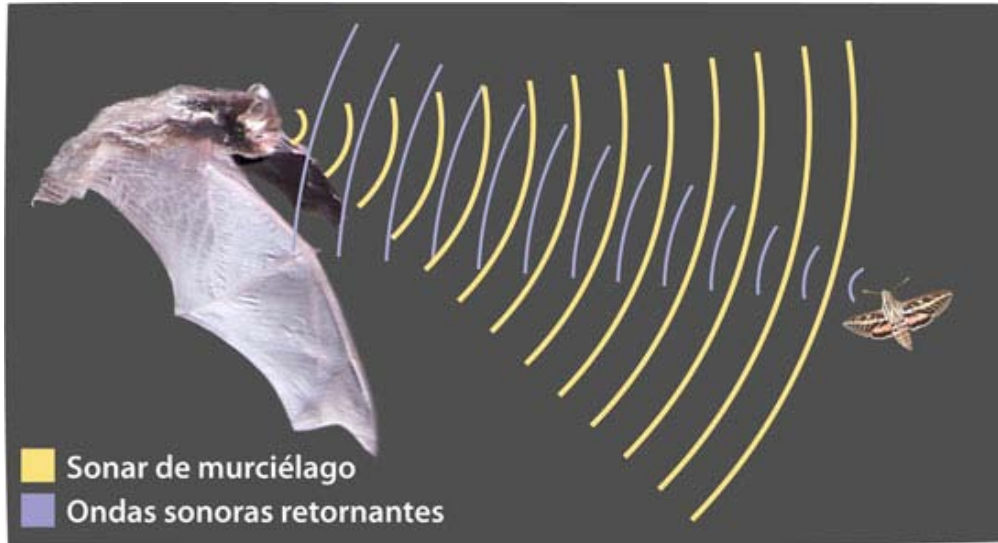


# **Plano inclinado y sensor de posición**

**Regresión lineal y técnicas de linealización**

# 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.

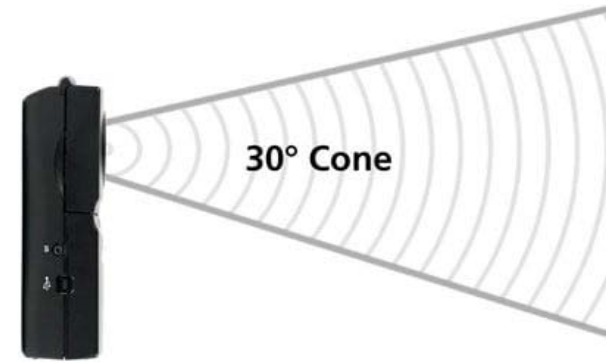
**Características Motion Detector (Vernier):** ver manual

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

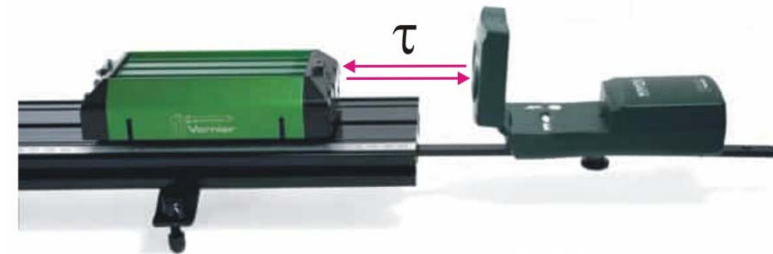


## ¿Cómo trabaja el sensor?

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  $v_{sonido} = 343$  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).

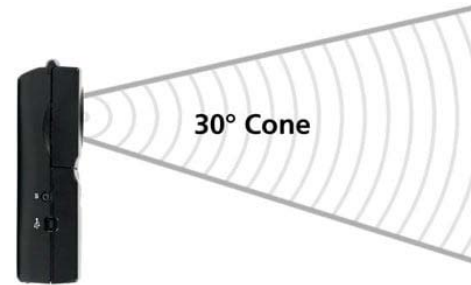


3- ¿Cómo mide distancia? → Mide el tiempo entre la emisión del sonido y la recepción del eco, y, utilizando la velocidad  $v_{sonido}$  en el aire, calcula la distancia  $D$ .

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

## Precauciones y calibración del sensor

- ¿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).



### Calibración el sensor:

Para que el sensor arroje una posición en metros lo tenemos que calibrar.

Respuesta del sensor: lineal  $\Rightarrow$  necesito 2 distancias para la calibración:

$$Distancia = K0 + K1.tiempo$$

$$K0, K1 = ctes$$

D1 y D2: distancias conocidas

t1 y t2: lecturas de tiempo.

Distancia	Tiempo
D1	t1
D2	t2

➔ Determino  $K0$  y  $K1$

- Chequear calibración.

**Obs 1:** No conozco la ubicación de la lámina de oro. Cuando mido D1 y D2, considerar mismo "origen".

**Obs 2:** Interfaz gráfica de calibración: ver última diapositiva.

# Error en la medición de distancias

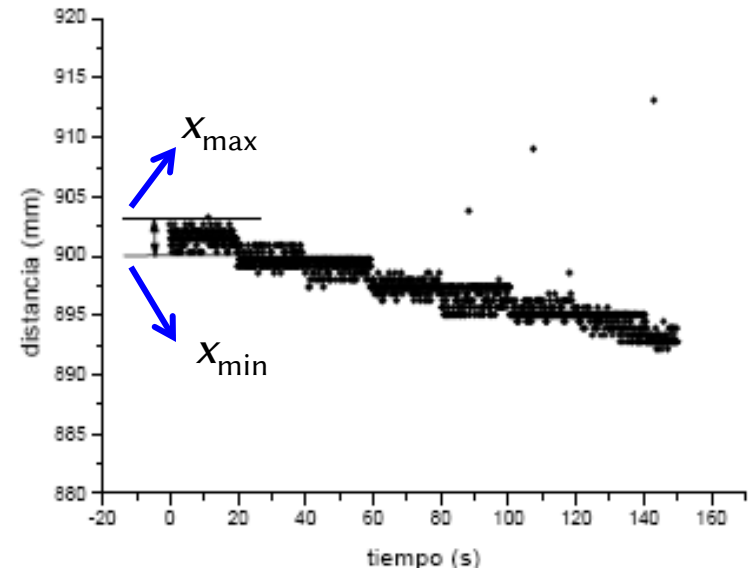
**Error de apreciación** (error de la placa de adquisición + error del sensor):

Determinar experimentalmente el error en la posición

Propuesta → variar posición del objeto en pasos de  $\sim 1$  mm. Estimar  $\Delta x$

$x_{\max}$  y  $x_{\min}$  ver “escalones” del gráfico

$$\Delta x = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$$



(se puede promediar los  $\Delta x$  de diferentes escalones)

# Carrito en plano inclinado

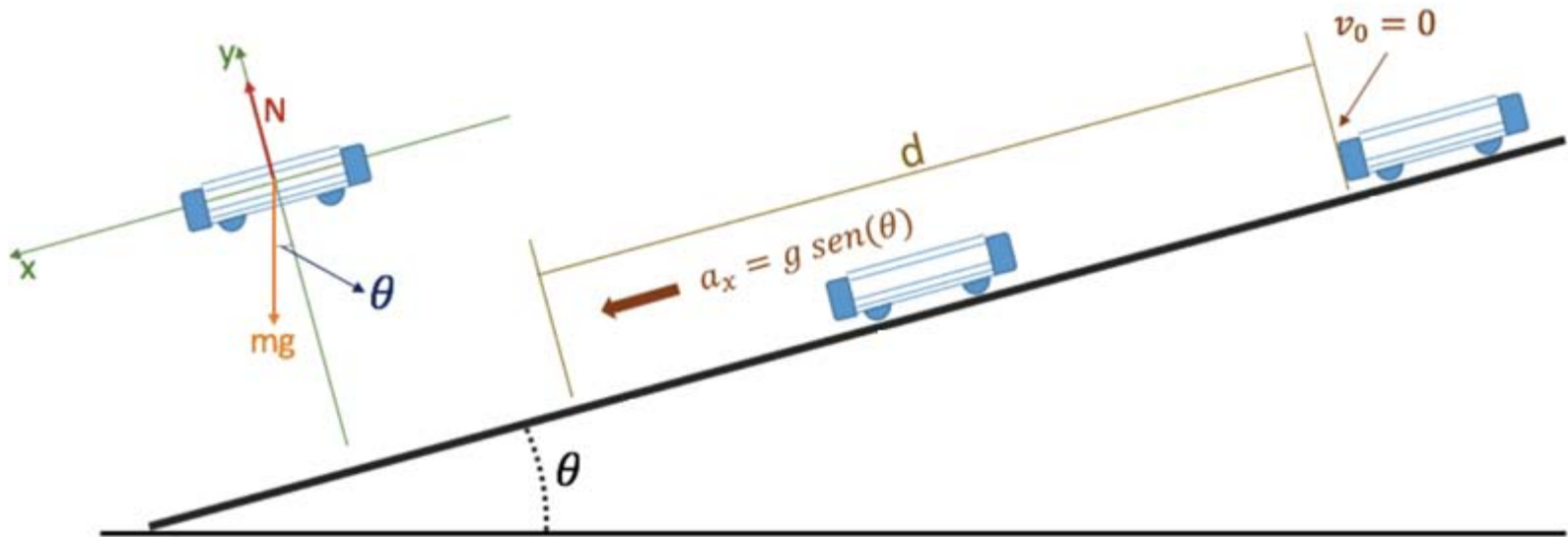


Diagrama de fuerzas  
+ 2da ley de Newton:

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

Integrando llegamos:

$$v = v_0 + a_x t$$

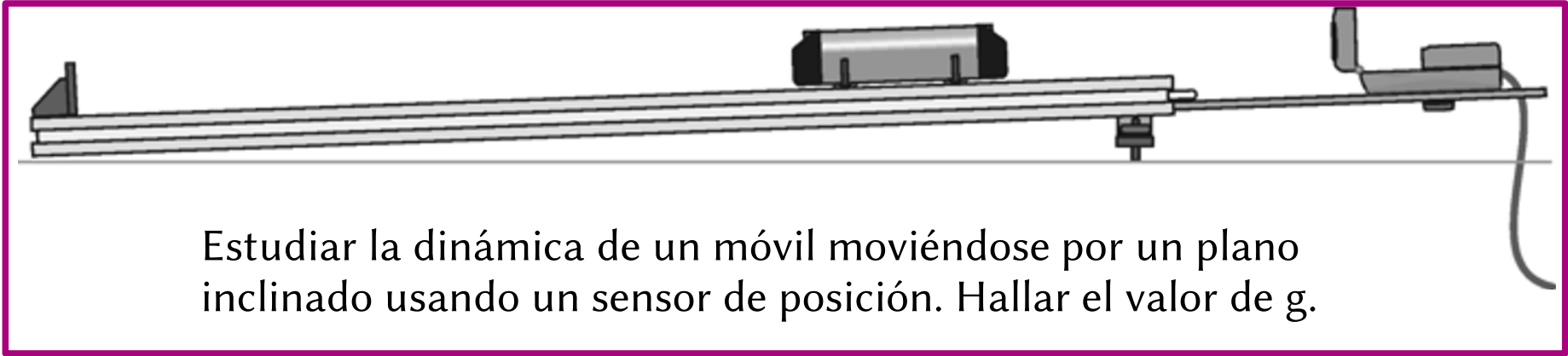
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

Si  $v_0 = 0$  y  $x_0 = 0$

$$x(t) = \frac{1}{2} g \operatorname{sen}(\theta) t^2$$

(sin rozamiento)

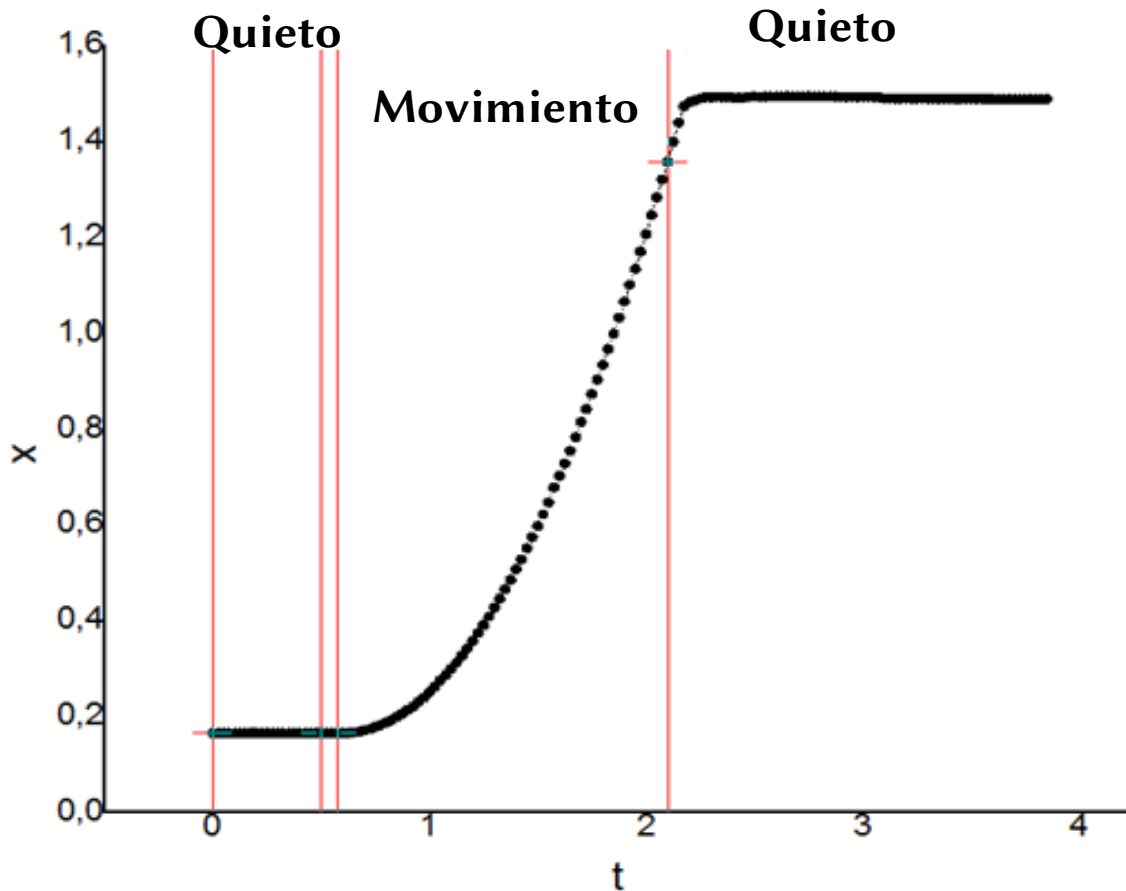
# Experimento



Estudiar la dinámica de un móvil moviéndose por un plano inclinado usando un sensor de posición. Hallar el valor de  $g$ .

- Calibrar el sensor de posición. Chequear la calibración.
- Determinar error en la posición y en el tiempo.
- Limpiar el riel. Evaluar la mejor manera de medir la posición del carrito.
- 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.
- Pruebas preliminares para definir tiempo de medición y frecuencia de muestreo.
- Medir el ángulo  $\theta$  y determinar su incerteza.
- Discutir hipótesis.
- Medir la posición cuando el cuerpo se mueve por el plano inclinado usando el sensor de posición.

# Sobre el análisis



$$\text{Si } v_0 = 0 \text{ y } x_0 = 0$$
$$x(t) = \frac{1}{2}g \text{ sen}(\theta) t^2$$

Para el análisis  $\rightarrow$  quedarse con el conjunto de mediciones que corresponden al movimiento del carrito y procesar los datos para que  $x_0 = 0$  y  $v_0 = 0$ .

Determinar  $x_0$  y  $t_0$



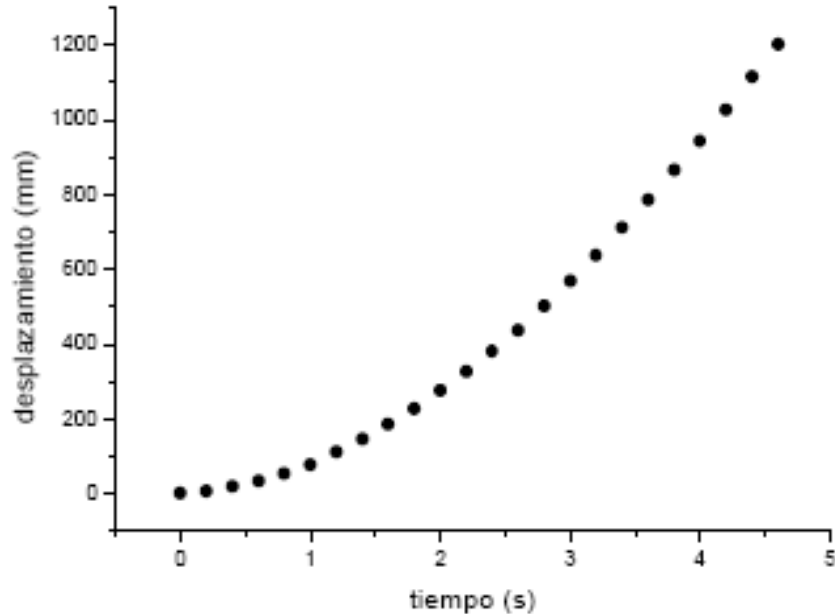
$$x' = x - x_0$$
$$t' = t - t_0 \quad (\text{discutir incertezas de } x' \text{ y } t')$$

Posible criterio: si  $|x_{i+1} - x_i| < 2\Delta x \rightarrow$  Puedo eliminar medida  $x_i$



## Poniendo a prueba el modelo: ¿El desplazamiento $x$ es proporcional a $t^2$ ?

- Graficar  $x$  vs.  $t$  (con sus respectivos errores en las dos variables).



- ¿A qué tipo de función matemática se parece?
- ¿Está de acuerdo este resultado con lo esperado?

En principio, los datos podrían seguir una ley de potencias o una ley exponencial.

### ¿Cómo puedo determinar la dependencia entre las variables?

Ver cómo se comportan los datos si grafican **distancia y  $u = t^2$**  (linealización como vimos en las clases anteriores).

## Linealización por logaritmos

Si la dependencia está dada por una función potencial  $x = \alpha t^\beta$

Linealización por logaritmos  $\ln(x) = \ln\alpha + \beta \ln(t)$

Si la dependencia está dada por una función exponencial  $x = Ae^{Ct}$

Linealización por logaritmos  $\ln(x) = \ln(A) + Ct$

- **Linealización con cambio de variables  $u = t^2$ .** Calcular sus correspondientes incertezas y graficar. Hallar el valor de  $g$ .
- **Linealización por logaritmos.** Calcular sus correspondientes incertezas y graficar. Determinar el valor de  $\beta$ . Hallar el valor de  $g$ .
- Comparar los resultados de  $g$  con los obtenidos en experiencias anteriores y con algún valor de referencia. Evaluar precisión y exactitud.
- Comparar los métodos de linealización.

## Calibración el sensor de posición:

Calibracion\_Motion\_Detector.vi

Calibracion automática

Medir tiempo 1

Nº 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:  
 $D = K0 + t * K1$

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

K0  
0

K1  
0

Ayuda

Cancelar

Aplicar