno de laboratorio:** Llevan nota grupal.
- **Parcial (30/10):** Examen global de la materia (nota individual).  **1/3 de la nota final**
- **Charla (20/11):** Nota grupal e individual.

# Normas de Higiene y Seguridad

---

## Algunas normas básicas

(**Leer** Material Adicional en la página de la materia y **Firmar** formulario de aceptación de normas)

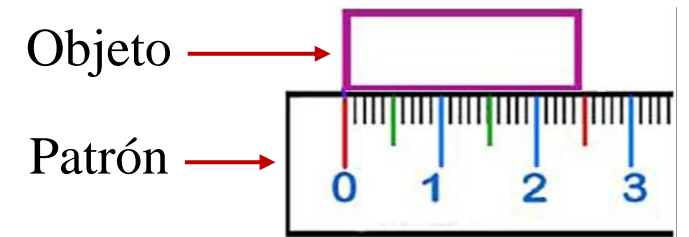
- Conocer la ubicación de matafuegos, salidas de emergencia y botiquín.
- No comer, beber, o maquillarse.
- No guardar alimentos en ningún ámbito del laboratorio.
- Mantener el orden y la limpieza en la zona de trabajo y en todos los lugares comunes.
- No bloquear las rutas de escape o pasillos con elementos que entorpezcan la circulación.
- En caso de emergencia médica e incendios, llamar inmediatamente al interno 311 (conmutador 4576-3300) de las *Oficinas de Seguridad y Control*.

# Conceptos importantes

**Magnitud física (MF):** Atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente (ej. masa, longitud, velocidad, ...)

**Método de medición:** Proceso por el cual se determina el valor de una magnitud.

**Medir** → **Comparar** la cantidad de la **MF** que se desea obtener con una unidad de la misma magnitud (**patrón**)



**Valor de MF:** Cantidad de la MF, se expresa como **número y unidad**

**Unidad:** Es una magnitud física definida y adoptada por convención



Sistema internacional de unidades



# Conceptos importantes

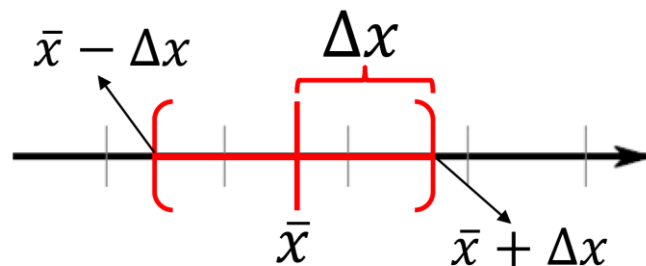
Como no conocemos el valor “verdadero” de la magnitud que deseamos medir, **se busca una estimación del valor “verdadero”** y de una cota.

**Error:** La incerteza en la medición de una magnitud  $x$  se expresa como  $\Delta x$ .

Surge de limitaciones del instrumento, del método de medición, y de la persona que realiza la medición.

**Intervalo de confianza**  $\longrightarrow \bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x$  ( $\bar{x}$  es el “mejor valor” de  $x$ )

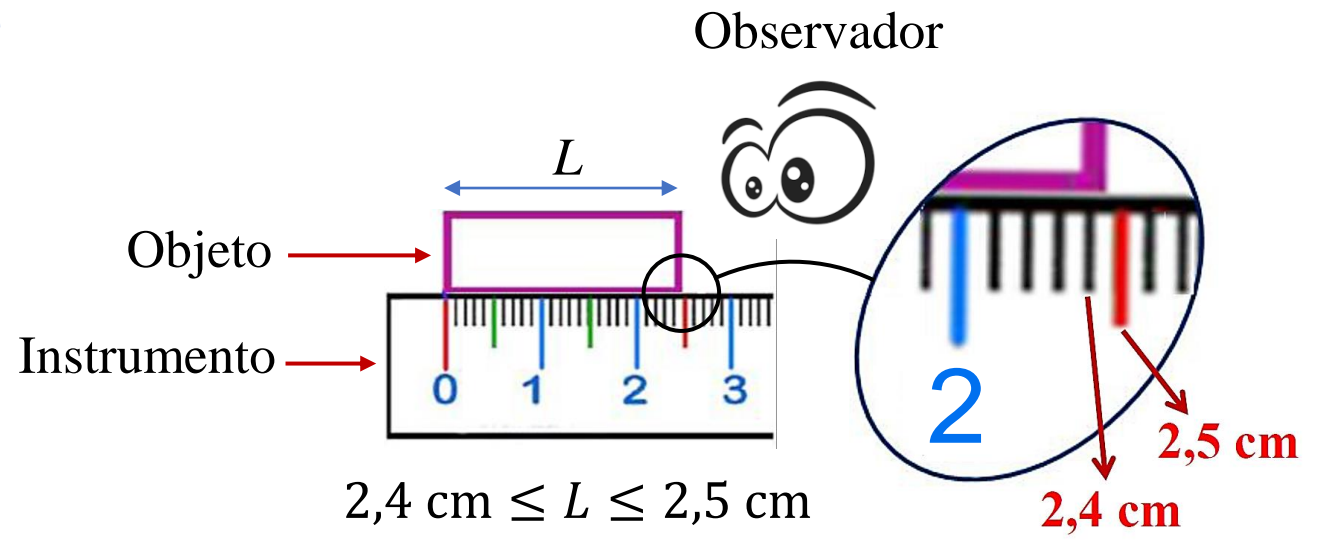
El verdadero valor de  $x$  se encuentra con cierta probabilidad en este intervalo.



**Expresión de un resultado**

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ Unidad}$$

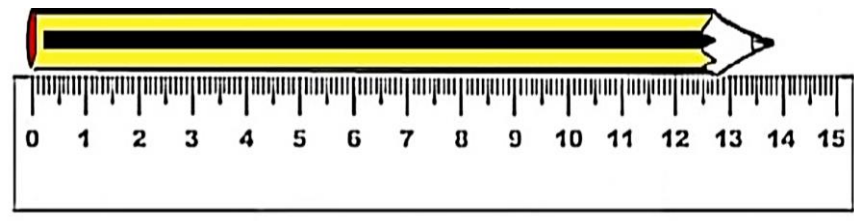
Método



# Clases de mediciones

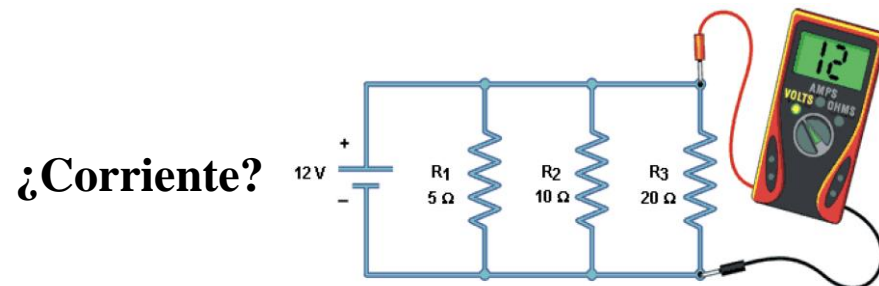
## Medición directa

La medida deseada se obtiene de la lectura del instrumento (ej. temperatura, masa y longitud pueden determinarse directamente utilizando un termómetro, una balanza, y una regla, respectivamente).



## Medición indirecta

Cuando la magnitud se determina a partir de relaciones matemáticas con otras magnitudes que fueron medidas directamente (ej. superficie de un objeto a partir de la medida de sus lados)



¿Aceleración?



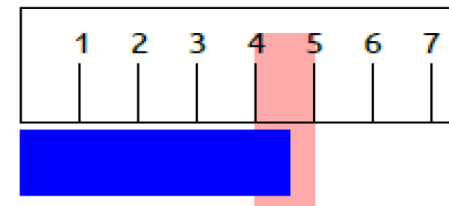
¿Área?  $h$



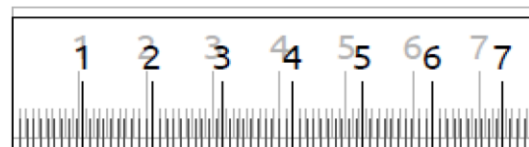
# Clasificación de los errores

## Errores introducidos por el instrumento

**Error de apreciación:** Mínima división puede resolver el observador.



**Error de exactitud:** Error en la calibración del instrumento.



**Error de interacción:** Incerteza que surge de la interacción del instrumento con el objeto.

## Errores según su carácter

**Errores sistemáticos:** Surgen de imperfecciones en el método de medición, y afectan de igual manera a todas las medidas (desplazamiento de cero, paralaje, etc.).

**Errores estadísticos:** Ocurren debido a causas múltiples y fortuitas. Sucesivas mediciones en las mismas condiciones arrojan distintos valores.

## Error total, error absoluto y error relativo

$$\Delta x \equiv \sigma_{total} = \sqrt{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{exac}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{est}^2 + \dots}$$

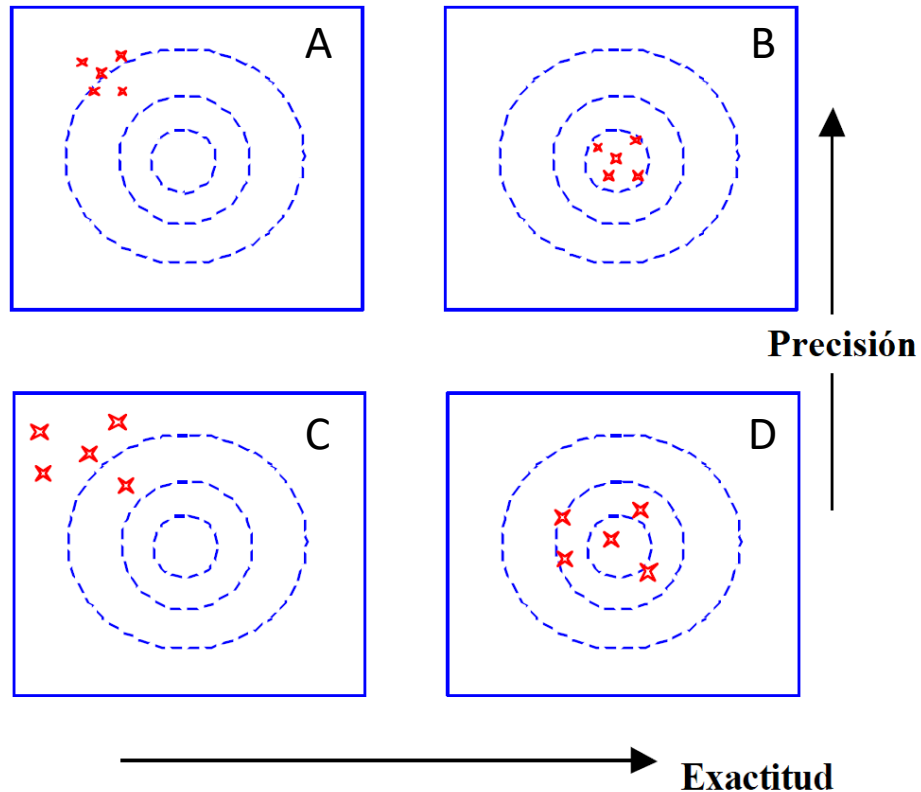
$$x = \bar{x} \pm \Delta x \begin{cases} \rightarrow \text{Error absoluto: } \Delta x \\ \rightarrow \text{Error relativo: } \varepsilon_r = \Delta x / \bar{x} \end{cases}$$

(Fuentes de error independientes entre sí)

# Instrumento como fuente de incerteza

**Apreciación del instrumento:** Variación mínima de la magnitud que puede detectar.  
(Mientras menor es la *apreciación*, mayor es la *sensibilidad*.)

**Exactitud del instrumento:** Está asociada a la calidad de calibración del mismo.



La **precisión** es la concordancia entre sucesivas medidas de una magnitud.



Asociado al error relativo

La **exactitud** está asociada a la cercanía del “mejor valor” al “valor real”.

A es más preciso que C, pero menos exacto que D.

# Cifras significativas

## Cifras significativas

Cantidad total de dígitos de un número, contando (de izquierda a derecha) a partir del primer dígito distinto de cero.

Número	Cifras significativas
158,02	5
0,0032	2
4,1200	5

### Cómo reportar el resultado de una medición

$L = (84 \pm 1) \text{ mm} \rightarrow$  error de apreciación de 1 mm.

$L = (83,9 \pm 0,5) \text{ mm} \rightarrow$  error de apreciación de 0,5 mm.



$$\Delta L = 0,5 \text{ mm}, \varepsilon_r = \frac{0,5}{83,9} = 0,006 = 0,6\%$$

### Formas incorrectas de reportar un resultado

$$L = (83,923 \pm 1) \text{ mm}$$

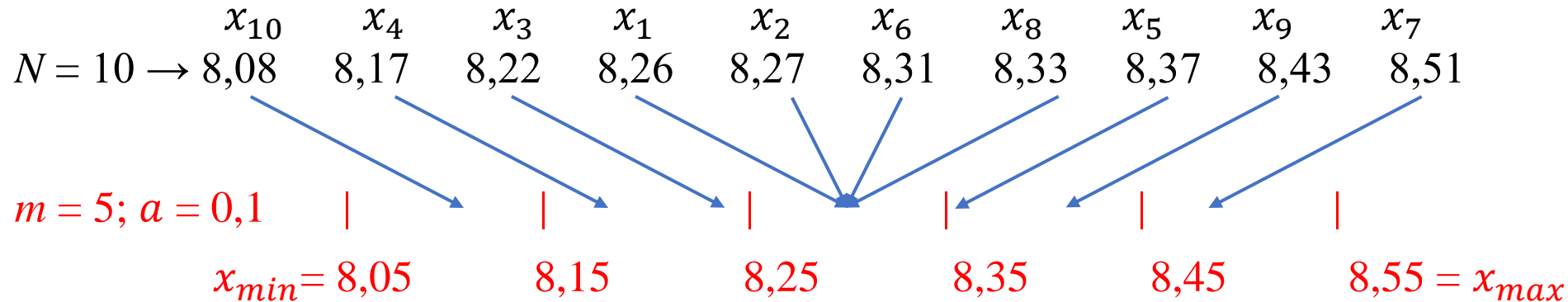
$$L = (83,923 \pm 1,052) \text{ mm}$$

En general expresamos las incertidumbres con **una o dos cifras significativas**.

# Función de distribución y densidad de probabilidad

---

- Se toma una muestra de tamaño  $N \rightarrow x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$



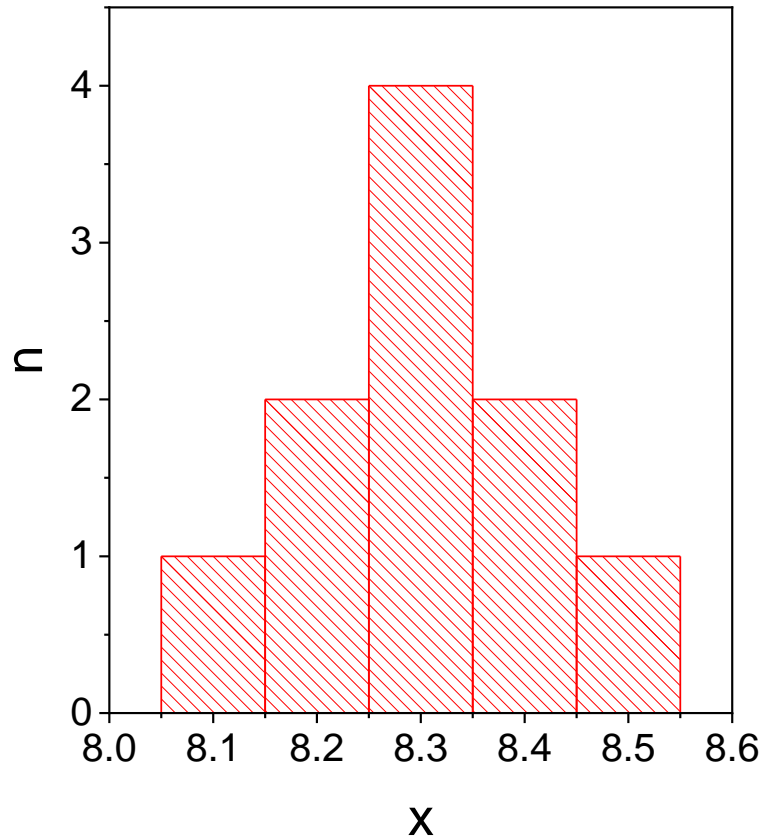
- Dividimos el intervalo  $(x_{min}, x_{max})$  en  $m$  sub-intervalos iguales de ancho  $a$ .
- Denotamos como  $n_j$  al número de elementos contenidos en el  $j$ -ésimo intervalo.

$$n_1 = 1 \quad n_2 = 2 \quad n_3 = 4 \quad n_4 = 2 \quad n_5 = 1$$

- Función de distribución:  $f_j = \frac{n_j}{N}$  ( $\sum_{j=1}^m f_j = 1 \rightarrow$  la función está normalizada)  
( $f$  se denomina también frecuencia de ocurrencia)
- Densidad de probabilidad:  $d_j = \frac{f_j}{a}$

# Elaboración de un histograma

Se grafica  $f$ ,  $n$  ó  $d$  vs.  $x$ , utilizando columnas centradas en  $x_{min} + a \left( j - \frac{1}{2} \right)$



- Media: Es el valor medio o promedio:  $\bar{x} = \langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
- Moda: Valor de  $x$  donde está la máxima frecuencia
- Mediana: Valor de  $x$  que divide a la primera mitad de los valores, de la segunda mitad.
- Varianza:  $\sigma_x^2 = \frac{1}{N'} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$

$N' = N$  si se trata de la población total

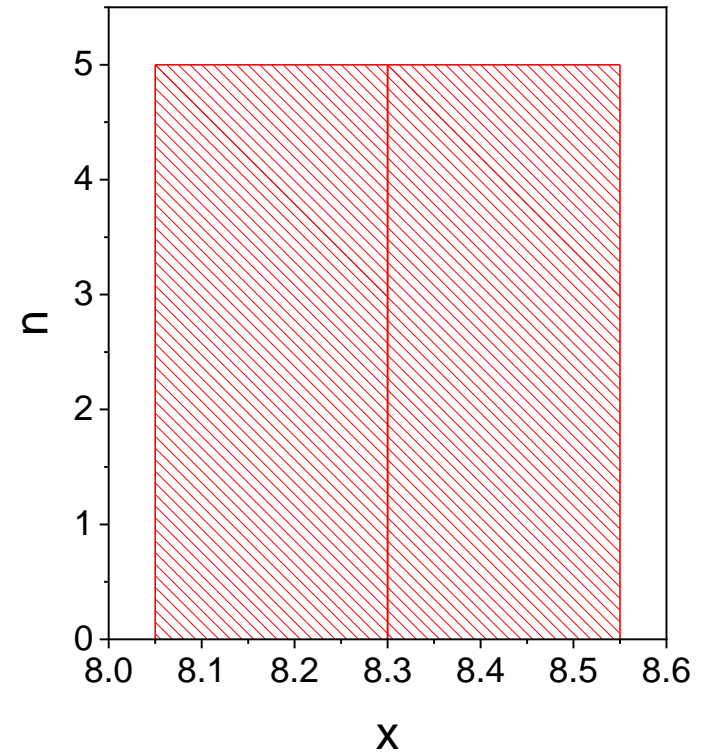
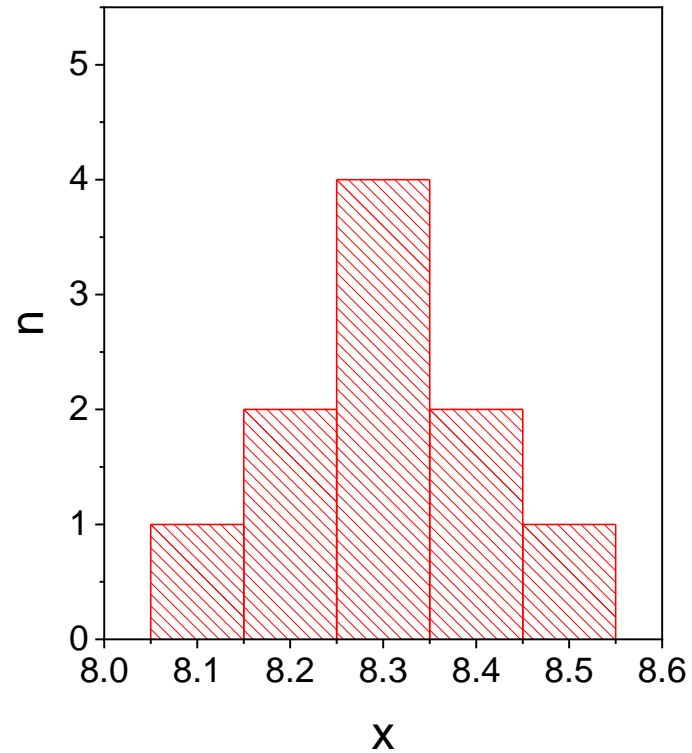
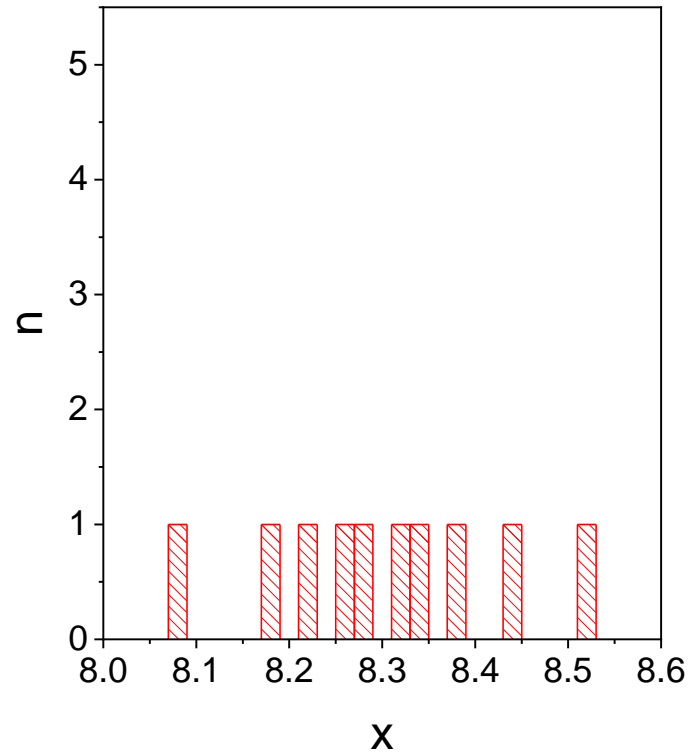
$N' = N - 1$  si se trata de una muestra de la población

- Desviación estándar:  $\sigma_x$

Es una medida de cuán dispersos están los datos alrededor del valor promedio.

# Ancho óptimo del sub-intervalo

Un ancho demasiado pequeño o demasiado grande impide observar el patrón subyacente.



Ancho de columna a considerar<sup>1</sup>:  $a = 3.5\sigma_x N^{-\frac{1}{3}}$

Regla de Sturges<sup>2</sup>:  $m = 1 + \log_2(N)$

<sup>1</sup>David W. Scott, *Biometrika*, Vol. 66, No. 3 (Dec. 1979), pp. 605-610

<sup>2</sup><http://imarranz.com/sturges.html>



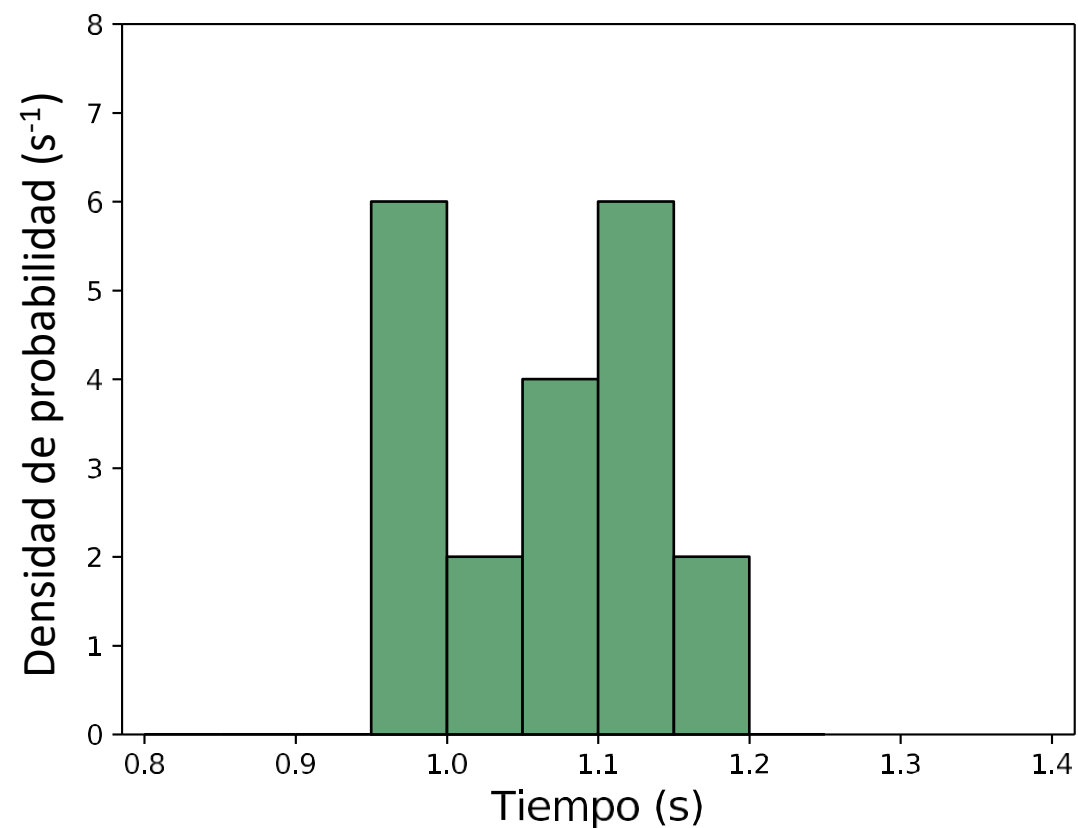
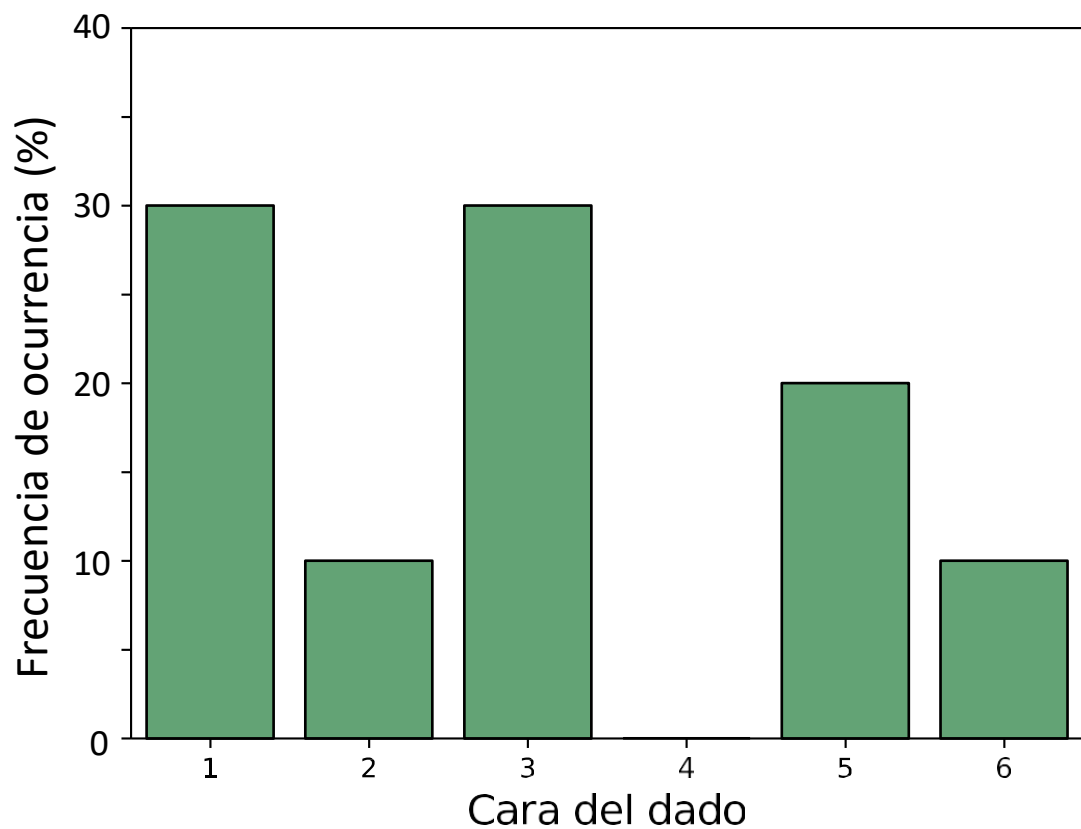
# Evolución de una distribución según el valor de N



Lanzamos un dado  
 $N = 10$  veces



Medimos el periodo de un faro  
 $N = 10$  veces



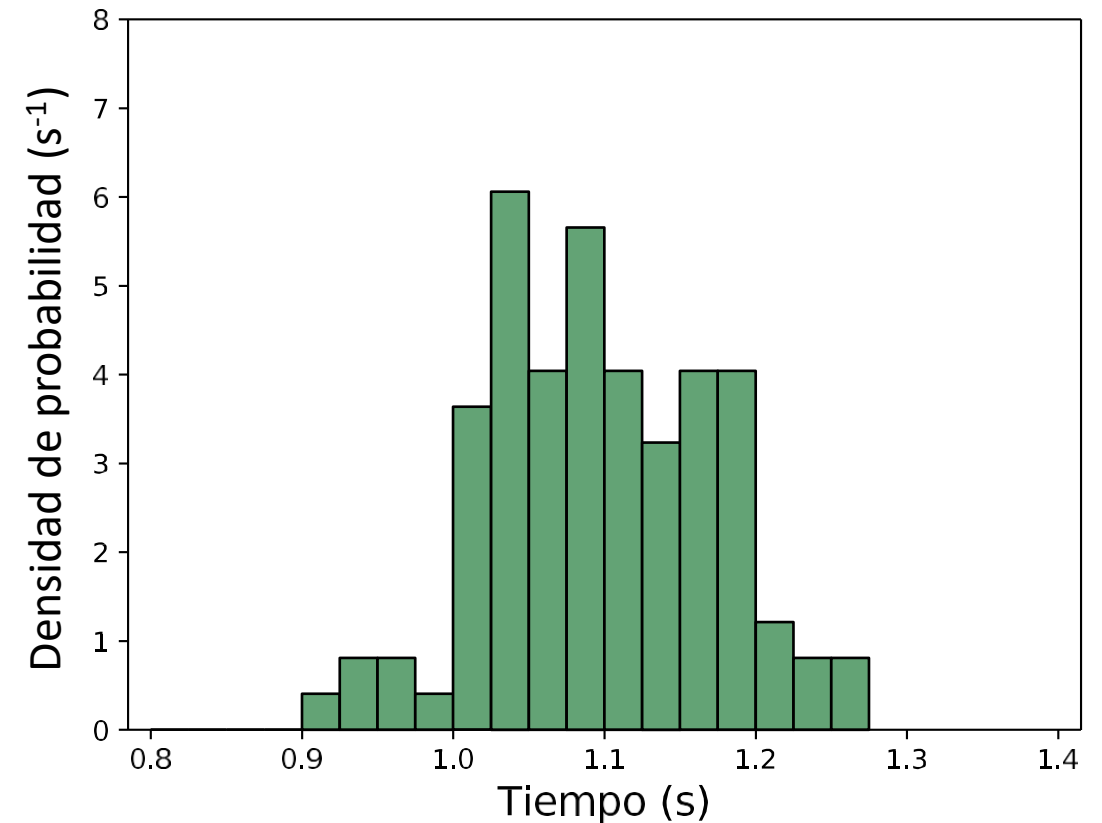
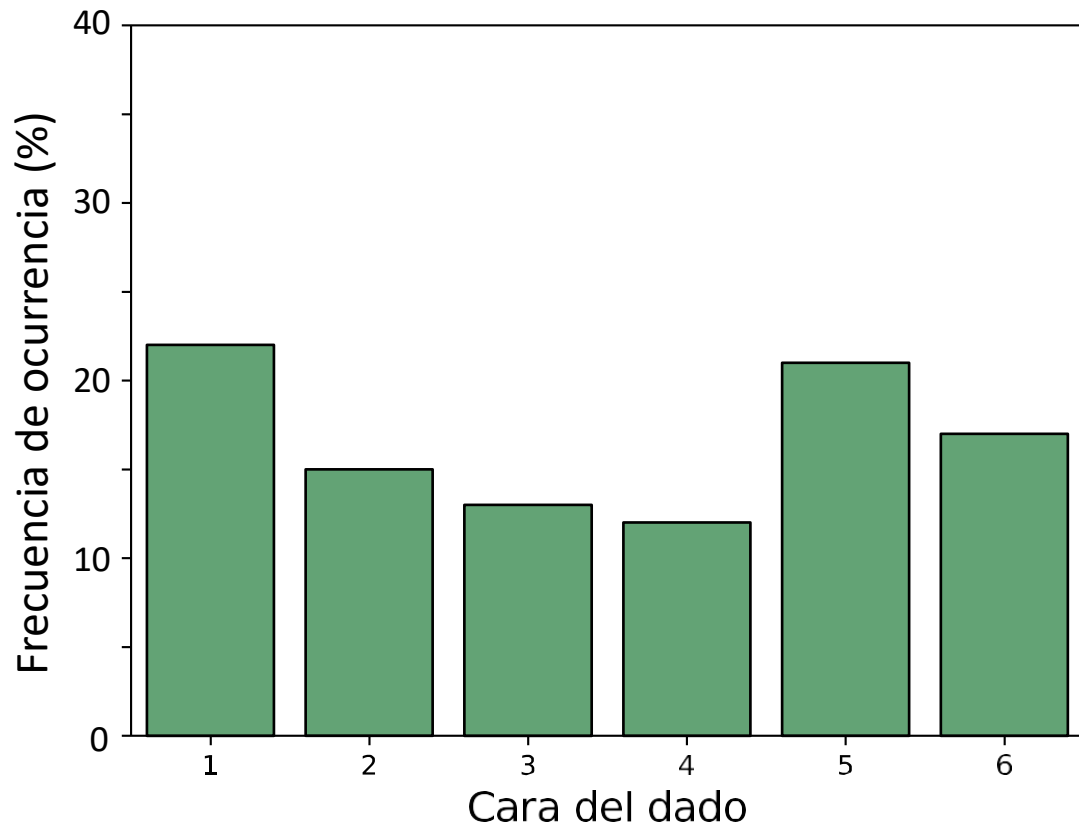
# Evolución de una distribución según el valor de N



Lanzamos un dado  
 $N = 100$  veces



Medimos el periodo de un faro  
 $N = 100$  veces



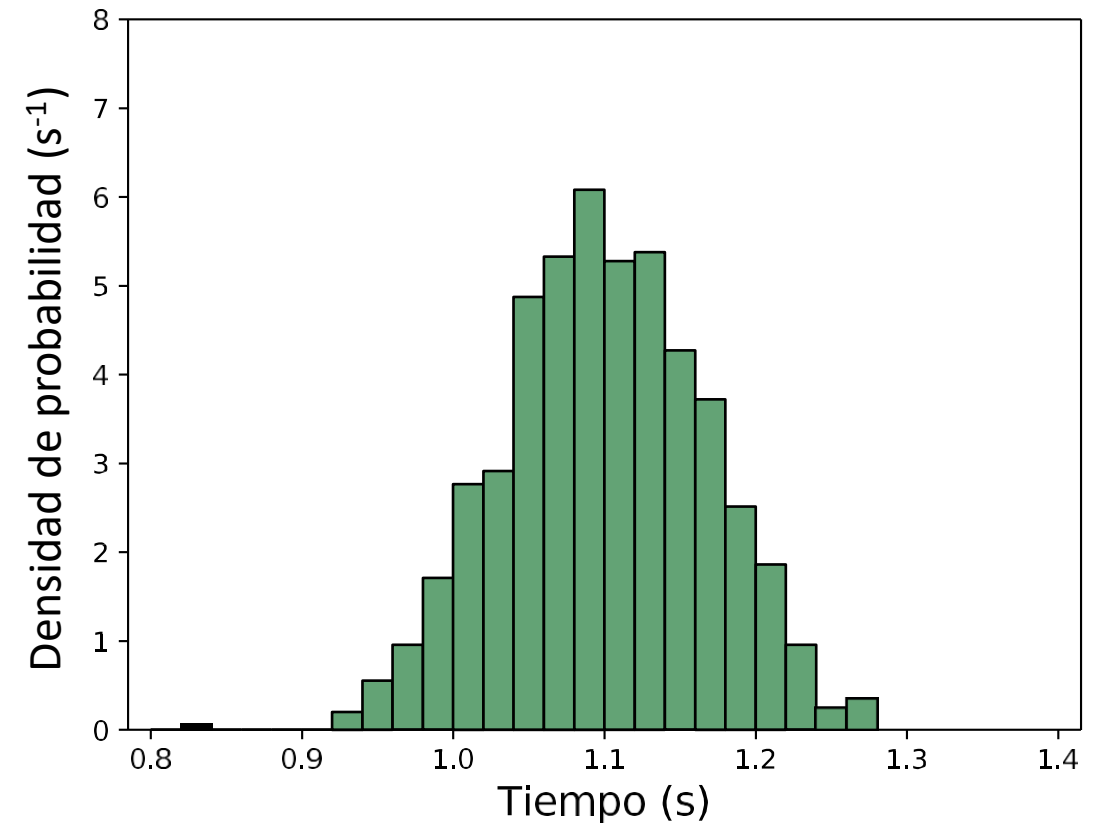
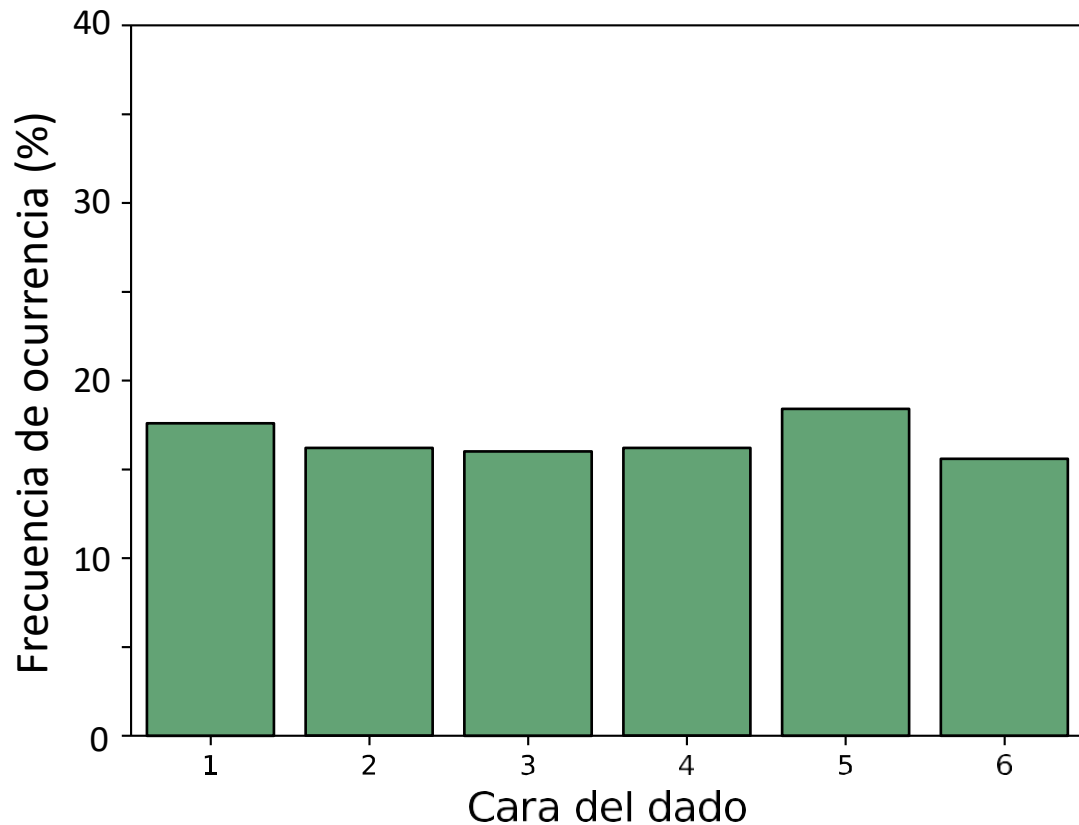
# Evolución de una distribución según el valor de N



Lanzamos un dado  
 $N = 1000$  veces



Medimos el periodo de un faro  
 $N = 1000$  veces



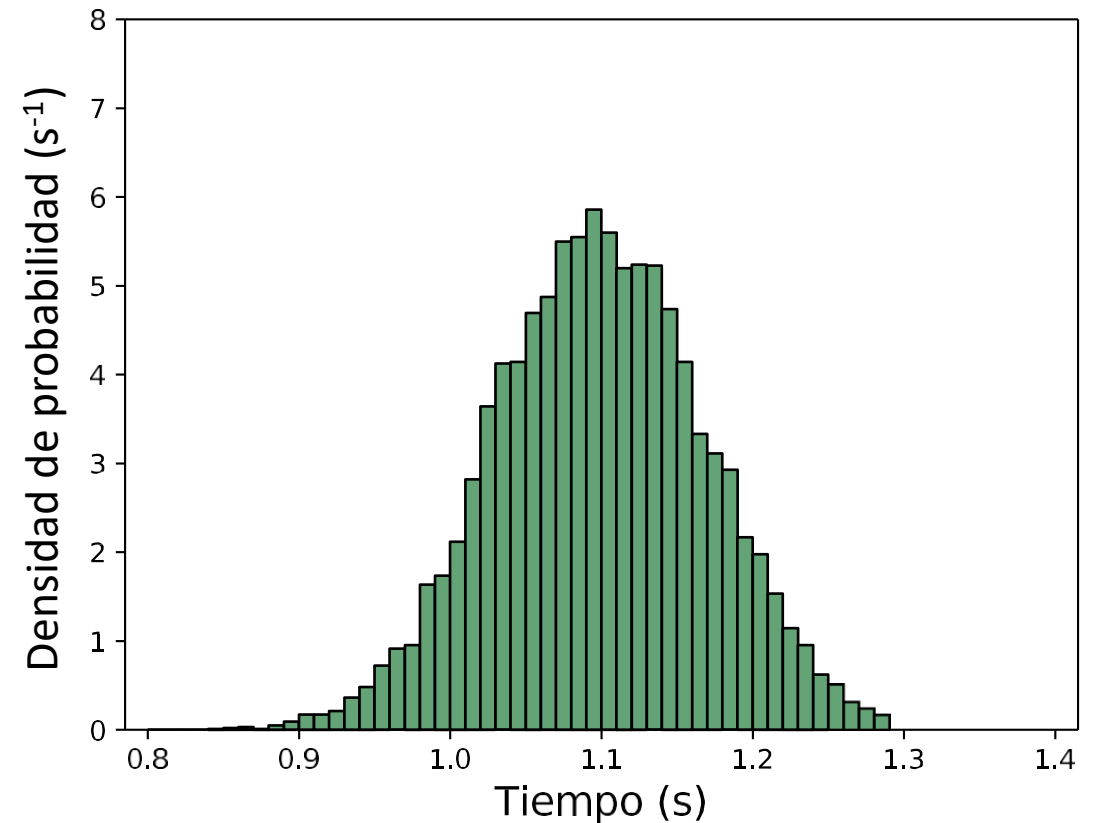
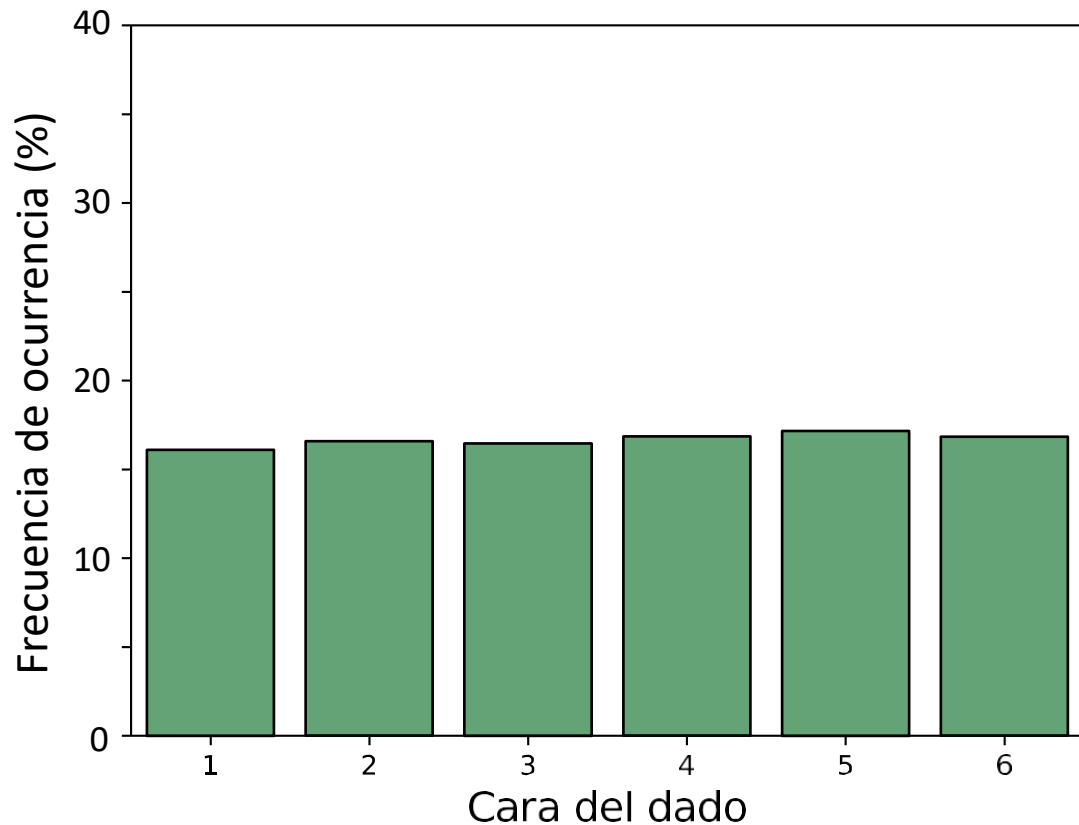
# Evolución de una distribución según el valor de N



Lanzamos un dado  
 $N = 10000$  veces



Medimos el periodo de un faro  
 $N = 10000$  veces



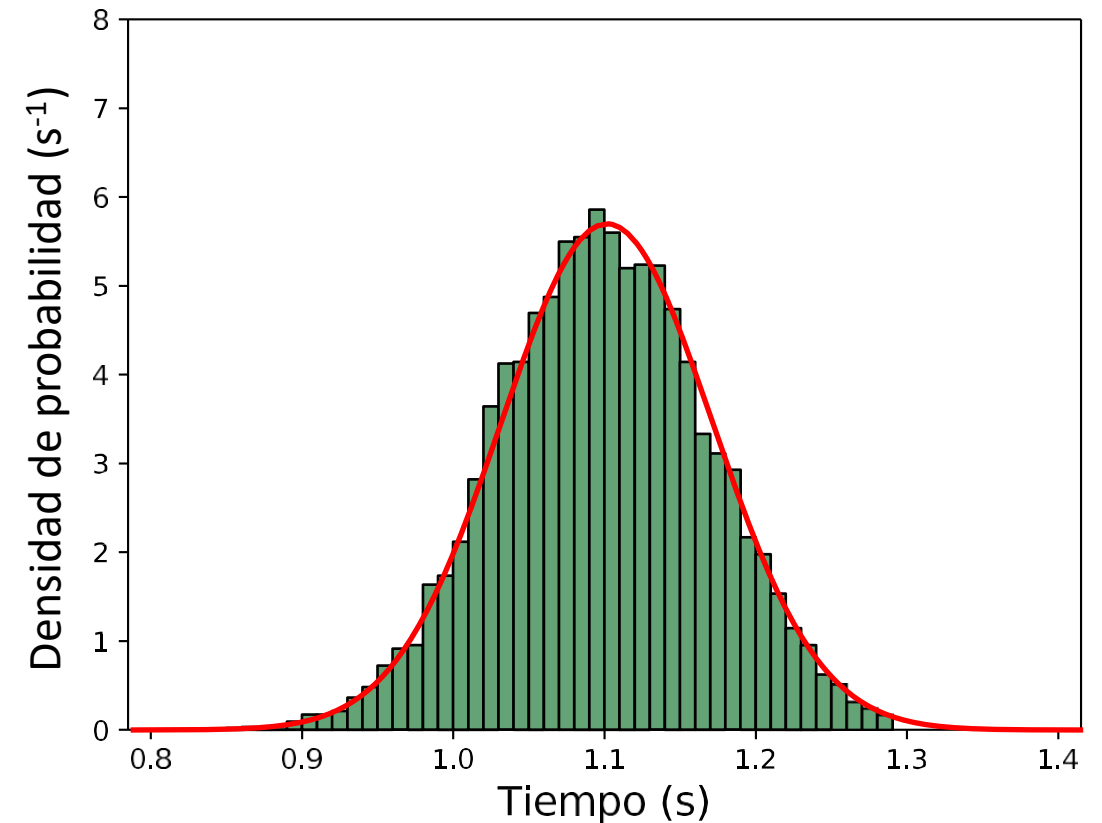
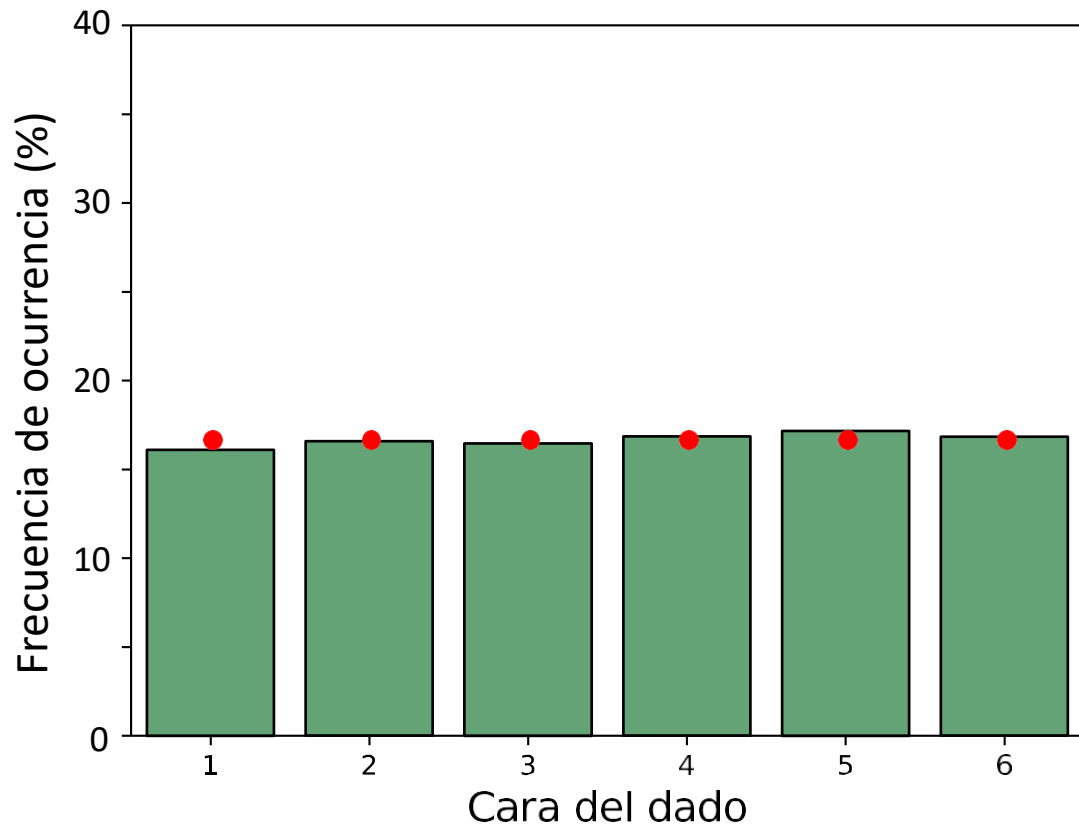
# Evolución de una distribución según el valor de N



Todas las posibilidades tienen igual probabilidad



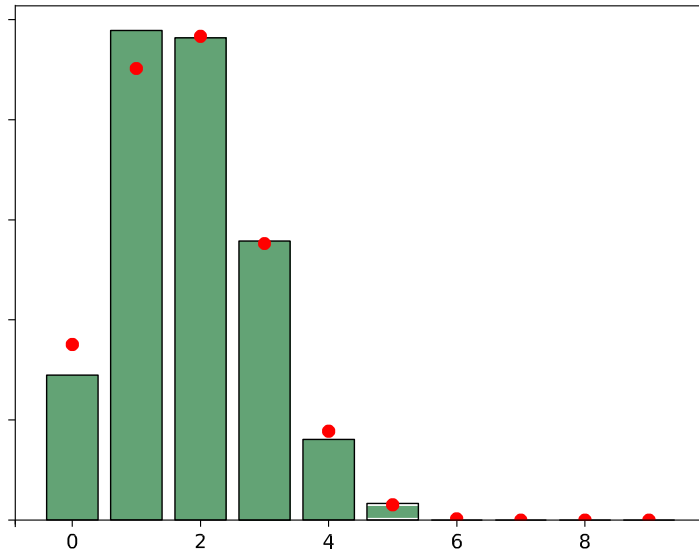
Distribución normal o gaussiana



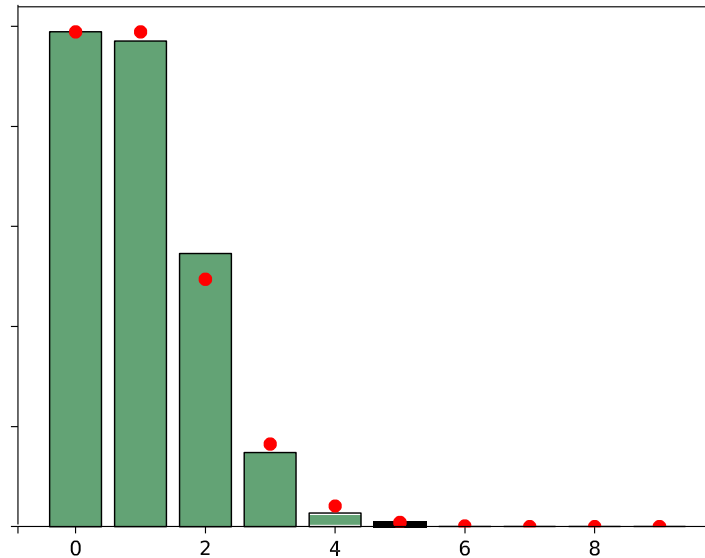
# Existen otras distribuciones

---

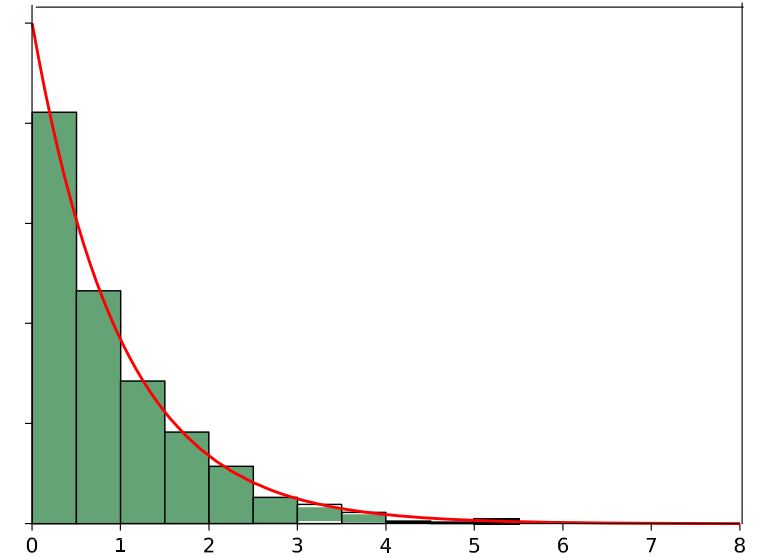
Distribución binomial



Distribución de Poisson



Distribución exponencial



# Actividad

---

**Medición del periodo de un faro** (objetivo: observar el efecto de la forma de medir y del método usado)

- Tomar **100 medidas de  $T$**  ( $N = 100$ ) con un cronómetro **empleando el destello de luz.**
- Tomar **100 medidas de  $T$  empleando el sonido del Faro, de espaldas al mismo.**

**Entrega (16/08)**

- Histogramas para ambos métodos (**colocar ejes con nombre y unidades**)
- Debajo de cada figura: N° de figura y epígrafe. Incluir resultado de  $T$  promedio y desviación estándar.