

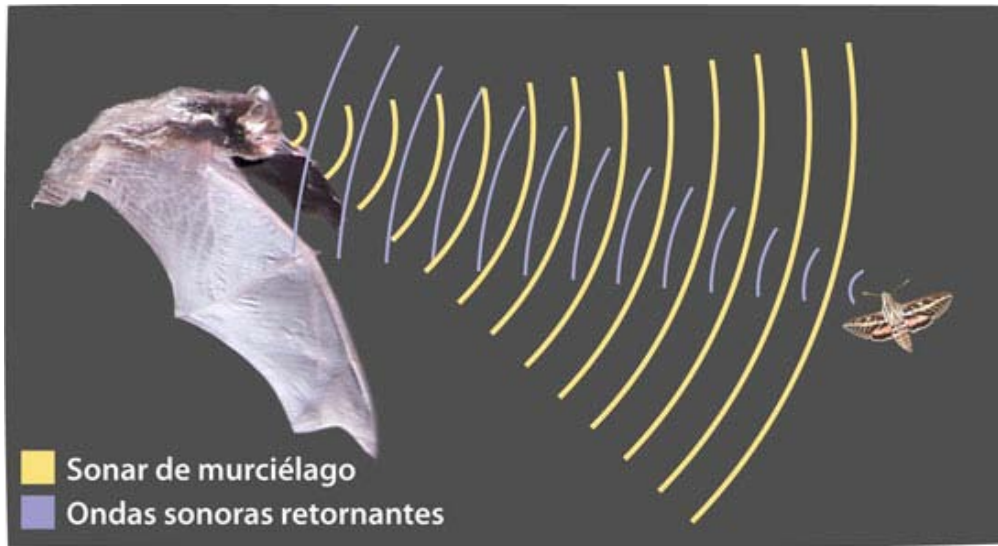
# Plano inclinado y sensor de posición

## Objetivos:

- ✓ Medir la aceleración de un móvil en un plano inclinado.
- ✓ Continuar con el uso del software de adquisición de datos: incorporar y calibrar un nuevo sensor.
- ✓ Procesar datos:
  - Reforzar el uso de técnicas de linealización y cuadrados mínimos.
  - Consolidar conocimientos de las clases anteriores.

## Sensor de movimiento

- Sensores de ultrasonido → utilizados para medidas de posición.

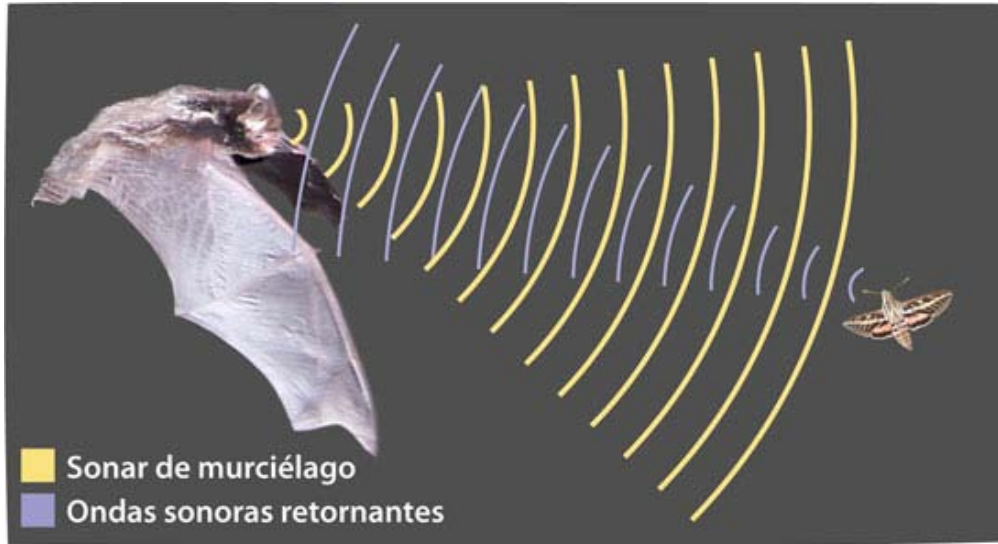


Eco localización (SONAR)

- Sensores de ultrasonidos de bajo costo → mismo transductor se utiliza como emisor y receptor.

## Sensor de movimiento

- Sensores de ultrasonido → utilizados para medidas de posición.



Eco localización (SONAR)

- Sensores de ultrasonidos de bajo costo → mismo transductor se utiliza como emisor y receptor.

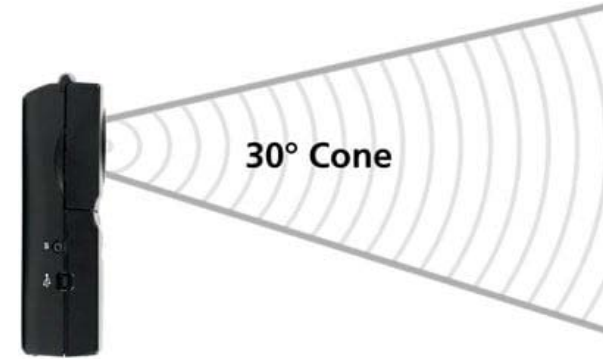
### Características Motion Detector (Vernier): ver manual

- $f_m = 60 \text{ Hz}$  (máxima)
- Resolución (dato del manual): 1mm
- Respuesta lineal
- Canal DIG del sensorDAQ
- Rango: 0.15 m - 6 m (medición de la posición de un objeto)



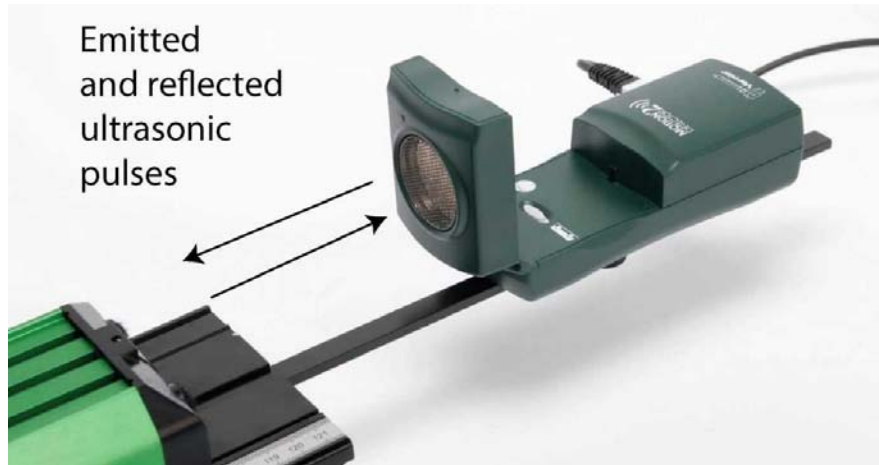
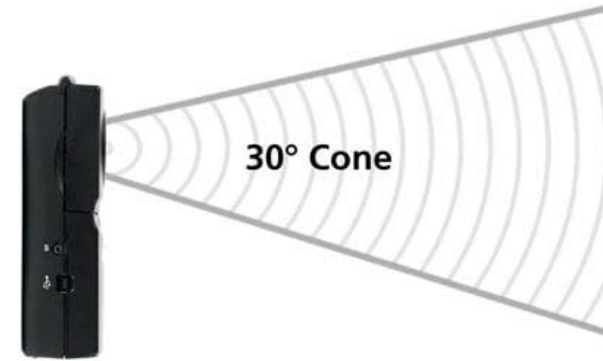
## ¿Cómo trabaja el sensor?

1- Transductor (delgada lámina de oro) → emite ondas de ultrasonido (49.4 kHz) en un cono de  $\approx 30^\circ$ . Estas ondas viajan a una velocidad  $v_{sonido} = 343 \text{ m/s}$ .



# ¿Cómo trabaja el sensor?

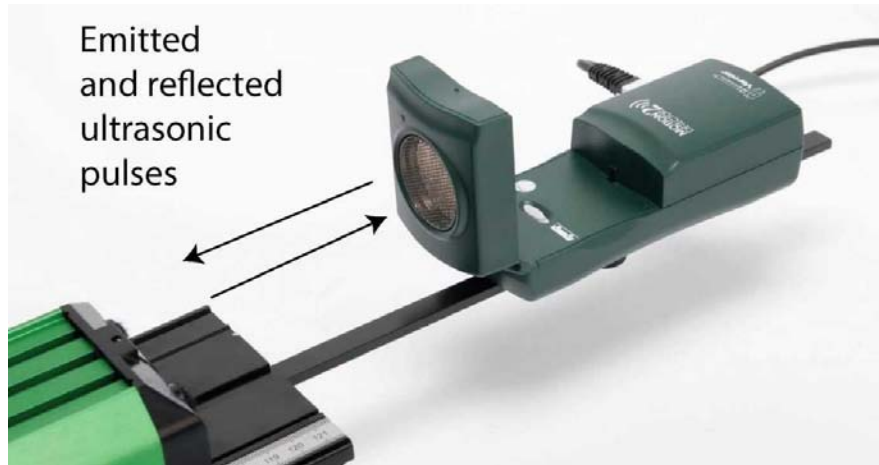
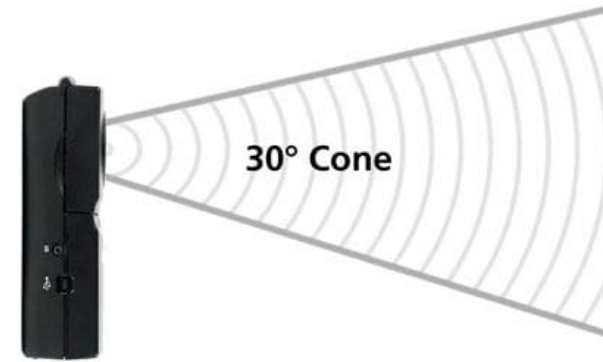
1- Transductor (delgada lámina de oro) → emite ondas de ultrasonido (49.4 kHz) en un cono de  $\approx 30^\circ$ . Estas ondas viajan a una velocidad  $v_{sonido} = 343 \text{ m/s}$ .



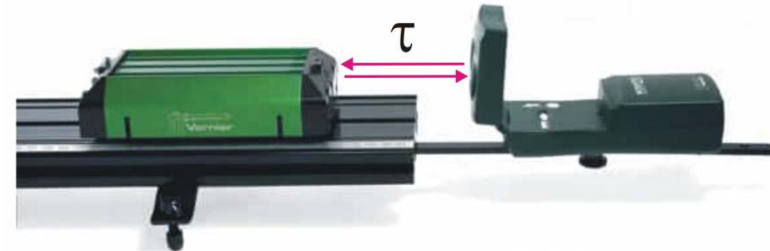
2- Las ondas de ultrasonido chocan con algún objeto y rebotan. Transductor → recibe el eco producido por el obstáculo ("escucha" el eco de ultrasonido).

# ¿Cómo trabaja el sensor?

**1-** Transductor (delgada lámina de oro) → emite ondas de ultrasonido (49.4 kHz) en un cono de  $\approx 30^\circ$ . Estas ondas viajan a una velocidad  $v_{sonido} = 343 \text{ m/s}$ .



**2-** Las ondas de ultrasonido chocan con algún objeto y rebotan. Transductor → recibe el eco producido por el obstáculo ("escucha" el eco de ultrasonido).



**3- ¿Cómo mide distancia?** → Mide el tiempo entre la emisión del sonido y la recepción del eco, y, utilizando la velocidad  $v_{sonido}$  en el aire, calcula la distancia  $D$ .

$$D = v_{sonido} \frac{\tau}{2}$$

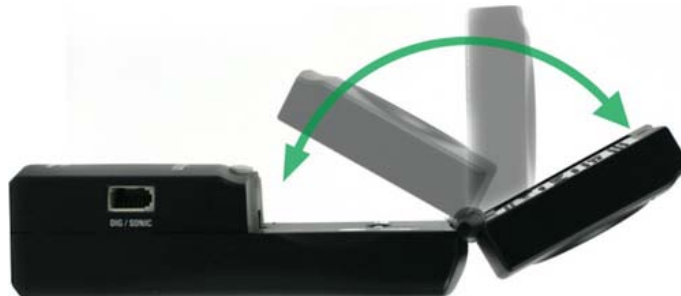
## Precauciones y otros comentarios

- ¿Cómo me doy cuenta si el sensor está funcionando? → Sensor emite un pulso de la zona audible.
- Verificar que la señal no se refleje en el riel.
- Evitar objetos dentro del cono de ultrasonido. Esto puede afectar la medición
- Asegurarse de medir dentro del rango de trabajo del sensor (0,15 m a 6 m).

- Sensibilidad regulable →



- Cabezal rotante →



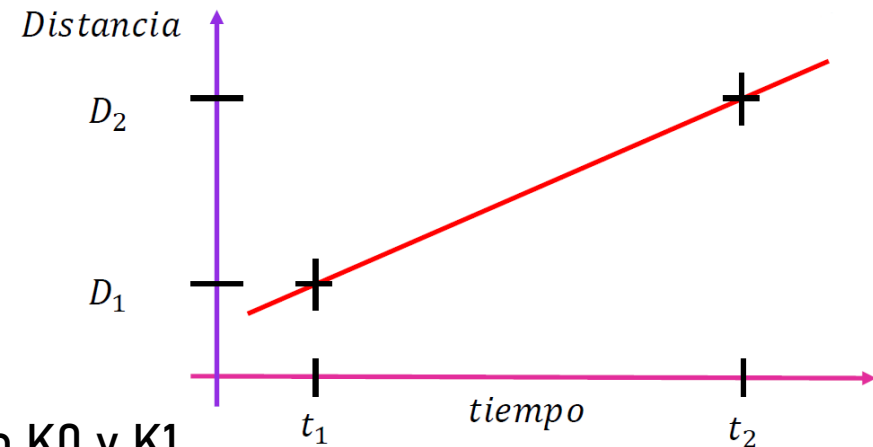
## Calibración el sensor

- Para que el sensor arroje una posición en metros lo tenemos que calibrar.
- Necesitamos definir una función que transforme tiempo en distancia (recordar que el sensor mide el tiempo entre emisión y eco)
- Respuesta del sensor: lineal → necesito 2 distancias para la calibración

$$\text{Distancia} = K_0 + K_1 \cdot \text{tiempo}$$

$K_0$  y  $K_1$  son constantes

$D_1$  y  $D_2$ : distancias conocidas  
 $t_1$  y  $t_2$ : lecturas de tiempo. } Determino  $K_0$  y  $K_1$



- Importante: Chequear calibración.

**Obs 1:** No conozco la ubicación de la lámina de oro. Cuando mido  $D_1$  y  $D_2$ , considerar mismo "origen".

**Obs 2:** Elegir  $D_1$  y  $D_2$  de manera que cubran el rango de interés.



Selección y configuración de canales

Canal 1 Canal 2 Canal 3 AIO All **Canal DIG**

Motion detector  
**OFF**

ON

Guardar calibración

Cargar calibración

**Calibración automática**

Ecuación DIG  
 $d = K0 + K1 \cdot t$

Unidades  
metros

K0  
0

K1  
0

Ayuda Cancelar Aplicar

Calibración automática



Calibracion\_Motion\_Detector.vi

Calibracion automática

Medir tiempo 1 N° Muestras 5 Medir tiempo 2

Tiempo 1 medido (ms) 0 Tiempo 2 medido (ms) 0

Desviacion Std Tiempo 1 0 Desviacion Std Tiempo 0

Distancia asignada 1 (m) **0,00** Distancia asignada 2 (m) **0,00**

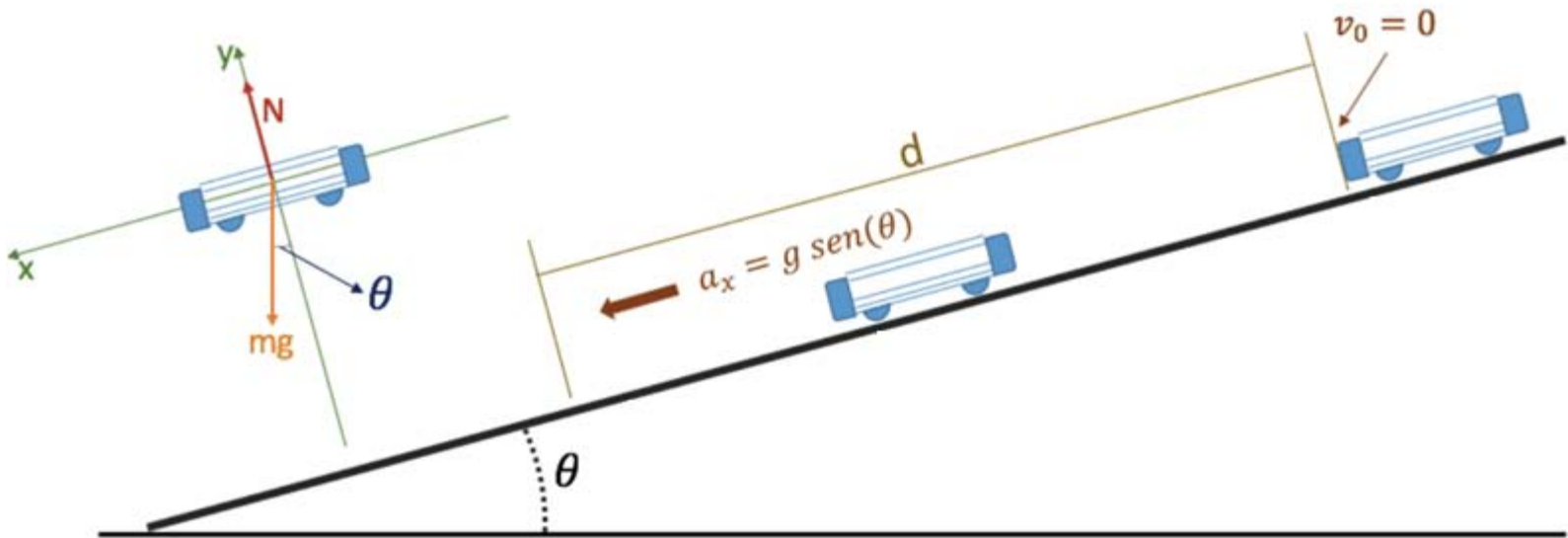
**Calcular coeficientes** Formula:  $D = K0 + t \cdot K1$

K0 0 K1 0

Se recomienda realizar una medición posterior a la calibración para verificar la linealidad y rango de la misma.

Ayuda Cancelar Aplicar

# Carrito en plano inclinado



Cuerpo moviéndose unidimensionalmente sobre un plano inclinado

Diagrama de fuerzas + 2da ley de Newton:

$$\begin{aligned} \sum F_y) \quad N - m g \cos(\theta) &= m a_y = 0 \Rightarrow N = m g \cos(\theta) \\ \sum F_x) \quad m g \sin(\theta) &= m a_x \Rightarrow a_x = g \sin(\theta) \end{aligned}$$

Solución (MRUV):

$$x = x_0 + v_0 (t - t_0) + \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$$

Como  $a = g \sin \theta$ , uso este modelo para hallar  $g$

(sin rozamiento)

Solución (MRUV): 
$$x = x_0 + v_0 (t - t_0) + \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$$

Si  $v_0 = 0 \Rightarrow x = x_0 + \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$

$$x - x_0 = \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$$

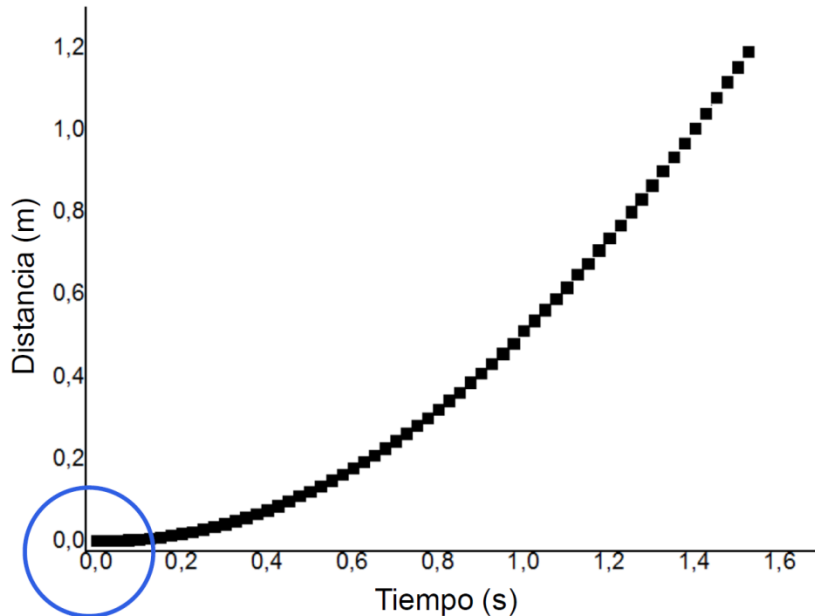
Puedo definir nuevas variables:

$$x' = x - x_0$$

$$t' = t - t_0$$



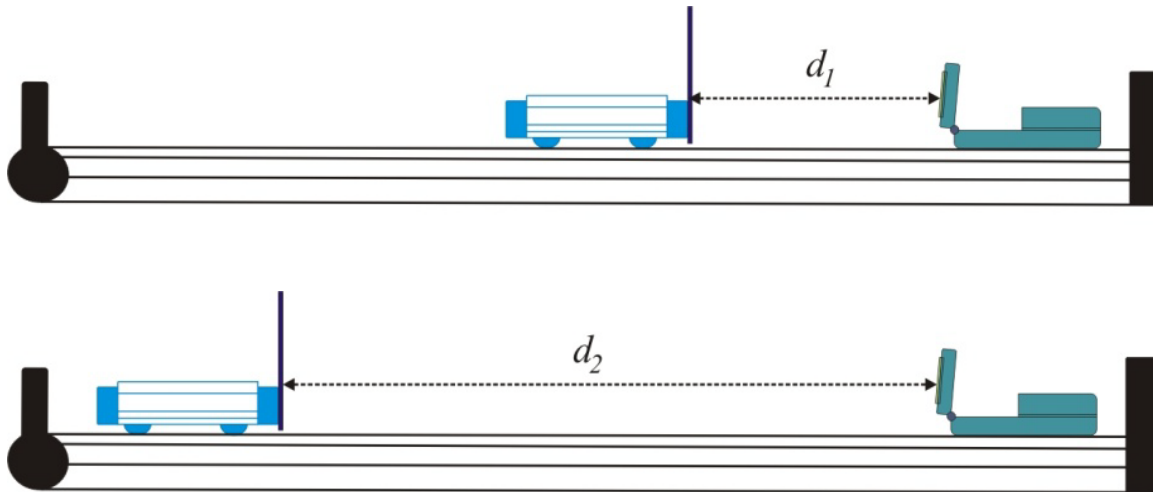
$$x' = \frac{1}{2} a (t')^2$$



Para poder aplicar esta ecuación necesito que las mediciones tengan esta pinta.

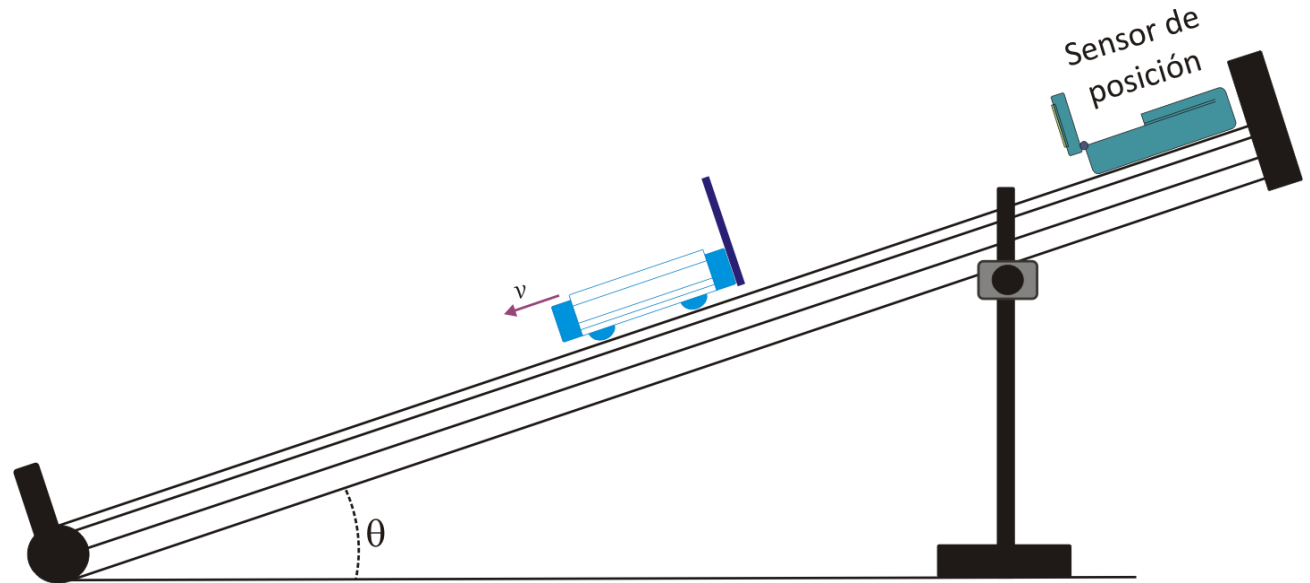
# Experimento

- Recuerde habilitar un canal analógico (por ejemplo, conectando un photogate) en la placa SensorDAQ para contar con un registro continuo del tiempo.
- Calibrar el sensor de posición. **Chequear la calibración.**



- Determinar la incerteza en la posición y en el tiempo (ver guía de la práctica).  
**Incerteza en la posición** → error de la placa de adquisición + error del sensor.

# Experimento



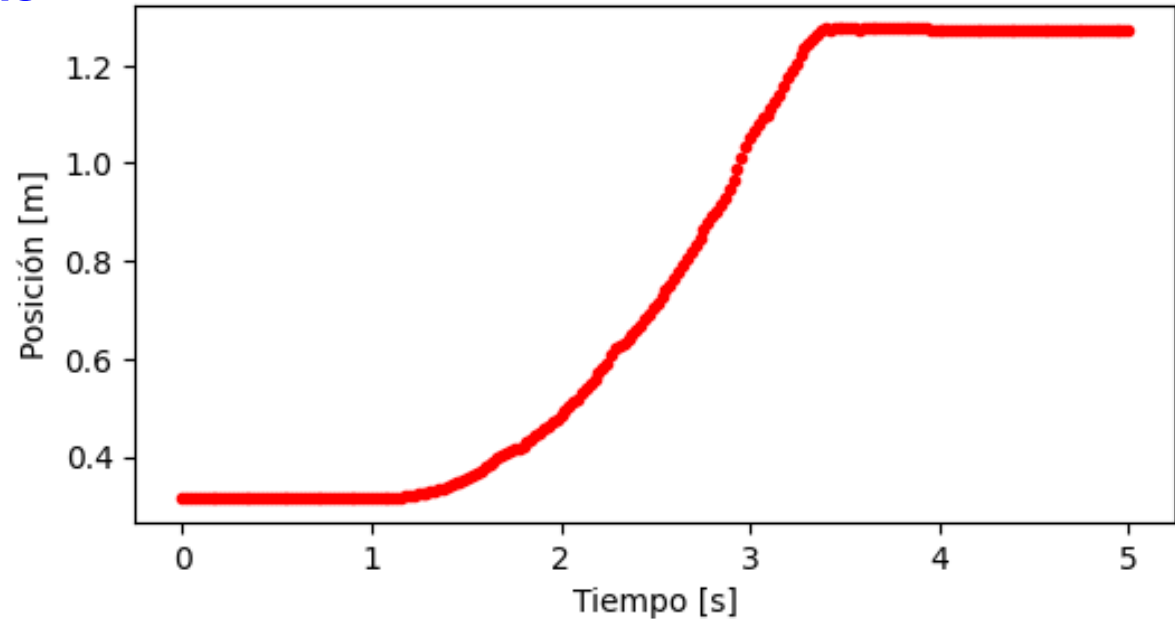
- Discutir hipótesis.
- Limpiar el riel.
- Usar un nivel para asegurarse que el riel no quede inclinado hacia uno de los costados.
- Revisar que todas las ruedas del carrito giren bien.
- Realizar pruebas preliminares para definir tiempo de medición y la frecuencia de muestreo.
- Medir cuidadosamente el ángulo  $\theta$  y determinar su incerteza.

# Actividades

- Usando el sensor de posición, medir para **3 ángulos  $\theta$**  diferentes la posición del carrito cuando viaja por un plano inclinado.
- Graficar posición vs. tiempo con sus respectivas incertezas.
- Aplique una estrategia de linealización: cambio de variables:  $u=t^2$ . Calcular sus correspondientes incertezas y graficar.
- Realizar un ajuste lineal y evaluar la calidad del ajuste utilizando los parámetros de bondad.
- Calcular el valor de la aceleración de la gravedad  $g$  y compararlo con los de la práctica anterior y con el valor de referencia tabulado. ¿Qué diferencias observa en precisión y exactitud?
- Discuta los posibles efectos del rozamiento y otros factores sistemáticos.
- Evaluar si este experimento es confiable para determinar el valor de  $g$ .

## Comentarios sobre el análisis

Quedarse con el conjunto de mediciones que corresponden al movimiento del carrito.



Para determinar el inicio del movimiento se puede implementar el criterio de la derivada numérica

Derivada numérica: 
$$v_i = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

Se usa el valor anterior y el siguiente para estimar la pendiente. Esto suaviza el cálculo y da una mejor estimación.

## En reposo:

$v_i \approx 0 \rightarrow$  solo ruido experimental (fluctuaciones alrededor de cero).

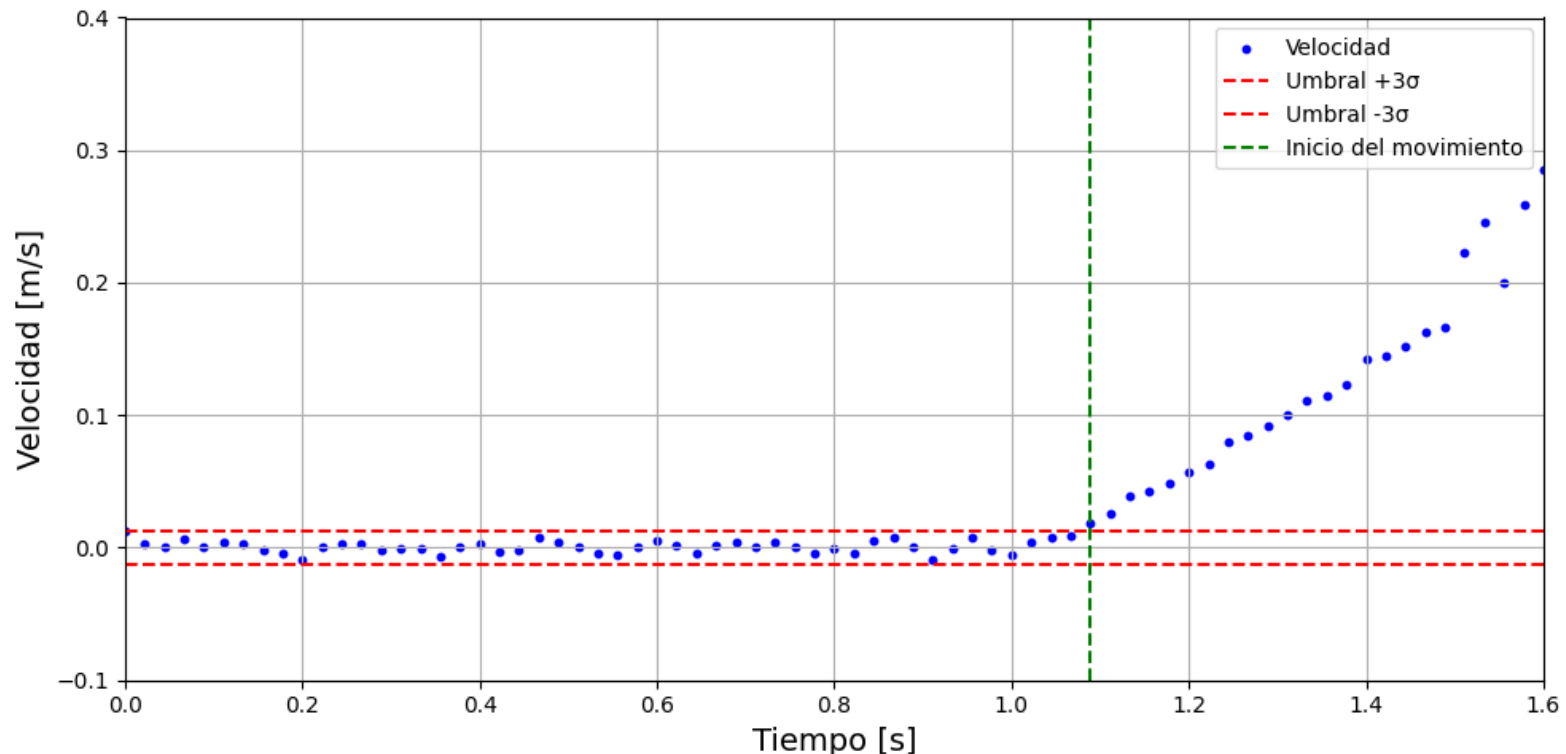
Ruido  $\rightarrow$  se puede medir calculando el desvío estándar de  $v_i$  en la parte inicial de los datos (sin movimiento).

## Criterio propuesto:

Si  $v_i \approx$  ruido  $\rightarrow$  sin movimiento.

Si  $|v_i| > k\sigma \rightarrow$  inicia el movimiento. Umbral:  $k\sigma$  con  $k = 2$  ó  $3$ .

Primer elemento  $i$  que supera el umbral  $\rightarrow$  inicio del movimiento.





### Selección de un subconjunto de datos

