



Universidad
Nacional de
San Luis

LibreLab (UNSL)

Kit educativo de ciencia para experimentos en el aula, basado en Arduino.

Informe del equipo experimental para laboratorios de velocidad del sonido y distancia

1. Introducción

La siguiente es una guía de cómo utilizar el kit LibreLab, para realizar las experiencias de velocidad del sonido y distancia, en laboratorios de enseñanza de la física, tanto en secundaria como en materias universitarias de esta disciplina.

En la **sección 2** se detalla la descripción del equipo, cómo es su funcionamiento general y su propósito para estas experiencias. Además, se entrega un manual de usuario para el software **LibreLab**.

Las **secciones 3 y 4** están enfocadas en brindar un marco didáctico y teórico, como bases para trabajar en el laboratorio con el kit.

Se ofrecen guías de trabajo para el aula, tanto para nivel secundario como universitario introductorio.

Finalmente, en la **sección 5** se detallan cuestiones de interés específico para programadores y para quienes deseen modificar el código Arduino del cual el sensor ultrasónico hace uso.

2. Descripción del equipo experimental

El equipo permite la obtención de la velocidad del sonido, a partir de mediciones de distancia a objetivos, que deben hacerse en el laboratorio. El sensor nos dará el tiempo de vuelo hasta el objetivo, por lo que podremos calcular el tiempo de vuelo, empleando ecuaciones de cinemática.

Además, usando un sensor de temperaturas incorporado, podemos hacer uso del segundo modo de funcionamiento del equipo, que mide la temperatura del ambiente y con esto nos estima un valor calculado para la velocidad del sonido. A partir de esto, podemos obtener mediciones de distancia.

2.1 Materiales

En la experiencia, usaremos

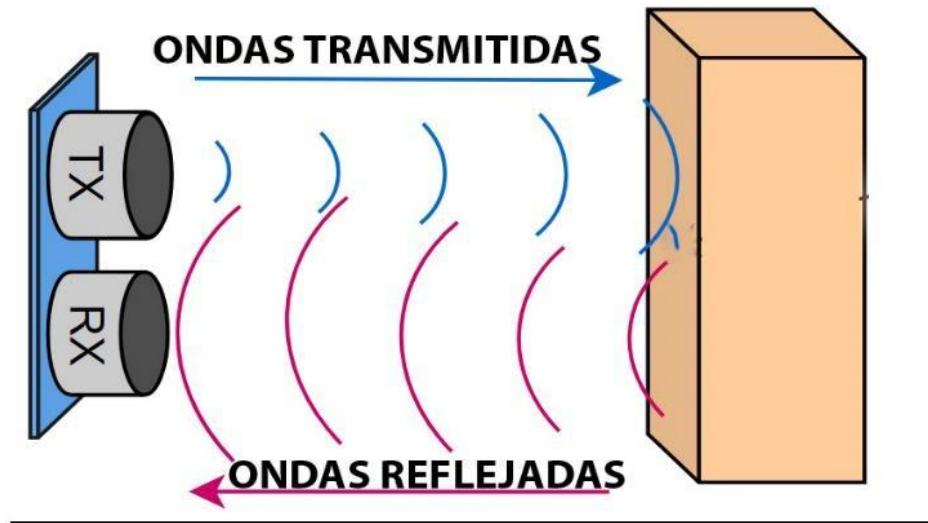
- Kit LibreLab
- Módulo ultrasónico para el kit / módulo de temperatura (en caso de medir distancia)
- Un objetivo en donde van a rebotar las ondas, de al menos 10 cm x 10 cm, óptimamente 20 cm x 20 cm
- Regla de medición

2.2 Armado final y consideraciones

Para estas experiencias, deberá conectarse el módulo ultrasónico al kit Arduino.

El sensor ultrasónico tiene direccionalidad, es decir, debemos apuntarlo hacia la dirección donde estará ubicado nuestro objetivo.

Las instrucciones de manejo del software, se encuentran en el manual de usuario del software LibreLab.

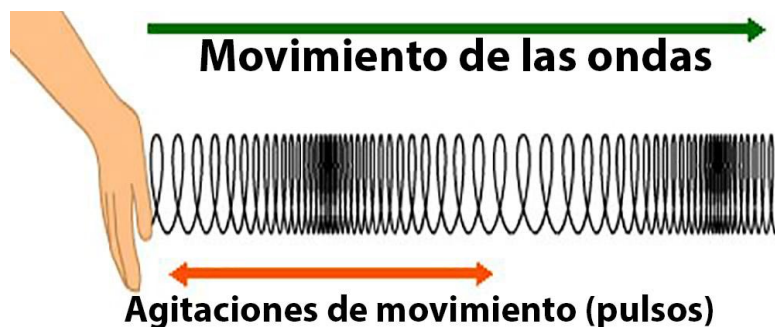


El espacio entre el sensor y el objeto debe estar libre de obstáculos. Además, la distancia óptima es entre 20 cm y 3 m. La precisión del sensor es un mínimo de 3 mm. La frecuencia de las ondas ultrasónicas generadas por el sensor es de 40kHz.

3. Uso didáctico como sensor de tiempo de vuelo

3.1 Marco Teórico

El sonido es una **onda longitudinal**. Estas ondas viajan como pulsos en un resorte.



Solo que con el sonido, estas agitaciones se producen por vibraciones muy rápidas (la voz, un instrumento musical, una explosión). Estas ondas viajan a

través del aire, “pulsando” las moléculas invisibles al ojo, que se encuentran flotando.

Por lo tanto, **en el espacio exterior, ¡no hay sonido!** Ya que no existen moléculas de aire que sirvan como “resorte”, como medio para que la energía de las ondas viaje.

Además, el sonido no solamente puede usar el aire como medio, sino que también puede transmitirse a través de cualquier medio con partículas interactuantes, un medio sólido, líquido o gaseoso.

El conocimiento en temas de la velocidad del sonido, tiene múltiples aplicaciones en diferentes campos, como:

- Detección y análisis de terremotos
- Mediciones de distancias a objetos
- Análisis de estructuras submarinas
- Estudios de propagación del sonido en diversas actividades humanas

Para que se genere sonido, se necesita de una **fente** de vibraciones. En nuestros experimentos, el **sensor ultrasónico** emitirá ondas de sonido en el rango ultrasónico (a razón de más de 20 mil vibraciones por segundo).

La **velocidad** de un objeto es la distancia que se recorre en un tiempo determinado.

$$v = \frac{x}{t}$$

En el experimento, el "objeto" es la onda de sonido que viaja en el aire.

El sensor ultrasónico emite una onda de sonido que viaja en el aire, esta choca con el objetivo y rebota, volviendo hacia el sensor.

Utilizando el software LibreLab con este sensor ultrasónico, podemos obtener **mediciones de tiempo de vuelo**, es decir, el tiempo en el que demoró la onda de sonido en viajar hasta el objetivo y volver al sensor.

Teniendo **distancias** conocidas, que vamos a medir con una regla, más estos **tiempos** de vuelo, podemos emplear la conocida ecuación de la velocidad para obtener un valor estimado de la velocidad del sonido.

Si queremos **un valor más preciso**, tendremos que realizar varias mediciones a diferentes distancias, obtener sus tiempos de vuelo, y realizar un **ajuste lineal** para estimar la velocidad del sonido.

3.2 Marco teórico didáctico

La Física ha liderado un movimiento sumamente exitoso de aprendizaje de las ciencias experimentales. Esta visión, que comenzó en la década del 80 del siglo pasado, ha resultado en una amplia variedad de estrategias de enseñanza para el aprendizaje activo, cuya utilización, difusión y extensión constituyen una de las partes más relevantes de este trabajo.

Se ha desarrollado material curricular y estrategias didácticas que han demostrado ser muy eficientes en aumentar el aprendizaje conceptual y significativo, usando además plenamente las herramientas que brinda el desarrollo tecnológico. Algunos ejemplos más notables de estos desarrollos lo constituyen "*Tutorials in Introductory Physics*" del grupo de la Prof. L. McDermott de la University of Washington, "*Workshop Physics*"; de la Prof. P. Laws de Dickinson College, "*Interactive Lecture Demonstrations*" de los Prof. R. Thornton (Tufts University) y D. Sokoloff (University of Oregon), "*Active Physics*" del Prof. A. Van Heuvelen, Ohio St. University, "*Cooperative Group Problem Solving in Physics*" y "*Context Rich Problems*" del grupo liderado por los Profs. K. y P. Keller de la Univ. of Minnesota, por citar solo algunos que son de interés para las aplicaciones locales. Algunas de estas estrategias hacen un uso intensivo de las nuevas **tecnologías de la información y computación** (TICs) para favorecer el proceso de aprendizaje.

En relación con la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación:

Vivimos en un mundo inmerso en la conectividad que nos brinda internet y toda la tecnología que la hace posible. Sin embargo, hablar de internet y la conectividad que la habilita no es únicamente hablar de tecnología, es hablar de un **cambio de paradigma en la construcción de las relaciones, de la comunicación y del conocimiento**.

Como dice Manuel Castells *“Lo que hace Internet es procesar la virtualidad y transformarla en nuestra realidad, constituyendo la sociedad red, que es la sociedad en que vivimos”* (Castells, 2018)

Las tecnologías asociadas a la web han cambiado la forma de pensar y generar conocimiento en esta sociedad red. En 1997 Pierre Lévy habla de la Inteligencia colectiva, donde plantea según lo explicitado por Cobo Romaní (Cobo Romaní, C y Pardo Kuklinski, H. 2007) que las inteligencias individuales de las sociedades pueden ser mediadas por la tecnología, dice Cobo Romaní *“la sociedad puede entenderse como un sistema que alcanza un nivel superior de inteligencia colectiva que trasciende en tiempo y espacio a las inteligencias individuales que la conforman”*.

Las redes y la conectividad en el ámbito educativo supone cambios en todos los componentes del acto pedagógico (Dussel 2011, Rogovsky & Corina 2013): enseñante, estudiante, didáctica y contenido.

El sistema educativo, acompañado de debates, de nuevas preguntas y en un proceso de transición hacia las nuevas respuestas, no ha sido ajeno a la inmersión tecnológica de nuestro andar cotidiano y de la construcción de nuevos saberes. Esto ha llevado a reflexionar sobre las pedagogías necesarias en esta era digital, para los chicos del siglo XXI, **pensando las tecnologías como catalizadores para nuevas oportunidades, para repensar la política educativa.**

En este marco de pensamiento se espera que las Tecnologías de la información y la comunicación se conviertan en las *Tecnologías del Aprendizaje y la Comunicación* (TAC). Esto es, las TIC que se convierten en TAC como herramientas de construcción de saberes, donde es esencial el aprender con otros y donde el rol docente se mueve desde el docente que centraliza el saber al de facilitador del aprendizaje de sus estudiantes. Donde el alumno toma un papel activo en su propio aprendizaje.

Se propone, con esta mirada, explorar diversos aspectos de la utilización de TIC en la enseñanza mediante el desarrollo de kits de laboratorio, equipo de adquisición de datos y desarrollo de material didáctico adaptado en el marco de estrategias de enseñanza basadas en el Aprendizaje Activo. En este último punto, se recomiendan guías de trabajo, tanto para el estudiante como para el docente, basadas en **Metodologías de Aprendizaje Activo (MAA)**, (tales como *“Interactive Lecture Demonstrations”*, Laboratorios para el Aprendizaje Activo: *“Real Time Physics”*), adaptadas para su utilización con el equipo de laboratorio

construido y el software desarrollado, a los fines de ser difundidas e implementadas tanto en nivel medio como en el nivel superior.

3.4 Nivel Educativo y conocimientos previos necesarios

Para esta experiencia, son necesarios conocimientos en la propagación de ondas sonoras, y ecuaciones básicas de cinemática.

3.5 Material para el estudiante

Guía trabajo laboratorio escolar

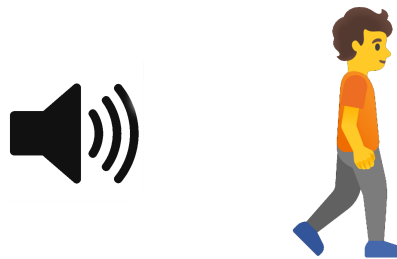
Velocidad del sonido

Objetivo: Realizar mediciones con el sensor ultrasónico, y obtener valores para la velocidad del sonido.

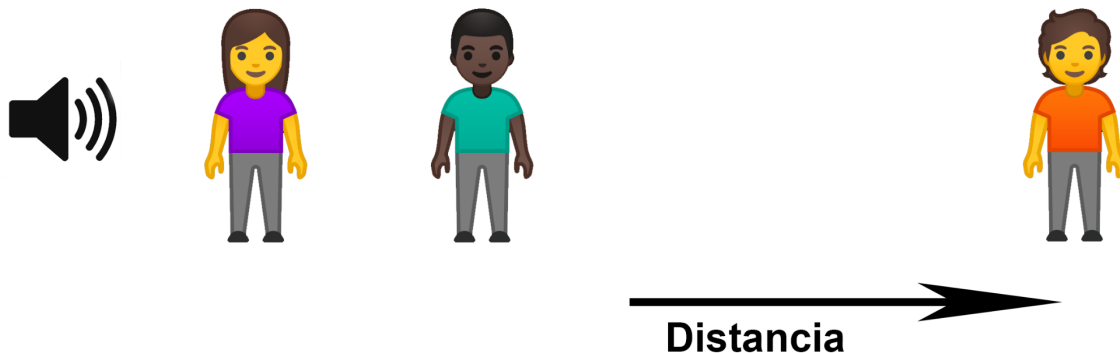
Predicciones

Pregunta N° 1: ¿Qué entendés por “velocidad del sonido”?

Pregunta N° 2: Si estás en la calle, cerca de un parlante que reproduce música, ¿cómo cambia la intensidad del sonido, a medida que te vas alejando: **aumenta, disminuye o permanece igual?**



Pregunta N° 3: Si hay varias personas ubicadas a diferentes distancias del parlante, ¿Cómo cambia el valor de la velocidad del sonido, si esta tiene que llegar a cada persona? Escribí si la velocidad aumenta, disminuye, o permanece igual con la distancia.



Experimentación

Actividad 1:

Luego de familiarizarse con el sensor, mida la distancia del mismo a la ubicación del objetivo y complete la siguiente tabla realizando las mediciones que correspondan. Más tarde, haga los cálculos correspondientes para encontrar la velocidad del sonido en cada caso.

Distancia (metros)	Tiempo de vuelo (segundos)	Tiempo (Tiempo de vuelo / 2) (segundos)	Velocidad del sonido (m/s)

Actividad 2:

Según los datos obtenidos, ¿cómo se compara la velocidad del sonido obtenida en cada medición?

Conclusión

La velocidad del sonido es: (calcule su valor promedio)

PARTE II: (opcional) Intensidad sonora

Utilizando una aplicación de celular y una cinta métrica, registre la intensidad del sonido de un parlante con una onda sinusoidal, a distintas distancias en la siguiente tabla:

Podés usar la aplicación **Sound Meter** 

Distancia (centímetros)	Intensidad del sonido (decibeles)

Guía trabajo laboratorio universitario

Velocidad del sonido

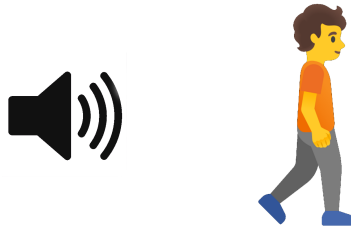
Objetivo: Realizar mediciones con el sensor ultrasónico, y obtener valores para la velocidad del sonido. Graficar y obtener el valor del ajuste lineal.

Basándonos en los valores de error del sensor y la distancia, hacer propagación de errores para obtener el error en la medición de la velocidad del sonido.

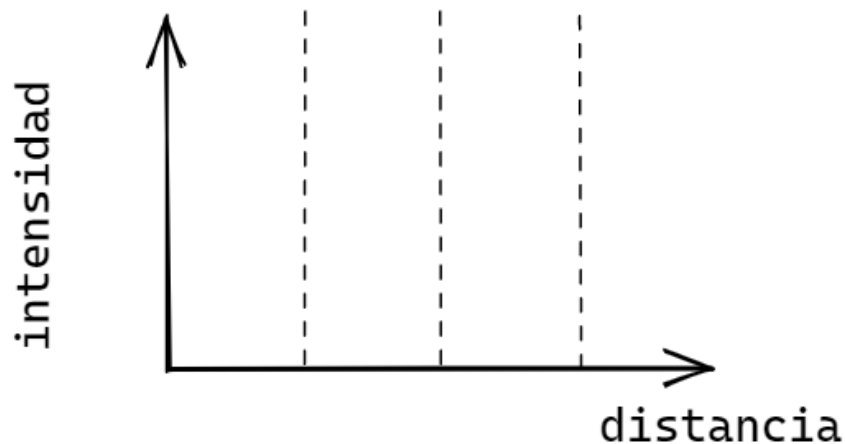
Predicciones

Pregunta N° 1: ¿Qué entendés por “velocidad del sonido”?

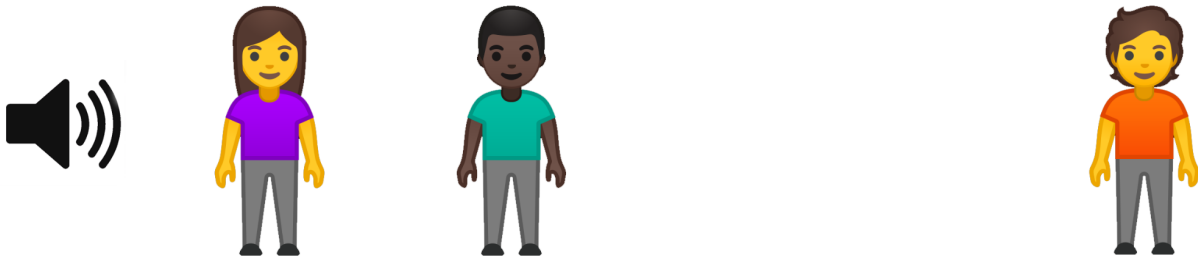
Pregunta N° 2: Si estás en la calle, cerca de un parlante que reproduce música, ¿cómo cambia la intensidad del sonido, a medida que te vas alejando: aumenta, disminuye o permanece igual?



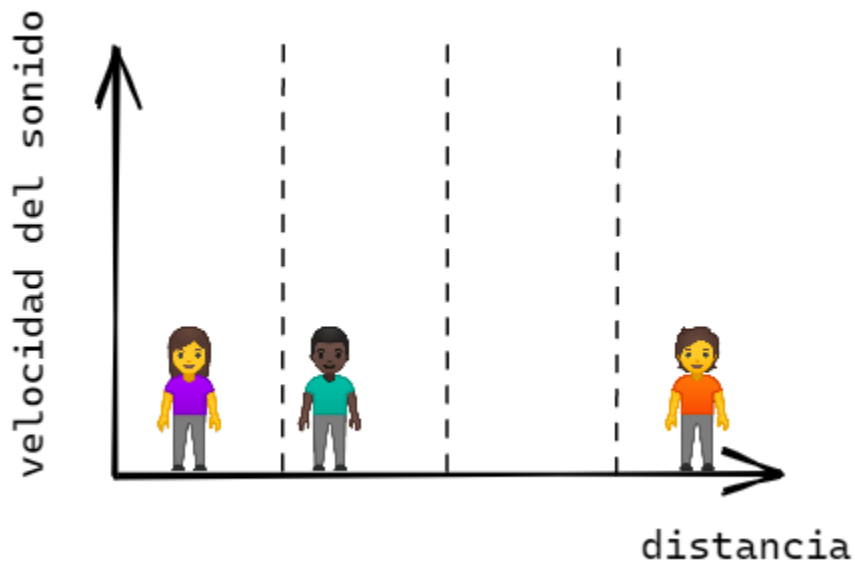
Dibuja una línea que represente cualitativamente el valor de la intensidad del sonido a medida que nos alejamos.



Pregunta N° 2: Si hay varias personas ubicadas a diferentes distancias del parlante, ¿cómo cambia el valor de la velocidad del sonido, si esta tiene que llegar a cada persona?



Dibuje una línea que represente la velocidad del sonido para la distancia recorrida para cada persona.



Pregunta N° 3: ¿La velocidad del sonido es independiente de la temperatura?

Actividad 1:

- a) Luego de familiarizarse con el sensor, mida la distancia del mismo a la ubicación del objetivo y complete la siguiente tabla realizando las mediciones que correspondan. Más tarde, haga los cálculos correspondientes para encontrar la velocidad del sonido en cada caso.

Distancia (metros)	Tiempo de vuelo (segundos)	Tiempo (Tiempo de vuelo / 2) (segundos)	Velocidad del sonido (m/s)

En caso de tener un software de graficación (Excel, OriginLab), realice una gráfica de los puntos **distancia vs tiempo de vuelo/2**, y haga un ajuste lineal para obtener el valor ajustado para la velocidad del sonido.

Actividad 2:

Según los datos obtenidos, ¿cómo se compara la velocidad del sonido obtenida en cada medición?

¿Cómo se compara el promedio de valores de la tabla, con el valor obtenido del ajuste lineal?

Actividad 3:

Teniendo en cuenta que el sensor tiene un error de 1 mm, y el error en la regla de medición usada para medir la distancia, haga la propagación de errores para obtener el error total en el valor de la velocidad del sonido.

Conclusión

La velocidad del sonido estimada es: (calcule su valor promedio y su error, en metros por segundo)

Explique por qué la velocidad del sonido (permanece o no) constante para diferentes distancias de recorrido.

3.6 Material para docentes

Generales: Afirmar los conocimientos de los estudiantes en los temas referidos a ondas longitudinales, ondas de sonido, y obtención de valores experimentales mediante ecuaciones típicas de la cinemática.

Particulares: Obtener un valor estimado para la velocidad del sonido en el ambiente en el que nos encontremos.

- Se recomienda emplear las guías de trabajo en grupos de 2 a 4 estudiantes.
- Es recomendable familiarizarse previamente con el software LibreLab, de forma que se pueda explicar a los estudiantes cómo usarlo correctamente. Para ello, puede referirse al ***Manual de usuario del Software LibreLab, disponible en la documentación del equipo.*** Con esto es mente, se sugiere hacer una demostración previa de cómo conectar el kit a la computadora, activar los sensores necesarios,, obtener los datos, y visualizarlos (o exportarlos en caso de realizar actividades de ajuste lineal.)
- Para la **Actividad 1**, es necesario asegurarse que el sensor ultrasónico está direccionado correctamente hacia el objetivo, y que las diferentes medidas se toman a una distancia prudente (de 25cm a 3m), sin obstáculos de por medio.
Es recomendable que el sensor esté por lo menos a una altura de 5cm por encima de la mesa de trabajo, para evitar interferencias con la misma. También se puede ubicar en el borde de la mesa.
Como objetivo, se puede utilizar un objeto plano, como una caja; o una persona sosteniendo un cartón/plancha de algún material.

- En la **Actividad 2**, se pretende observar una variación en el valor de la velocidad del sonido obtenida, propia de los errores instrumentales. Y analizar si existe algún patrón en esas variaciones.
Tener en cuenta que para esta actividad, en el nivel universitario, los estudiantes deben saber cómo exportar los datos, e importarlos en el software de análisis, para hacer el ajuste lineal.
- Finalmente, en la **Actividad 3** se realizará la usual propagación de errores. Además de los errores expresados, preguntar qué otro tipo de errores pueden existir en las mediciones de este tipo.
- Para la **actividad opcional** de la guía para secundaria, **Intensidad Sonora**, se pretende que los estudiantes observen cómo la intensidad decae a medida que nos alejamos de una fuente sonora.
Es recomendable empezar en una medida relativamente cercana (5 cm~ 10 cm), e irnos alejando hasta que lleguemos a un par de metros, ya que las variaciones más grandes se encontrarán en el rango cercano.
El micrófono del celular debe estar siempre apuntando en dirección hacia la fuente sonora, para garantizar un mismo patrón de medida.
Para la fuente sonora que genere el sonido, podemos usar otro celular, o una computadora (idealmente usaríamos un parlante).
Es necesario que el sonido que reproduzcamos sea estable en el tiempo, para ello podemos reproducir una [onda sinusoidal](#), o algún [ruido constante en el tiempo](#).

4. Uso didáctico como sensor de distancia

4.1 Marco Teórico Didáctico

Si deseamos conocer la distancia entre dos objetos, podemos valernos de la velocidad del sonido. Ya que una onda que viaje entre ambos objetos, va a demorar un tiempo en llegar.

Si observamos la ecuación:

$$v = \frac{x}{t}$$

Vemos que, si disponemos el valor de la velocidad de un objeto (en nuestro caso, la onda sonora), y el tiempo de vuelo de ese viaje, podemos calcular la distancia x que hay entre esos objetos.

$$x = v \cdot t$$

En nuestro caso, uno de los objetos es el sensor ultrasónico, y el otro puede ser cualquier objeto al que queramos medir la distancia existente.

Para el valor v de la velocidad del sonido, podemos estimar un valor a partir de la temperatura, ya que el equipo LibreLab cuenta con un sensor de temperatura AHT10.

Existe una ecuación que nos permite estimar aproximadamente la velocidad del sonido, según la temperatura ambiente en la que nos encontremos:

$$v = 331.67 \text{ m/s} \sqrt{\frac{T}{273.15 \text{ K}}}$$

Es decir, se multiplica al “valor base” 331.67 metros por segundo, por un coeficiente (el resultado de la raíz) que puede ser menor o mayor a 1, dependiendo de la temperatura ambiente T . Este valor T , se tiene que insertar en la ecuación en unidades de grados Kelvin (por ejemplo, 30 grados centígrados serían 303.15 grados Kelvin.)

Esto es lo que hace el sensor para medir distancias, mide la temperatura ambiente, calcula la velocidad del sonido en tiempo real, mide el tiempo de vuelo

hasta el objetivo, y calcula la distancia hasta este, mediante la ecuación correspondiente.

4.2 Objetivos

- **Generales:** Que los estudiantes puedan realizar diferentes experiencias en temas referidos a la cinemática, con experimentos usuales de péndulos, “carritos” de laboratorio, u otras configuraciones experimentales.
- **Particulares:** Medición de distancias a objetivos, a partir de una velocidad del sonido calculada a partir de la temperatura ambiente. El objetivo puede estar fijo, o se puede mover a velocidades razonables para que el sensor pueda medir correctamente.

4.3 Nivel Educativo y conocimientos previos necesarios

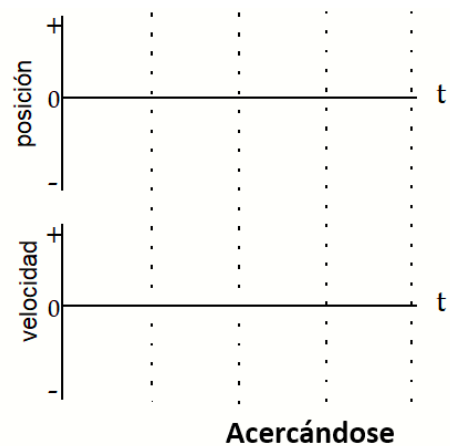
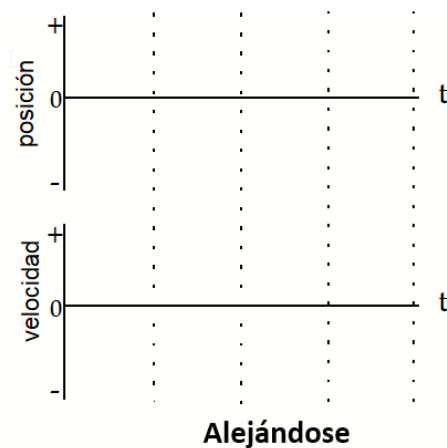
Para esta experiencia, se requieren conocimientos de cinemática básicos, dados previamente en clases introductorias, ya que esta experiencia pretende asentar dichos conocimientos con una clase práctica.

4.4 Material para el estudiante

Guía trabajo laboratorio universitario

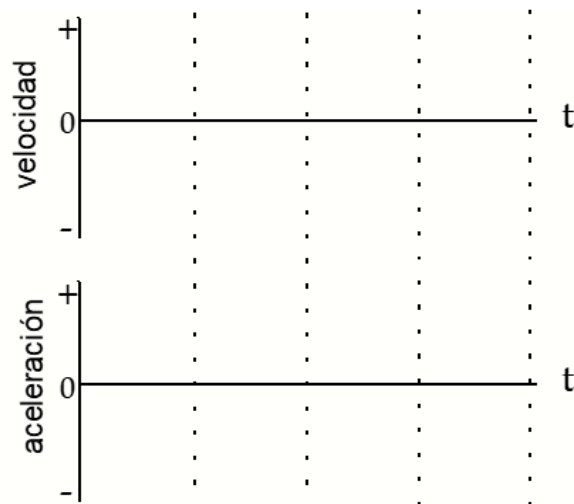
Actividad 1: El tren móvil

Demostración 1: En la gráfica de velocidad vs tiempo de la izquierda abajo, dibuje su predicción de la gráfica que representaría a un tren alejándose del origen a una velocidad estable (constante). En los ejes posición-tiempo de la izquierda, represente su predicción de la gráfica posición vs tiempo para el mismo movimiento.

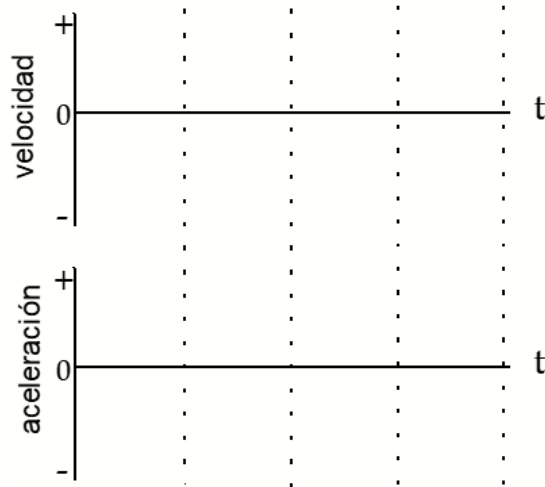


Demostración 2: En los dos sistemas de ejes de la derecha, realice la misma representación, pero para un movimiento de un tren acercándose al origen con una velocidad estable (constante).

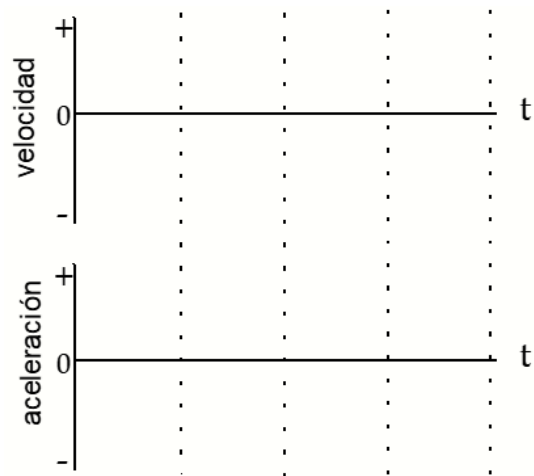
Demostración 3: Dibuje en los ejes a la derecha sus predicciones de las gráficas velocidad-tiempo y aceleración-tiempo que representen el movimiento del tren alejándose del origen y aumentando su rapidez a un ritmo constante.



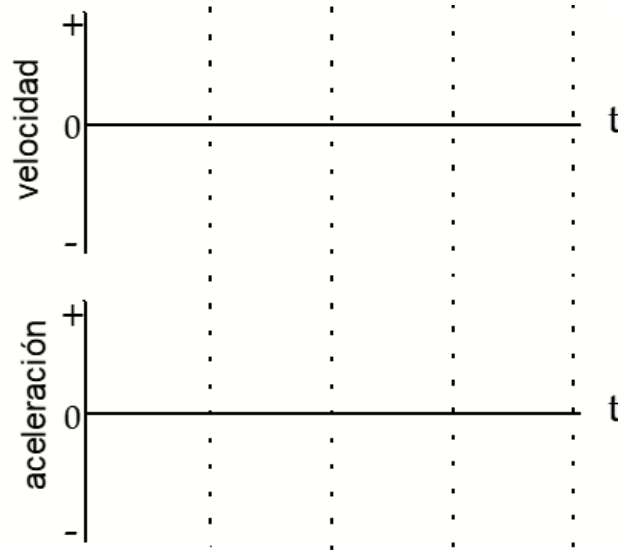
Demostración 4: Dibuje en los ejes a la derecha sus predicciones de las gráficas velocidad-tiempo y aceleración-tiempo que representen el movimiento del tren, alejándose del origen y disminuyendo su rapidez a un ritmo constante.



Demostración 5: Ahora el tren está bajo la acción de una fuerza constante que lo aleja del origen. Dibuje sobre los ejes de la derecha su predicción de las gráficas de velocidad-tiempo y de aceleración-tiempo para un tren que, bajo la acción de esa fuerza, se mueve originalmente hacia el origen, disminuyendo su velocidad a un ritmo constante.

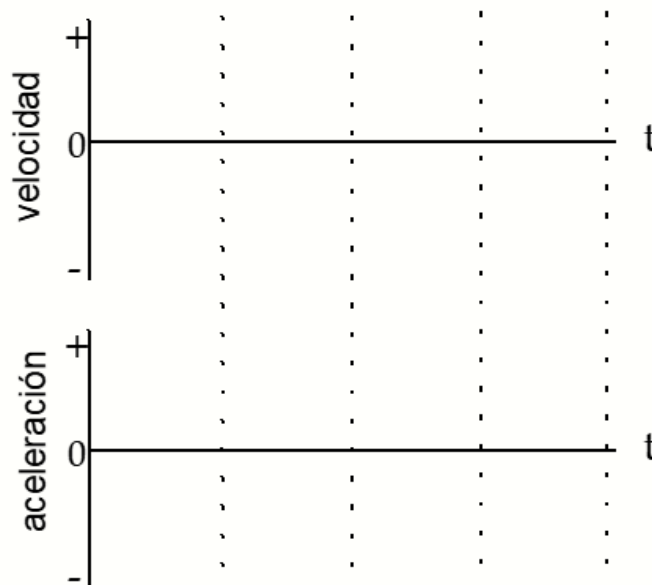


Demostración 6: El tren está bajo la acción de una fuerza constante que lo aleja del origen. Dibuje sobre los ejes de la derecha su predicción de las gráficas de velocidad-tiempo y de aceleración-tiempo para un tren que, bajo la acción de esa fuerza, se mueve originalmente hacia el origen disminuyendo su velocidad a un ritmo constante hasta que se detiene por un instante, para luego comenzar a moverse alejándose del origen y aumentando paulatinamente su rapidez.



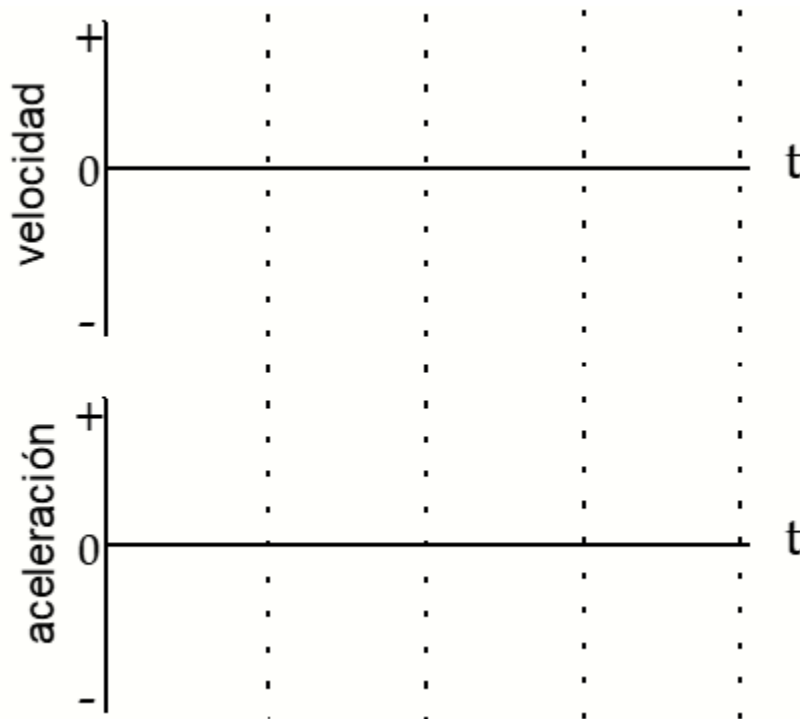
Actividad 2: La Rampa - Fuerza y movimiento

Demostración 7: Dibuje su predicción de las gráficas velocidad -tiempo y aceleración - tiempo para un objeto que, después de recibir un empujón, se mueve hacia arriba de una rampa (alejándose del origen). Dibujar las gráficas que representen como disminuye su rapidez en la subida, se detiene un momento y luego comienza a moverse hacia abajo aumentando su rapidez y acercándose al origen.



Actividad 3: Tiro vertical

Demostración 8: Imagine que el origen del sistema de coordenadas está en el piso, con dirección vertical y sentido positivo hacia arriba. Un objeto se arroja verticalmente hacia arriba, disminuye su velocidad hasta detenerse por un momento en el punto máximo de la trayectoria, para luego caer aumentando su rapidez. Dibuje a la derecha su predicción para las gráficas velocidad-tiempo y aceleración-tiempo que representan el movimiento del objeto, desde un instante después que la arrojamamos hacia arriba y hasta un momento antes de que llegue al piso.



Bibliografía/videos (apto para secundaria):

[Fisic.ch - Propagación del sonido](#)

[Sergio Hidalgo - ¿Qué es la velocidad del sonido?](#) (Video)

Bibliografía/videos (apto para universidad, a modo introductorio)

[Naturaleza física del sonido](#) (Video)

[Origen y propagación del sonido](#) (Video)

4.5 Material para docentes

Objetivos: Afirmar los conocimientos de los estudiantes en los temas referidos a cinemática, y obtención de valores experimentales mediante la interacción estudiante-docente, por medio de una clase interactiva.

- Se recomienda emplear las guías de trabajo de forma individual en los estudiantes, para hacer las predicciones, luego nosotros realizaremos las mediciones necesarias con el equipo, para finalmente comparar los datos con las predicciones realizadas.
- Es recomendable que nos familiaricemos previamente con el software LibreLab. Para ello, puede referirse al **Manual de usuario del Software LibreLab**, disponible en la documentación del equipo.
- Para todas las actividades, es necesario que el objetivo a usar, siempre se encuentre en la línea de visión del sensor, de otro modo obtendremos mediciones irregulares.

5. Material extra para desarrolladores

El código para el microcontrolador Arduino, que nos entrega valores de medición promediados (configurable), y elimina los valores extremos de las mediciones (*outliers*), puede ser visto y descargado en el repositorio GitHub del proyecto.

- [Repositorio de códigos del proyecto, mediciones de laboratorio y miscelánea](#)
- [Archivo .ino para la medición de tiempos de vuelo, con aplicaciones a la velocidad del sonido.](#)
- [Datasheet del sensor ultrasónico HC-SR04](#)

5.1 Detalles del código Arduino

Si queremos usar el código Arduino para tomar medidas de tiempo de vuelo (TOF), en el caso de la experiencia de la velocidad del sonido, en el output *Serial.println*, tendremos que imprimir la variable **tof**.

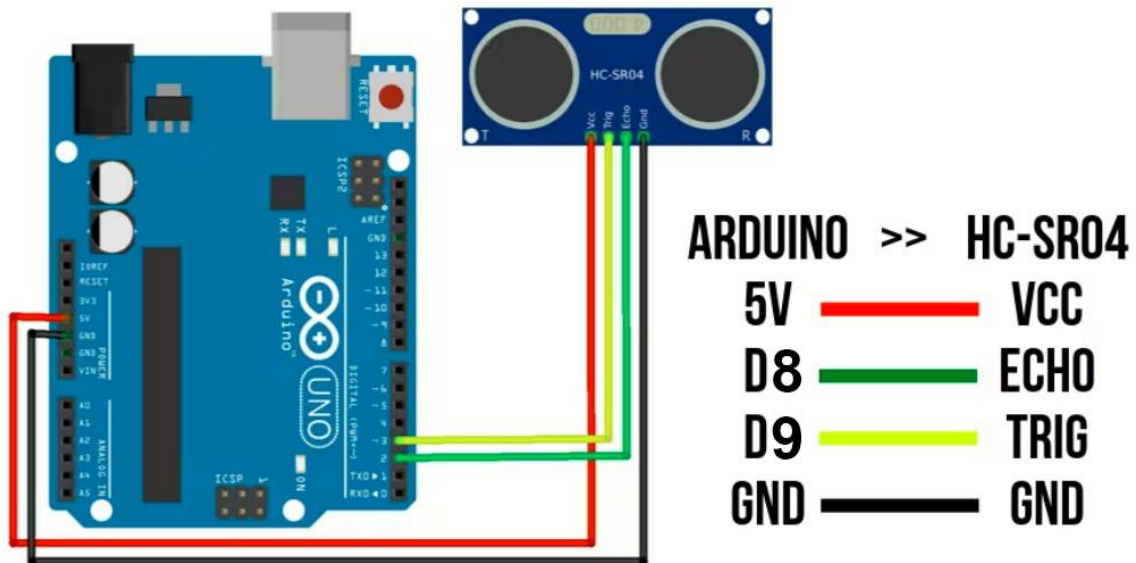
En el caso de querer emplear el sensor para hacer mediciones de distancia, simplemente imprints, en cambio, la variable **d**.

Variables que son configurables:

- **nMedidas:** La cantidad de mediciones individuales que se realizarán por cada medida promediada. Tener en cuenta que los valores extremos se verán eliminados al hacer la limpieza de *outliers*.
- **nOutliers:** Nos permite modificar la cantidad de valores extremos que se eliminarán de cada toma de mediciones, en orden de limpiar los posibles valores de ruido tomados por el sensor.
- **frecMuestreo:** Su valor será la cantidad de mediciones por segundo que se tomarán por el sensor. El sensor se comporta bien hasta valores de 30 muestras por segundo, para un número de medidas **nMedidas** de 5 mediciones.

Por defecto, el sensor tomará una medida de temperatura ambiente cada 60 segundos (este valor es necesario en el caso de usar el HC-SR04 como sensor de distancia, de modo de obtener un valor estimado para la velocidad del sonido.)

5.2 Conexiones Arduino al sensor ultrasónico



6. Bibliografía

1. Manual de Entrenamiento AAMe 9 Módulo 1: Introducción

Julio Benegas (Universidad Nacional de San Luis, Argentina), David R. Sokoloff (University of Oregon, USA)