Sistemas de Adquisición de datos (DAQ)

Sistemas de adquisición de datos

Objetivo: obtener mediciones de variables o fenómenos físicos de interés.

Los sistemas de adquisición de datos típicamente convierten la medición de una señal analógica a un lenguaje digital para su almacenamiento y procesamiento con la computadora.

De esta forma podemos automatizar parte del proceso de medición y realizar los análisis correspondientes

Objetivos particulares de la práctica

- Medir el periodo de un péndulo de distintas longitudes

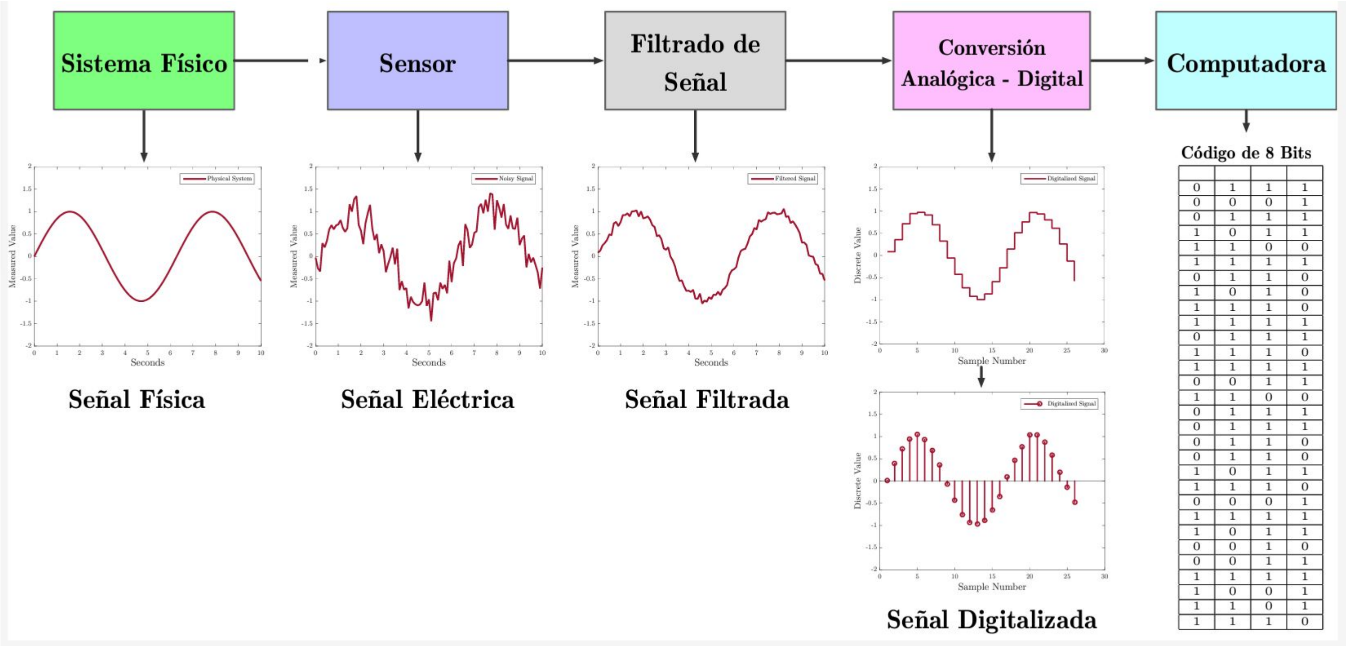
Objetivos particulares de la práctica

- Medir el periodo de un péndulo de distintas longitudes
- Automatizar la toma de datos

Objetivos particulares de la práctica

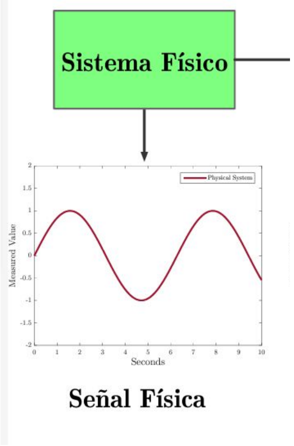
- Medir el periodo de un péndulo de distintas longitudes
- Automatizar la toma de datos
- Calcular el valor de la gravedad

Sistema digital de adquisición de datos ¿Qué es?



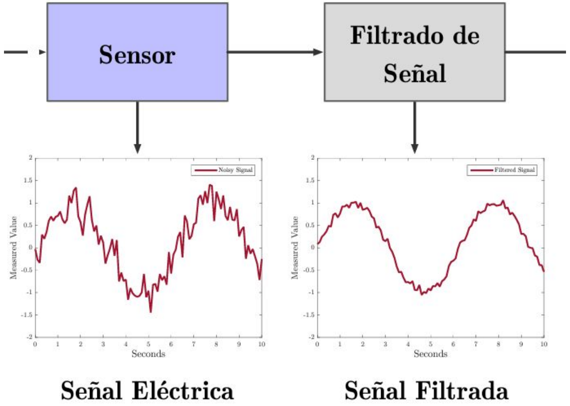
fuente: Wikipedia (https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos)

DAQ parte por parte



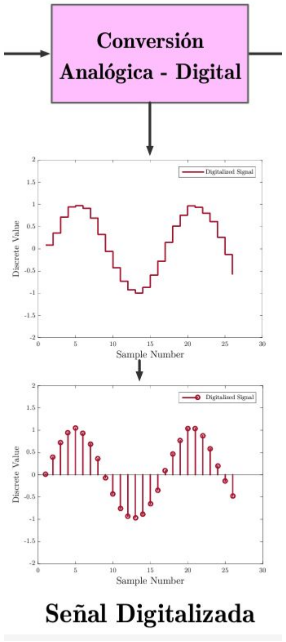
- Objetivo: obtener mediciones de variables o fenómenos físicos de interés
- Es el dato que queremos medir
- Próxima clase: Período del péndulo

DAQ parte por parte



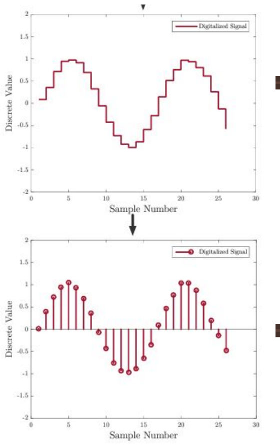
- Es el instrumento de medición
- Debe tener alguna propiedad sensible a la magnitud que se desea medir (entrada)
- La salida del sensor es una señal eléctrica cuyos valores están relacionados con la magnitud física que se quiere medir.
- Próxima clase: photogate o sensor de barrera

DAQ parte por parte



- DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y un PC.
- Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...) o ranuras de las tarjetas conectadas a (PCI, ISA) en la placa madre.
- Próxima clase: placa digitalizadora sensor Daq

Señales digitalizadas

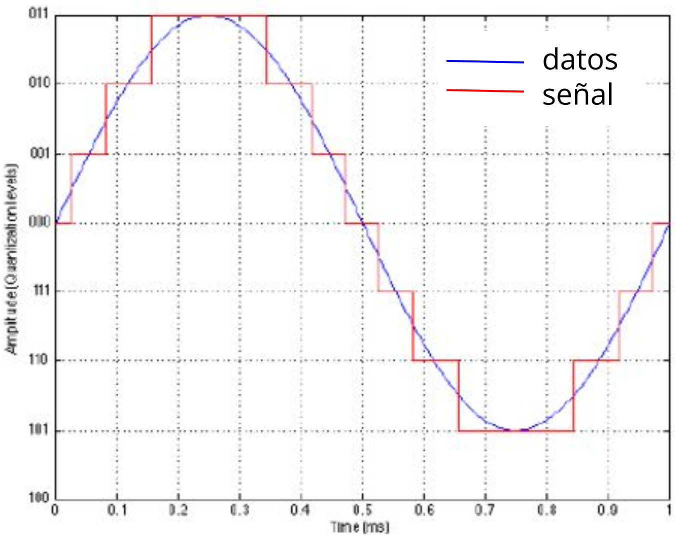


Señal Digitalizada

Número de bits: determina la resolución en voltaje

Frecuencia de adquisición: determina la resolución temporal de la digitalización.

Resolución: bits



- La señal no puede tomar valores intermedios.
- Cada dato medido se representa utilizando una dada cantidad de números binarios

Por ejemplo:

2 bits: [00 01 10 11] ⟶ 4 valores posibles

Resolución: bits

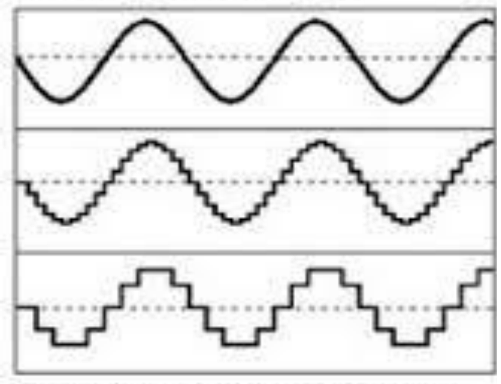
Bit	Valores
1 bit	2 valores
2 bits	4 valores
3 bits	8 valores
4 bits	16 valores
5 bits	32 valores
6 bits	64 valores
8 bits	256 valores
10 bits	1.024 valores
12 bits	4.096 valores
16 bits	65.536 valores
24 bits	16,7 millones de valores
32 bits	4.294 millones de valores
64 bits	18 trillones de valores

¿Cómo calculo la resolución?

$$\text{Resolución} = \frac{\text{Rango}}{\#\text{Valores}} = \frac{\text{Rango}}{2^{\#\text{bits}}}$$

x bits $\longrightarrow$ 2^x números

Algunos ejemplos



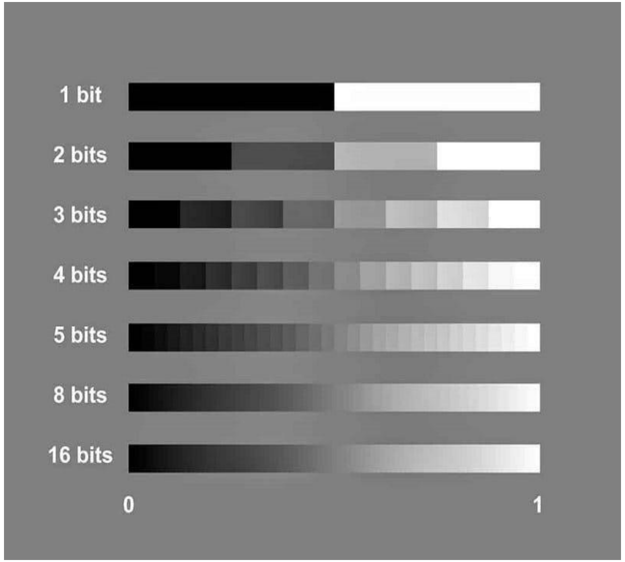
señal de sonido

medida con 16 bits

medida con 8 bits

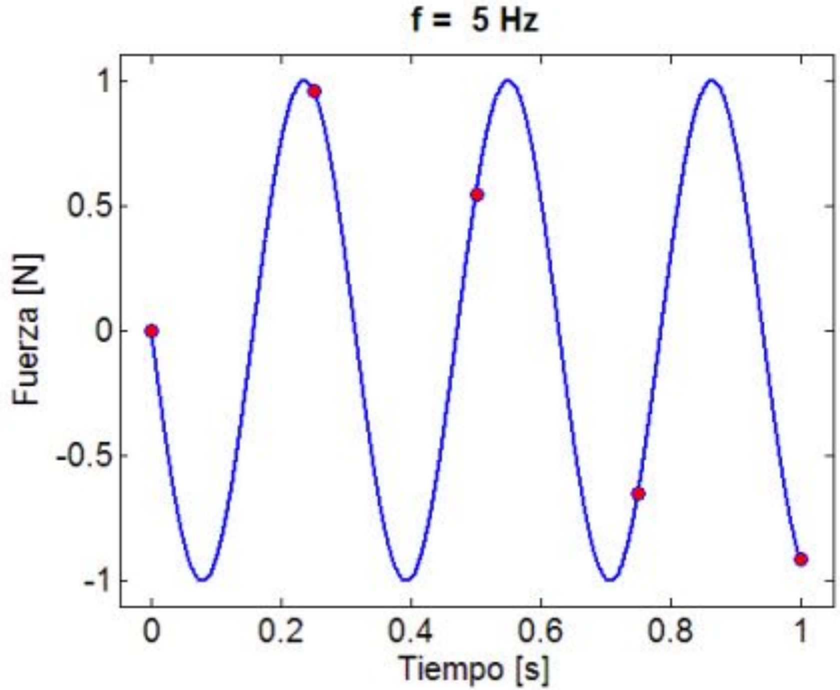
https://magroove.com/blog/es-mx/profundidad-de-bits/

Escala de grises



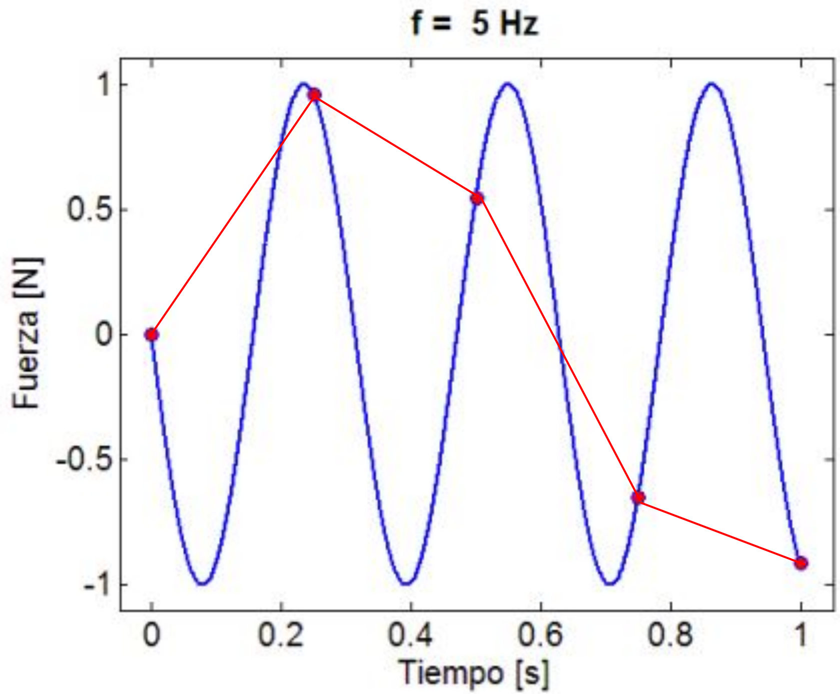
https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/que-es-mapa-bits/

Frecuencia de muestreo



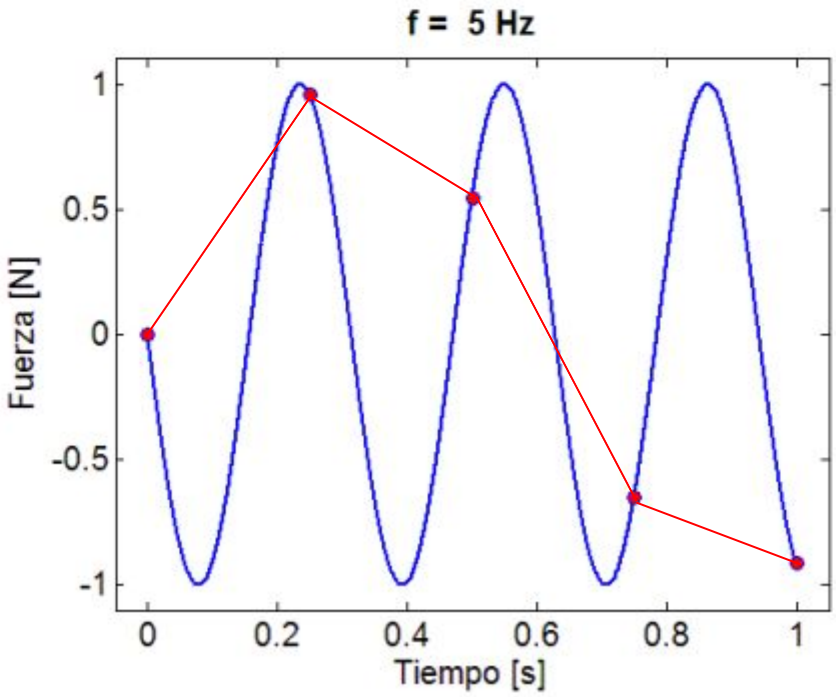
http://materias.df.uba.ar/labo1Aa2015c2/files/2015/09/Digitalizacion.pdf

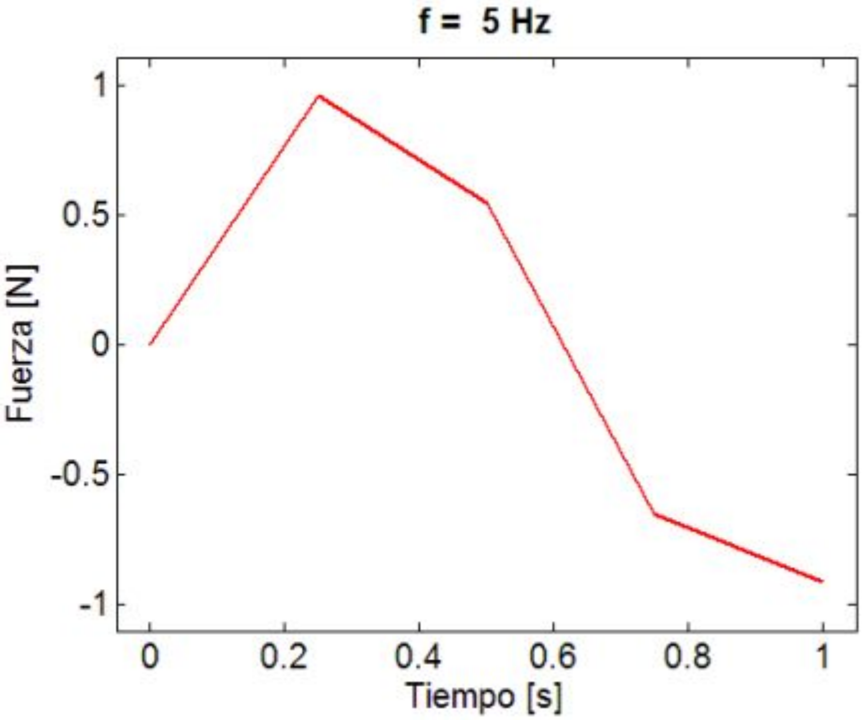
Frecuencia de muestreo



http://materias.df.uba.ar/labo1Aa2015c2/files/2015/09/Digitalizacion.pdf

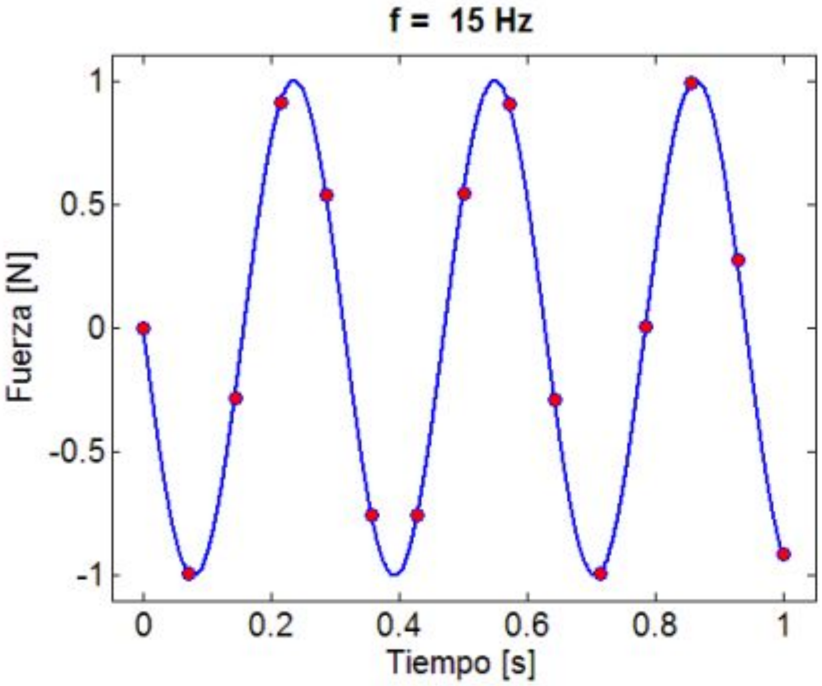
Frecuencia de muestreo



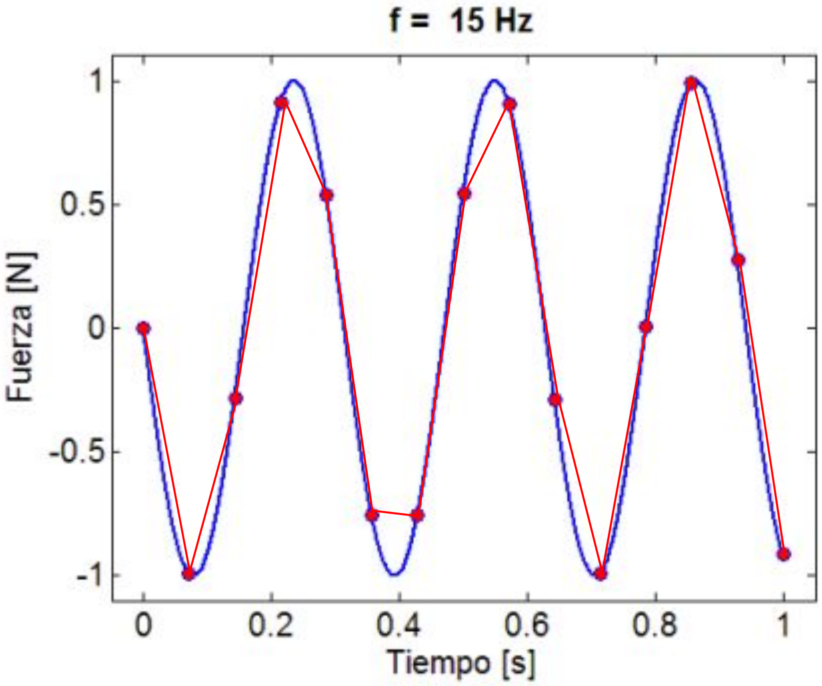


http://materias.df.uba.ar/labo1Aa2015c2/files/2015/09/Digitalizacion.pdf

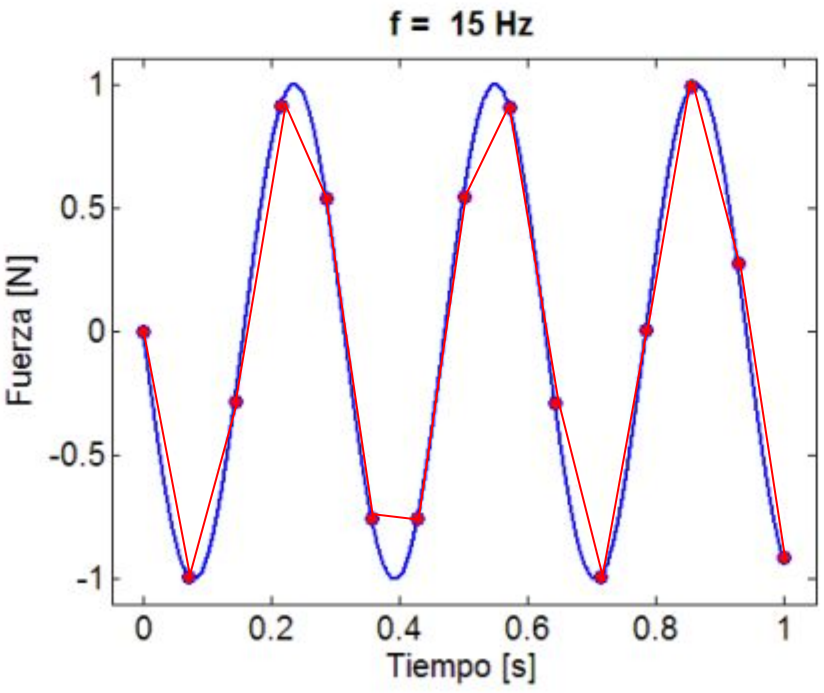
Frecuencia de muestreo

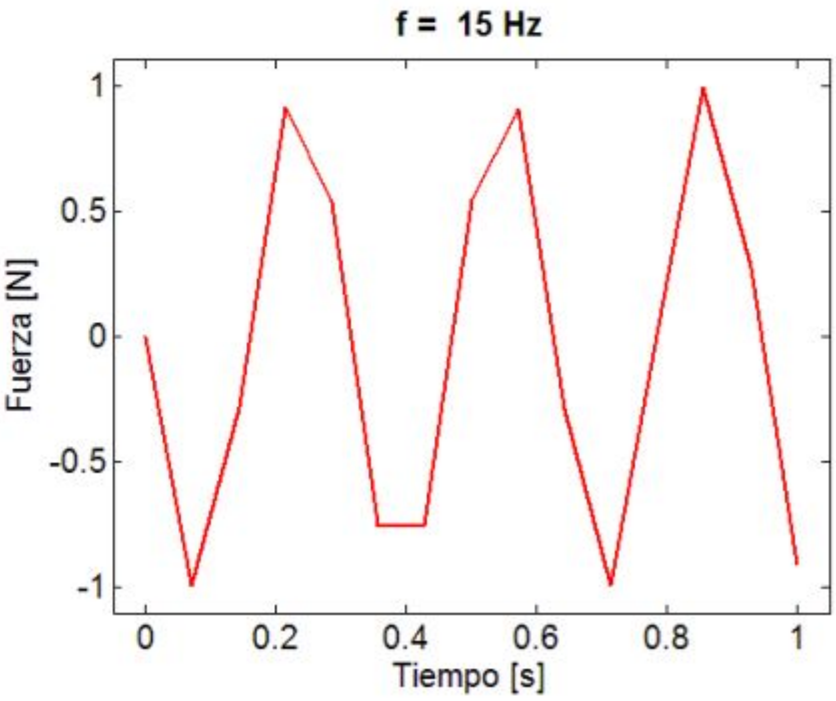


Frecuencia de muestreo

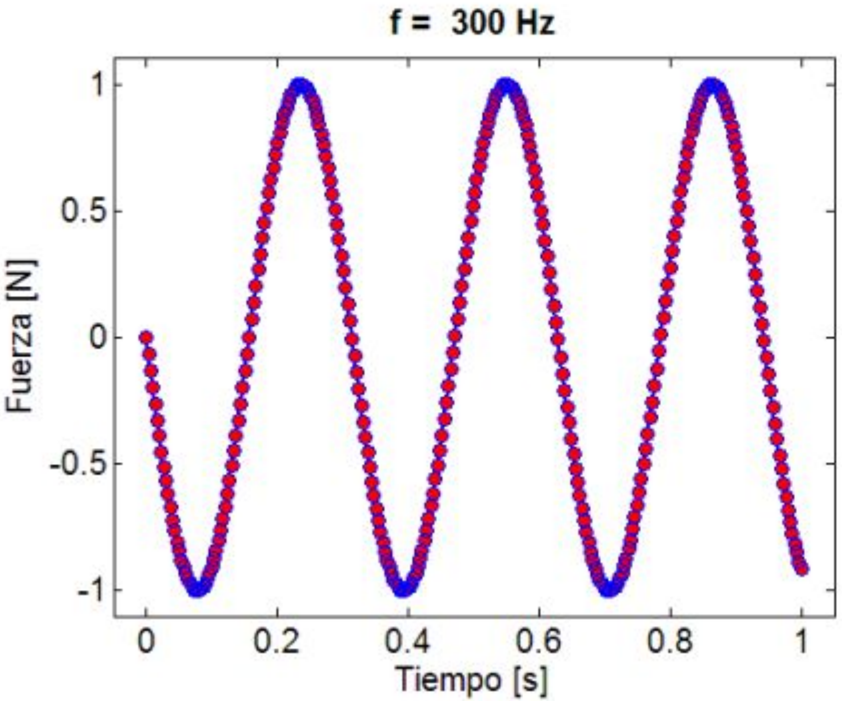


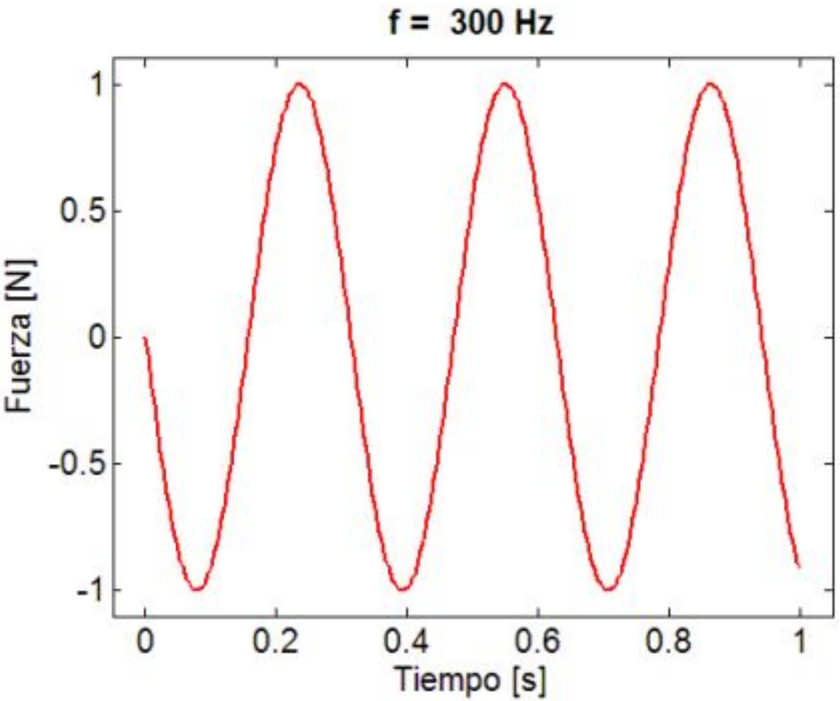
Frecuencia de muestreo





Frecuencia de muestreo





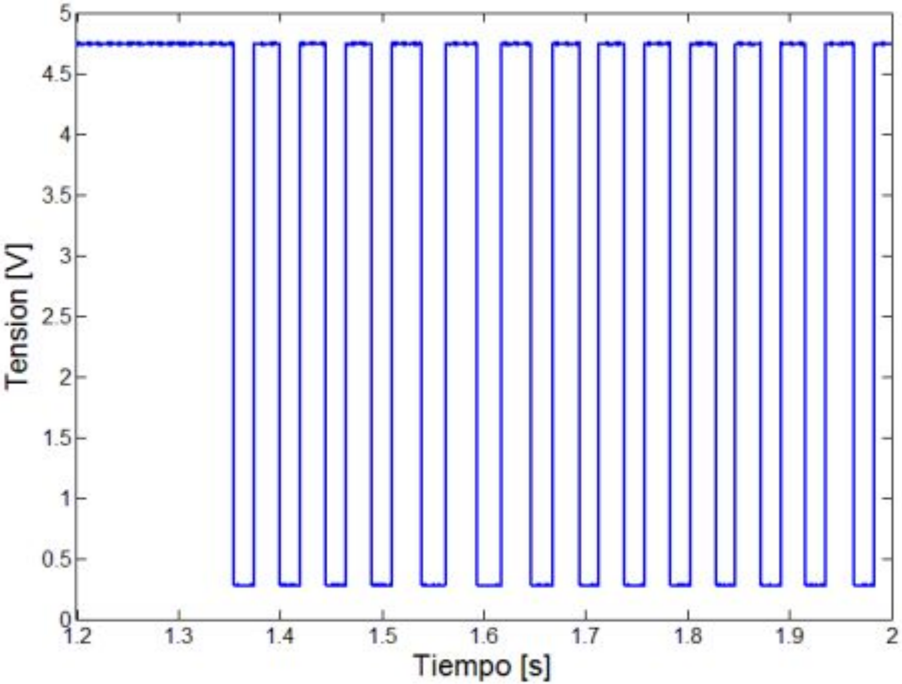
Objetivos particulares de la práctica

- Medir el periodo de un péndulo de distintas longitudes
- Automatizar la toma de datos
- Calcular el valor de la gravedad

Adquisición de datos de la clase

Objetivo: conocer el periodo del péndulo

Adquisición de datos de la clase



Objetivo: conocer el periodo del péndulo

Análisis datos photogate

Vamos a usar un código escrito especialmente por Mauro Silberberg, docente y estudiante de doctorado del departamento de física

(código original (consultado febrero 2024):

https://maurosilber.github.io/python-tutorial/laboratorio/photogate/paso_a_paso.html)

Para que se copien en colab:

https://colab.research.google.com/drive/1oF9FwDE9DM8GUiG4W7fKOOHNHXPGkmNu?usp=sharing

¿Cómo calculamos g?

Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

¿Cómo calculamos g?

Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Variando el largo, obtenemos distintos periodos. Pero g ¿varía? con qué valor nos quedamos

Regresiones lineales

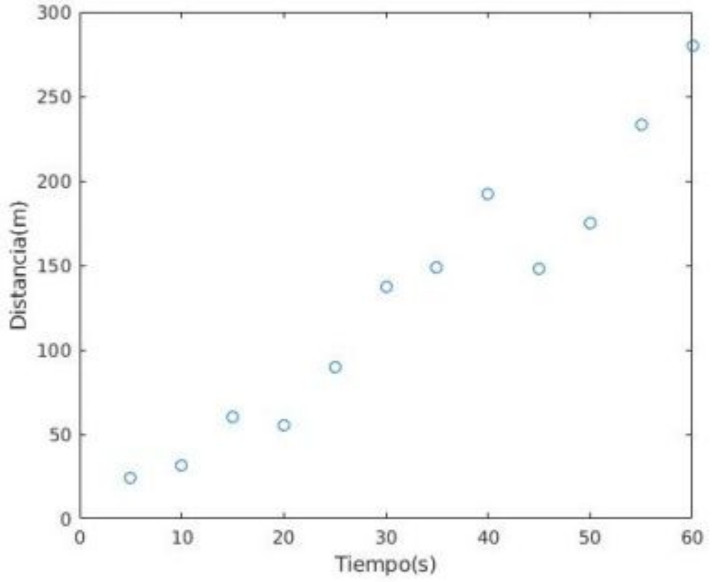
Presentación adaptada de presentaciones de Luz Bavassi, Maia Brodiano, Verónica Pérez Schuster y otros/as docentes del DF-Exactas UBA

Regresión Lineal

Buscamos encontrar modelos que ajusten y puedan predecir datos medibles del universo

- Datos → N pares de (xi;yi)

- Modelo → $$y = f(x) = b + m \cdot x$$

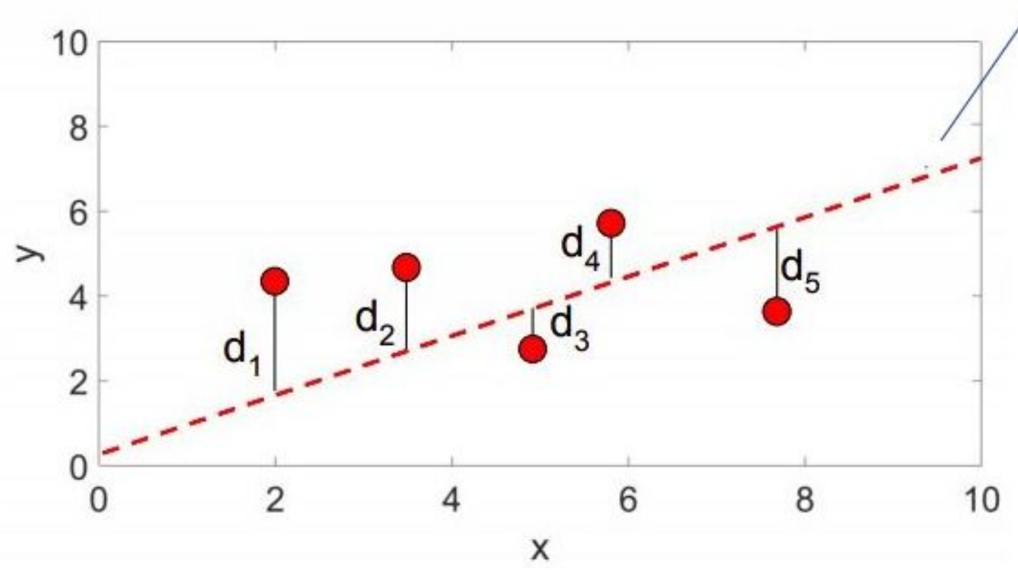


Buscamos los parámetros m y b que minimicen la distancia entre datos y modelo

Regresión Lineal

Buscamos los parámetros m y b que minimicen la distancia entre datos y modelo

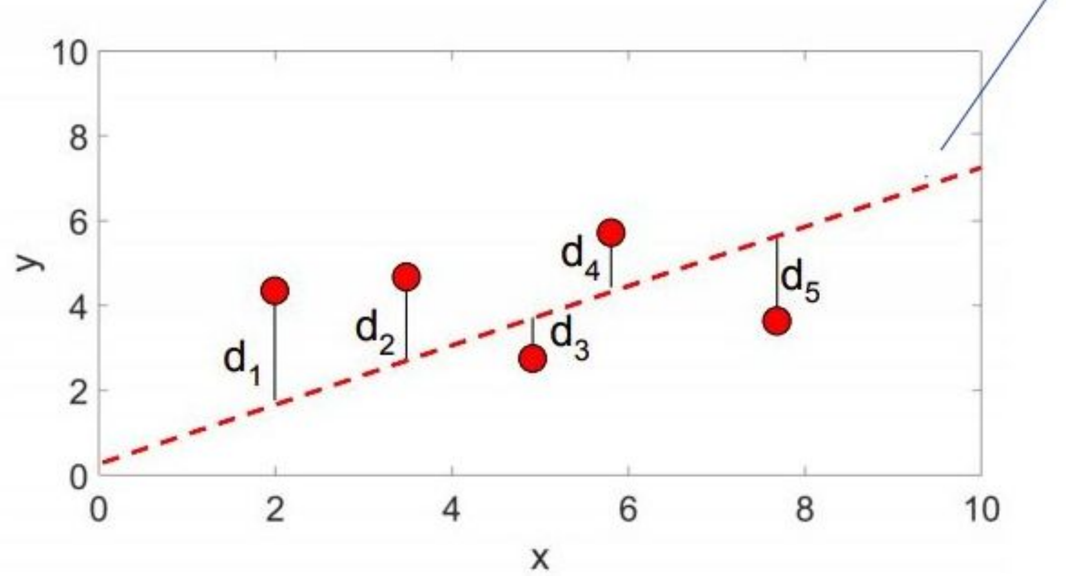
$$y = f(x) = b + m \cdot x$$



Regresión Lineal

Buscamos los parámetros m y b que minimicen la distancia entre datos y modelo

$$y = f(x) = b + m \cdot x$$



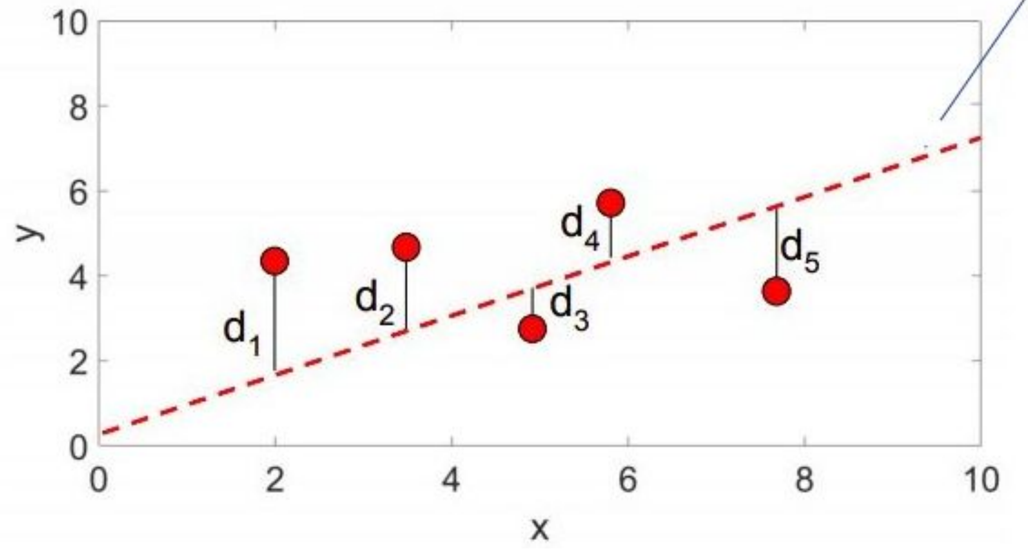
Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2$$

Regresión Lineal

Buscamos los parámetros m y b que minimicen la distancia entre datos y modelo

$$y = f(x) = b + m \cdot x$$



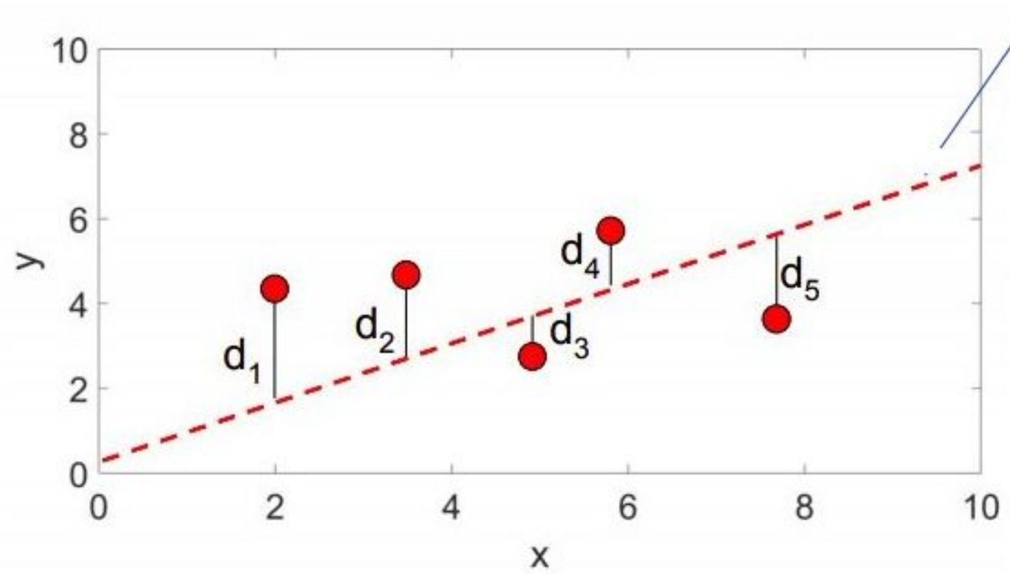
Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2+d_2^2+d_3^2+d_4^2+d_5^2$$

$$S(m,b) = \sum_{i=1}^{N} [y_i - (mx_i + b)]^2$$

Regresión Lineal

Buscamos los parámetros m y b que minimicen la distancia entre datos y modelo



$$y = f(x) = b + m \cdot x$$

Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2$$

$$S(m,b) = \sum_{i=1}^{N} [y_i - (mx_i + b)]^2$$

Residuos

La cuenta en si...

$$S(m,b)=\sum_{i=1}^{N}[y_i-(mx_i+b)]^2 \quad =\sum_{i=1}^{N}y_i^2+m^2\sum_{i=1}^{N}x_i^2+Nb^2+2mb\sum_{i=1}^{N}x_i-2m\sum_{i=1}^{N}x_iy_i-2b\sum_{i=1}^{N}y_i$$

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{\partial S(m,b)}{\partial m}=0\\[2em]\dfrac{\partial S(m,b)}{\partial b}=0\end{array}\right\}\quad\begin{array}{l}2m\sum_{i=1}^{N}x_i^2+2b\sum_{i=1}^{N}x_i-2\sum_{i=1}^{N}x_iy_i=0\\[2em]2Nb+2m\sum_{i=1}^{N}x_i-2\sum_{i=1}^{N}y_i=0\end{array}$$

$$m=\frac{N\sum x_iy_i-\sum x_i\sum y_i}{N\sum x_i^2-(\sum x_i)^2}$$

$$b=\frac{\sum x_i^2\sum y_i-\sum x_i\sum x_iy_i}{N\sum x_i^2-(\sum x_i)^2}$$

$\boxed{\text{Errores en x e y despreciables}}$

Para más detalles de las cuentas ---> Ver D. C. Baird. Prentice Hall (1991).
Apéndice 2

Teniendo en cuenta los errores

- Errores en x e y despreciables

- Considero errores en y
- Considero que en x son despreciables

$$S(m,b) = \sum_{i=1}^{N} [y_i - (mx_i + b)]^2$$

(sin errores)

VS

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{y_i - (mx_i + b)}{\sigma_i} \right]^2$$

(con errores)

cuadrados mínimos ponderados

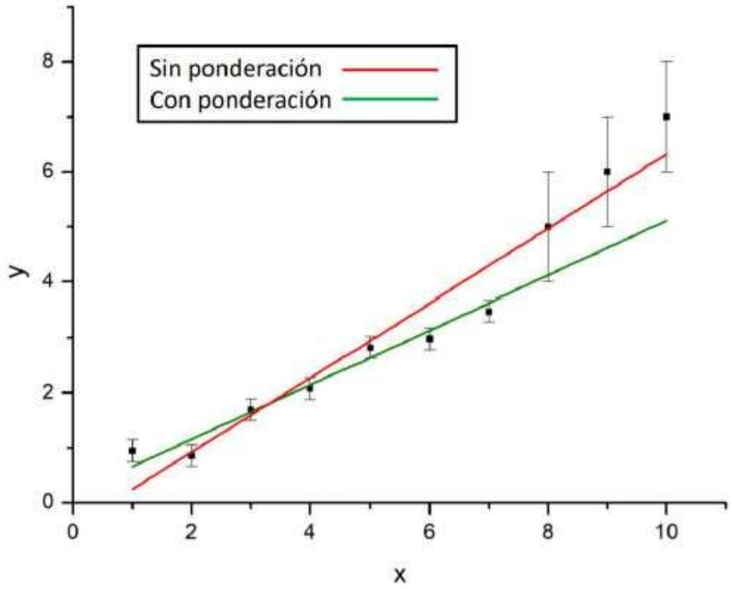
Cuadrados mínimos ponderados

Hasta ahora, sólo consideramos a los residuos como error, pero ¿Existe un método que tenga en consideración los errores de cada medición para obtener la recta? ¿Qué pasa si los puntos no pesan lo mismo?

En lugar de minimizar la suma de los residuos, minimizamos χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$

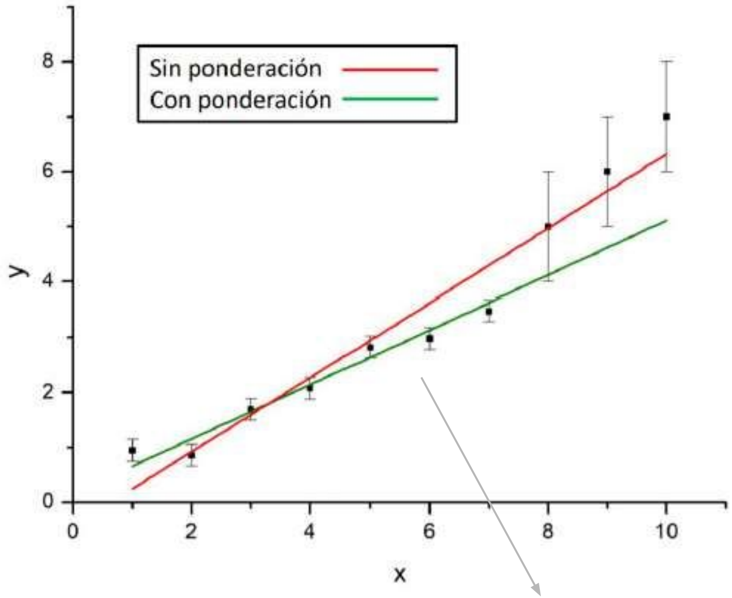
Resumiendo



$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$ → Ponderados

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2$$ → No Ponderados

Resumiendo

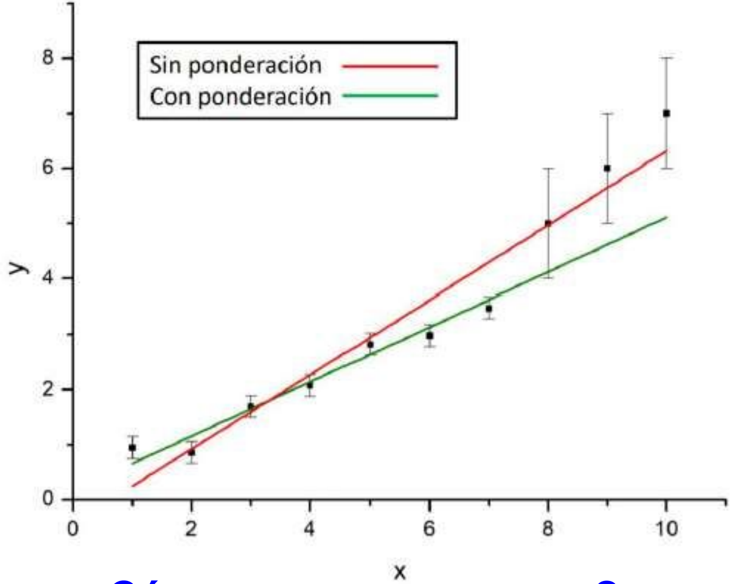


$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$ → Ponderados

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2$$ → No Ponderados

Son más relevantes las medidas con menor incerteza!

Resumiendo



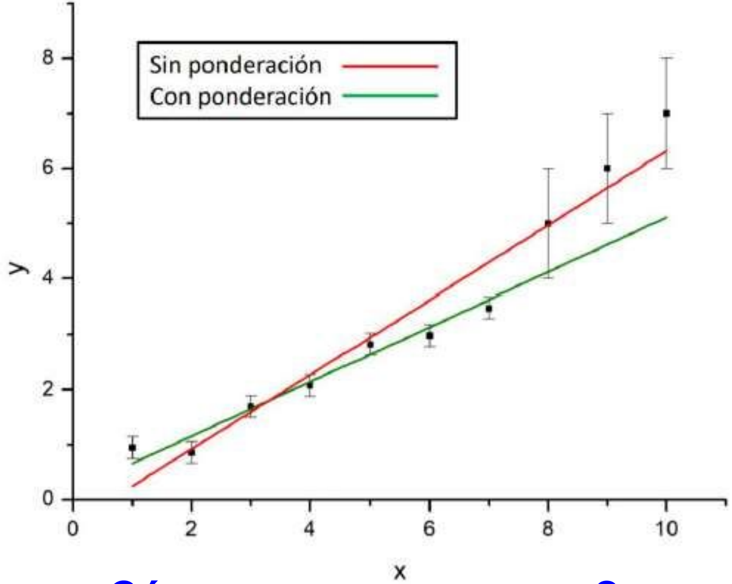
¿Cómo comparar errores?

$$\Delta x \leq \Delta y$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \boxed{\text{Ponderados}}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \boxed{\text{No Ponderados}}$$

Resumiendo



¿Cómo comparar errores?

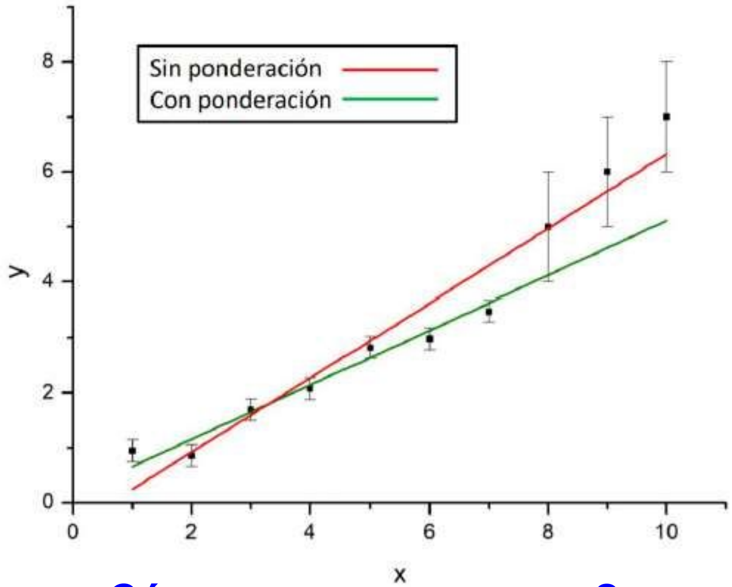
$$\Delta x \leq \Delta y$$

Pueden tener
distinta magnitud

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$ → Ponderados

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2$$ → No Ponderados

Resumiendo



¿Cómo comparar errores?

$\cancel{\Delta x \leq \Delta y}$

~~Pueden tener distinta magnitud~~

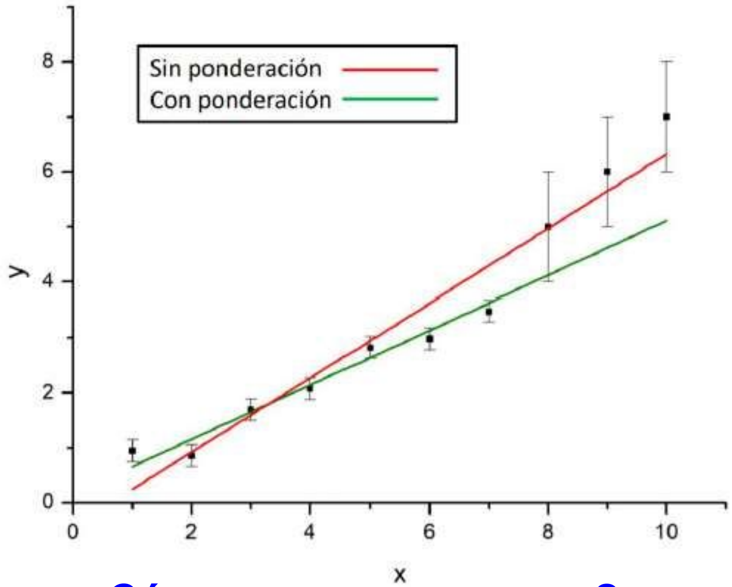
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i-(mx_i+b))}{S_i}\right]^2$$

Ponderados

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2$$

No Ponderados

Resumiendo



$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \boxed{\text{Ponderados}}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \boxed{\text{No Ponderados}}$$

¿Cómo comparar errores?

$$\cancel{\Delta x \leq \Delta y}$$

~~Pueden tener distinta magnitud~~

$$\Longrightarrow \boxed{\frac{\Delta x}{x} \leq \frac{\Delta y}{y}}$$

¿Qué tan bueno es el ajuste?

Coeficiente de Pearson r → Medida de la dependencia lineal entre dos variables

Chi-cuadrado χ^2 → Medida de la verosimilitud de un modelo o ajuste

Residuos → Distribución de los datos respecto de la recta

Coeficiente de Pearson

Sean dos variables **x** e **y** de las cuales queremos ver la existencia de una correlación,

$$r = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y};$$

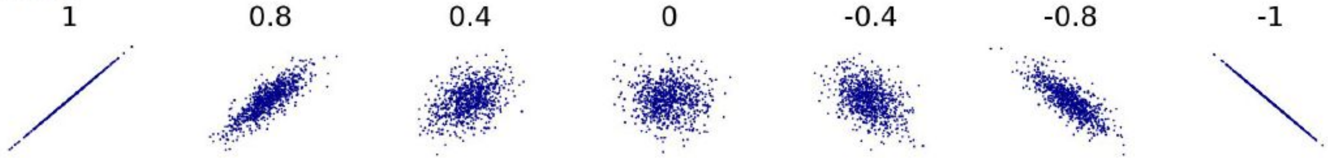
$$\begin{cases} Cov(x,y) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y}) \\ \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})}{N}} \\ \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y})}{N}} \end{cases}$$

Si **x** e **y** están correlacionados linealmente:

$$|r| = 1$$

Su signo va a depender de la pendiente de la recta

En origin tenemos el R^2(adj Rsquare).



Chi cuadrado

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(O_i - E_k)^2}{\sigma_i^2} \longrightarrow \chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$

$\longrightarrow$ Residuos

$\longrightarrow$ Medida del error

Con Oi los datos observados y Ek los datos ajustados. En general, para cualquier ajuste:

En un ajuste lineal, ajustamos m y b y comparamos contra N-2

$$\chi^2 \approx \nu = N - k$$

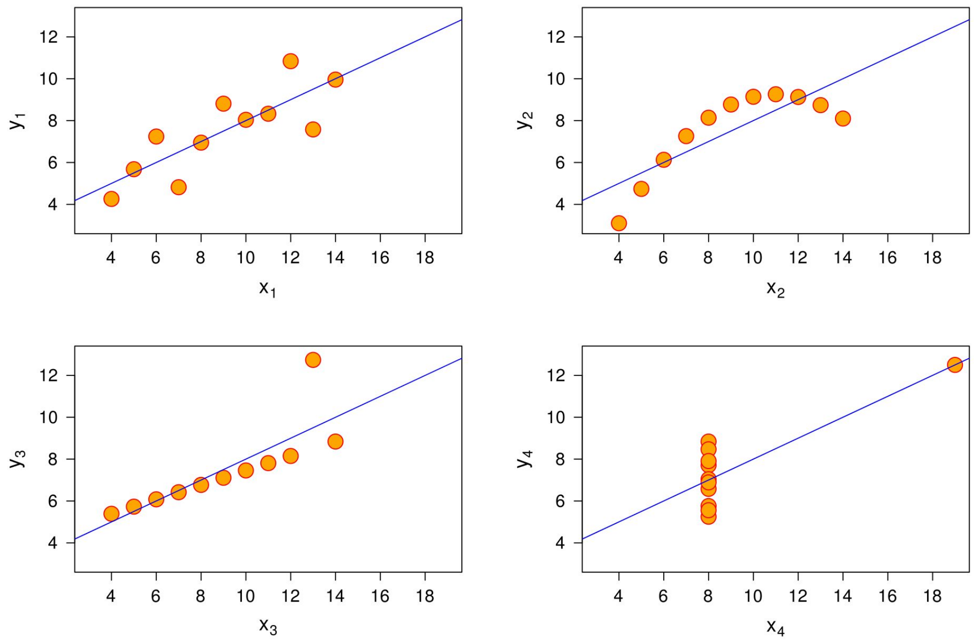
ν: Grados de libertad

k: Cantidad de parámetros $\longrightarrow$ Tenemos una relación entre las variables (vínculo)

Chi cuadrado reducido

$$\chi^2_\nu = \frac{\chi^2}{\nu} = \frac{\chi^2}{N-k} \begin{cases} \chi^2_\nu \approx 1 \\ \chi^2_\nu << 1 \longrightarrow \text{Incertezas sobreestimadas} \\ \chi^2_\nu >> 1 \end{cases}$$

Cuarteto de Anscombe

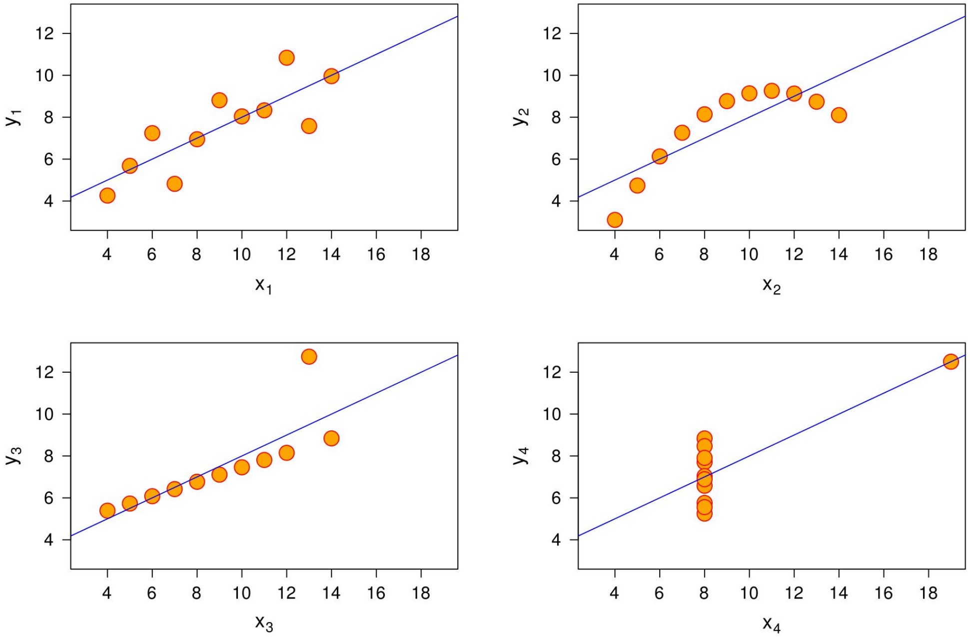


Adaptado de F.J. Anscombe, "Graphs in Statistical Analysis," American Statistician, 27 (1973), 17-21

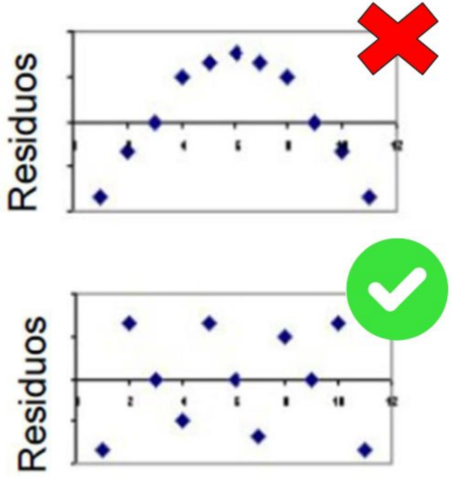
Estos cuatro gráficos poseen las mismas propiedades estadísticas,

Propiedad	Valor
Media de cada una de las variables *x*	9.0
Varianza de cada una de las variables *x*	11.0
Media de cada una de las variables *y*	7.5
Varianza de cada una de las variables *y*	4.12
Correlación entre cada una de las variables *x* e *y*	0.816
Recta de regresión	$y = 3 + 0.5x$

Cuarteto de Anscombe

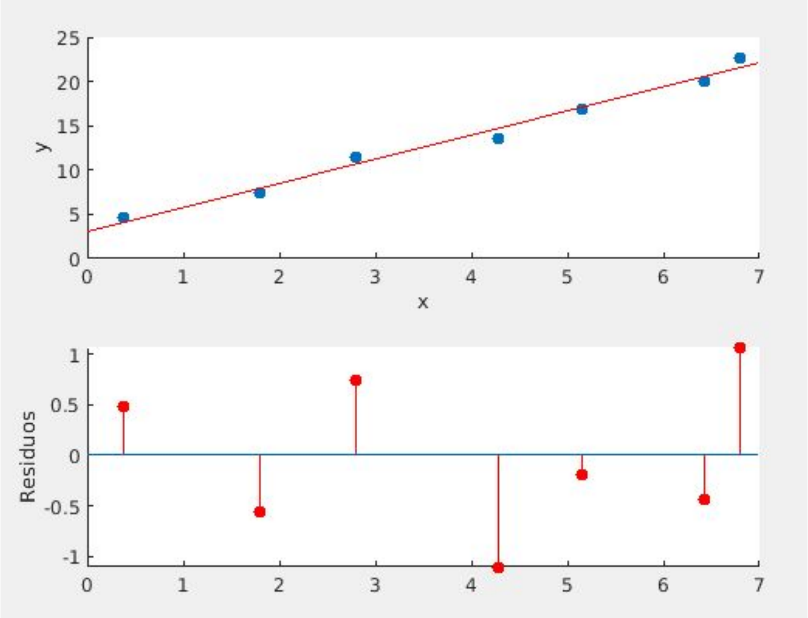


En los casos 2,3 y 4, la distribución de los datos alrededor de la recta no es normal (gaussiana). Tienen estructura (no son aleatorios los puntos).



Adaptado de F.J. Anscombe, "Graphs in Statistical Analysis," American Statistician, 27 (1973), 17-21

Análisis de residuos. Mirar las distancias de los datos al modelo

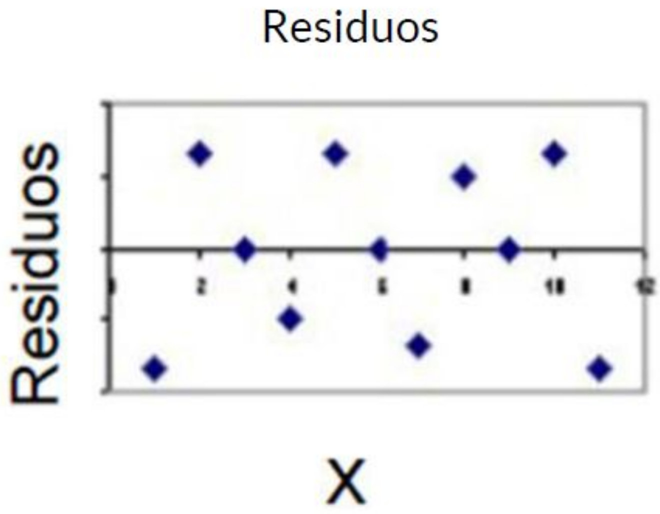


¡No tienen que tener estructura!

¿Qué usamos?

$$|r| \approx 1$$

$$\chi^2_\nu \approx 1$$



Veamos como implementarlo

Para eso vamos a usar ver “datos” y analizarlo

Volvemos a usar un código de Mauro Silbelberg

https://colab.research.google.com/drive/1TDbHt-4yoaerDftoGCvHuahgMnIQFEDo?usp=sharing

Trabajo en clase

¿Cómo calculamos g?

Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Variando el largo, obtenemos distintos periodos.
Ahora sabemos que podemos usar ajuste lineal por cuadrados mínimos

¿Cómo calculamos g?

Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

$$T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Problema: ¡¡esta ecuación no es lineal!!

Variando el largo, obtenemos distintos periodos.
Ahora sabemos que podemos usar ajuste lineal por cuadrados mínimos

Linealizamos la ecuación

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

T no está relacionada de forma lineal con la longitud l

Hago un cambio de variables

$$\underbrace{T}_{y} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\underbrace{\sqrt{l}}_{x} \longrightarrow m = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$$

$$\underbrace{T^2}_{y} = \frac{4\pi^2}{g}\underbrace{l}_{x} \longrightarrow m = \frac{4\pi^2}{g}$$

Para pensar

¿Qué pasa si tengo un error sistemático en la medición del largo (l)?

Según nuestra hipótesis, la recta no tiene ordenada al origen, ¿Que espero que me de el valor de la ordenada en el ajuste?

Para la clase del miércoles

- Fijense que frecuencia de muestreo tienen que usar, para eso piensen como tiene que ser la señal y que pasa si tienen baja frecuencia

- Observen cómo es su medida cuando el sensor está obstruido (¿vale 0 o vale 5?)
- Recuerden las hipótesis para que sea válida la fórmula del periodo del péndulo, ¿Se están cumpliendo?