



Universidad
Nacional de
San Luis

LibreLab (UNSL)

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

INFORME DE EQUIPO EXPERIMENTAL PARA LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS

1. Introducción

Generalmente, los laboratorios de escuelas secundarias y universidades no cuentan con equipos experimentales sobre hidrodinámica que permitan llevar a cabo prácticas adecuadas y relevantes de mecánica de fluidos. Otras veces algunos equipos disponibles cuentan con limitaciones (por ej. en cuanto a la obtención de datos), que solo permiten realizar experiencias de laboratorio enfocadas en servir como una ilustración teórica simple.

En ellas, el estudiante recibe el equipo y un guion para ensamblar y hacer los experimentos que lo llevan a respuestas establecidas, con el fin de ser comparadas con el resultado teórico esperado sin la elaboración de hipótesis, construcción de modelos y discusiones sobre sus limitaciones, por lo que no se suelen establecer conexiones entre la teoría, por lo que sus aplicaciones y el aprendizaje no resultan ser significativos.

Normalmente, la mecánica de fluidos se desarrolla de la misma manera: definición de flujo, ecuación de continuidad, ecuación de Bernoulli y problemas tradicionales como puede ser el del tubo de Venturi. Sin embargo, son abordados como meros ejemplos centrados en manipulaciones matemáticas de la ecuación de Bernoulli para fluidos ideales, desligándose de las aplicaciones. [1]

A partir de lo anterior, este trabajo propone:

- La construcción de un tubo Venturi fabricado con materiales de bajo costo, equipado con una placa de microcontrolador Arduino MEGA y sensores de presión BMP280 que permiten medir la variación de la presión a lo largo del tiempo para establecer relaciones entre presión, velocidad y área del

tubo. Se busca que el mismo pueda utilizarse para la enseñanza de temas correspondientes a hidrodinámica dentro de espacios curriculares de Física para nivel medio y superior.

- El diseño de guías de laboratorio para que el equipo experimental junto con las mismas pueda ser usado por docentes, tanto de nivel universitario como secundario, según corresponda, en la enseñanza de la Física.

2. Descripción del equipo experimental

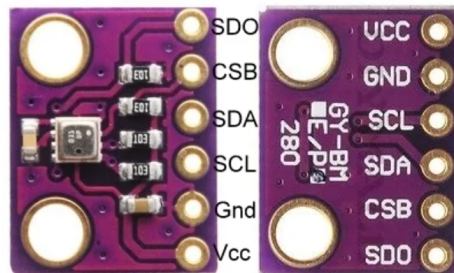
El equipo construido consiste en un tubo de Venturi que contiene dos sensores de presión BMP280, uno en cada sección del tubo conectados a una placa Arduino MEGA que permite obtener registro de los cambios de presión producidos por el Efecto Venturi al hacer circular aire por el tubo con el uso de una sopladora colocada en un extremo del mismo, y una computadora para ver los gráficos de presión y velocidad del fluido en función del tiempo, generados por el software Arduino IDE. Se detalla a continuación cada uno de ellos:

2.1 Materiales

La sopladora empleada fue la PASCO SF-9216 *Variable Output Air Supply*, que genera una salida de aire variable [2] cuyo caudal máximo es de 1.02 m³/s (o 17 litros por segundo). Esta puede ser sustituida por cualquier dispositivo que genere una corriente de aire suficientemente grande por el tubo, tales como un secador de pelo o una aspiradora. En este caso será necesario previamente calcular el caudal de aire eyectado por el dispositivo.

Sensores y conexión

Se usaron dos sensores de presión BMP280 [3] (Figura 1), uno en el centro de cada tramo, conectados a la placa Arduino MEGA [4] como se ve en la figura 2.



BMP280

Figura 1: Sensor de presión BMP280.

El sensor de presión BMP280 es un sensor piezo-resistivo, cuya resistencia eléctrica cambia cuando se lo somete a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión). En el rango de funcionamiento, entre 940Pa y 1100 hPa. A temperatura ambiente, tiene una precisión de aproximadamente $\pm 0,12$ hPa. La frecuencia de muestreo es de 156hz.

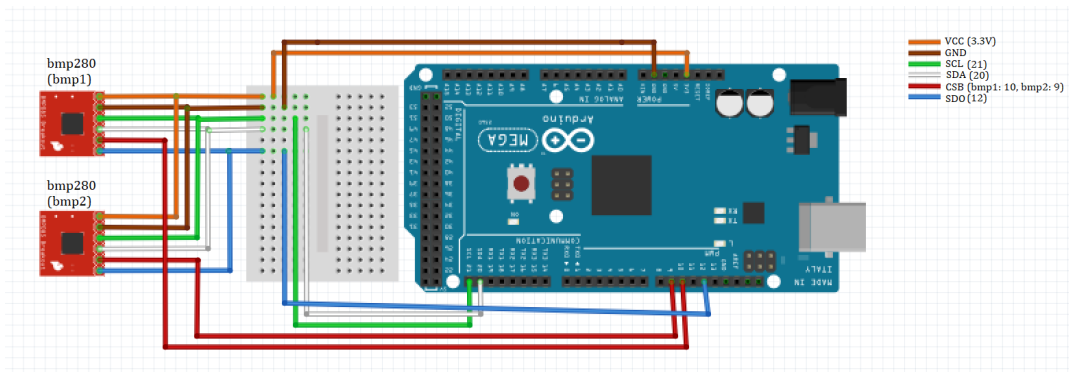


Figura 2: Conexiones [5]. En el apartado relativo al código se detallan las conexiones.

Para el tubo se utilizaron dos segmentos de PVC de 0.04m y 0.063m de diámetro de 1m de largo, unidos entre sí por una *cupla* 40-63 del mismo material. Ver figura 3.

En el centro de cada tramo se perforó un hoyo sobre el cual se colocaron los sensores de presión.

2.2 Armado final

El armado final se ve en la figura 3:

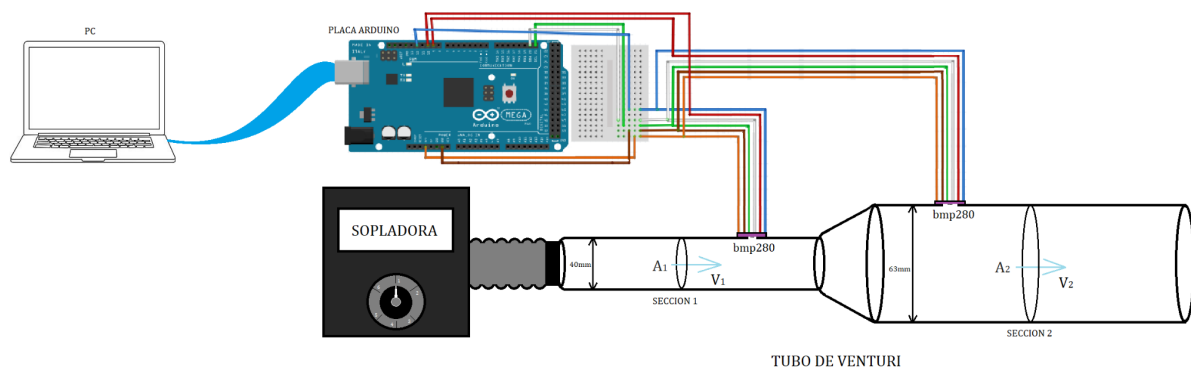


Figura 3: Imagen del armado final.

2.3 Obtención de datos

Código Arduino usado

Para el desarrollo de las actividades se usó el código que se puede buscar en [6]. Previamente descargadas e instaladas las librerías necesarias que se pueden encontrar en la misma página.

Habiendo conectado la placa Arduino MEGA mediante la conexión USB a la PC, se carga el archivo en la tarjeta con el programa Arduino IDE.

3. Marco teórico

Caudal

El caudal Q es la cantidad de fluido que circula a través de una sección transversal de un ducto (tubería, cañería, río, canal, ...) por unidad de tiempo. Normalmente, se identifica con el volumen de fluido que pasa por un área dada en una unidad de tiempo.

En el caso de que el flujo sea normal a la sección considerada, de área A , entre el caudal y la velocidad promedio v del fluido existe la relación:

$$Q = Av$$

Principio de continuidad

La ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal del fluido ha de permanecer constante a lo largo de su recorrido por el conducto.

Dado que el caudal es el producto de la superficie de una sección del conducto por la velocidad con la que el fluido fluye, tendremos que en los puntos 1 y 2 de una misma tubería se debe cumplir que:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Donde A es la sección transversal del tubo y v es la velocidad del fluido.

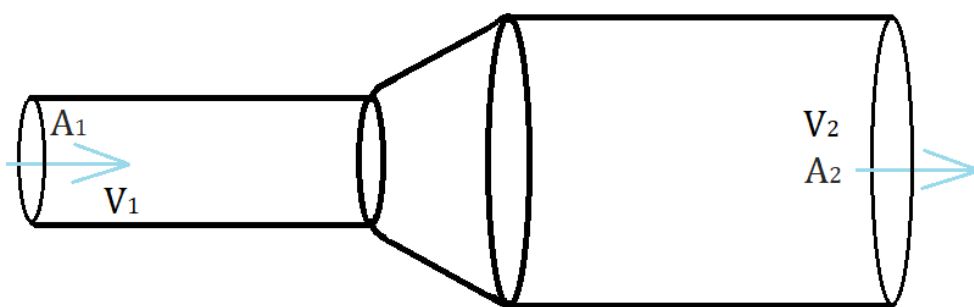


Figura 4: Principio de continuidad.

Principio de Bernoulli

El Principio de Bernoulli sustenta que en un fluido ideal, sin viscosidad ni rozamiento, de flujo incompresible y en comportamiento laminar, que circula por un conducto cerrado de caudal constante (se cumple el principio de continuidad),

la energía permanece constante a lo largo del recorrido. Así, entre dos puntos del trayecto se tiene que:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Donde P es la presión, ρ es la densidad del aire, g es la gravedad, h es la altura, y v es la velocidad del aire.

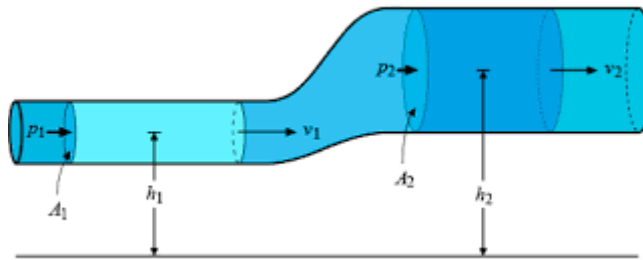


Figura 5: Principio de Bernoulli.

Efecto Venturi

El efecto venturi es un fenómeno que recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746 - 1822). Explica que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir grandes diferencias de presión y entonces, si en este punto del tubo se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este último, que se mezclará con el que circula por el primero.

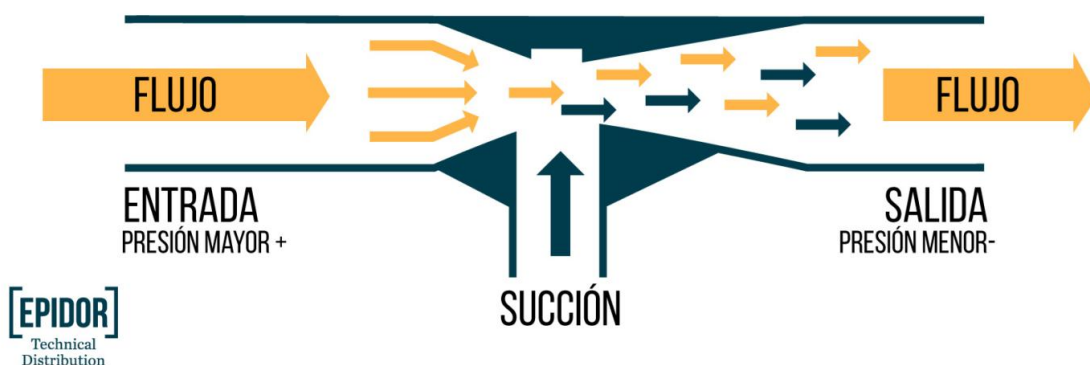


Figura 6: Efecto venturi

El Efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli, donde si el caudal del fluido es constante, pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad

aumenta al atravesar esa sección y, por lo tanto, la presión disminuye. Pasa lo contrario si la sección aumenta, subiendo la presión y bajando la velocidad.

El Tubo de Venturi surgió para medir la velocidad de un fluido aprovechando el Efecto Venturi, ya que sabiendo la velocidad del fluido antes del cambio de diámetro y midiendo la diferencia de presiones, se puede hallar la velocidad en el punto buscado.

En estos tiempos el tubo de Venturi se usa en una gran variedad de aplicaciones en el ámbito industrial. Algunas de estas aplicaciones pueden ser la medición de la velocidad de fluidos; la fabricación de máquinas que proporcionan aditivos en una conducción hidráulica; como mezcladores de espumógenos en extintores; en minería, para extraer fluidos de pozos petroleros; en los carburadores de los motores que aspiran, debido a este efecto, el carburante y lo mezclan con aire; en aeronáutica se utiliza para proveer de succión a instrumentos que trabajan en vacío cuando no se cuenta con bombas mecánicas de vacío; en ozonizadores de agua; en neumología se utiliza para la administración de dosis exactas de oxígeno mediante máscaras de Venturi; etc.

4. Uso didáctico

Se divide en dos propuestas: una apuntada a su implementación a nivel secundario y otra propuesta para nivel universitario.

4.1 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, utilizando 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 solo 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.

4.2. Material para el estudiante

4.2.1. GUÍA 1: Efecto Venturi- FÍSICA- NIVEL SECUNDARIO

-Objetivos

- Visualizar el Efecto Venturi.

- Materiales:

Tubo de Venturi
Computadora con programa LibreLab
Kit de medición LibreLab

Actividad 1:

PREDICCIÓN:

Observe el tubo de Venturi con la sopladora que le mostrara el instructor y responda:

- a) ¿Cómo se compara el área de la sección transversal en el tubo donde está la sopladora con el área en el tubo de la derecha?
- b) Considerando que el caudal eyectado por la sopladora es constante y no hay fuentes ni sumideros, ¿Cómo crees que será la velocidad del fluido en la sección más estrecha comparada con la velocidad en la sección más ancha?
- c) Si tapamos la salida de aire en el extremo del tubo, ¿qué considerarás que sucederá con la presión en su interior? ¿Aumenta, disminuye o se mantiene constante?
- d) ¿Cómo supones que será la presión en el interior del tubo en la sección más estrecha comparada con la presión en la sección más ancha?

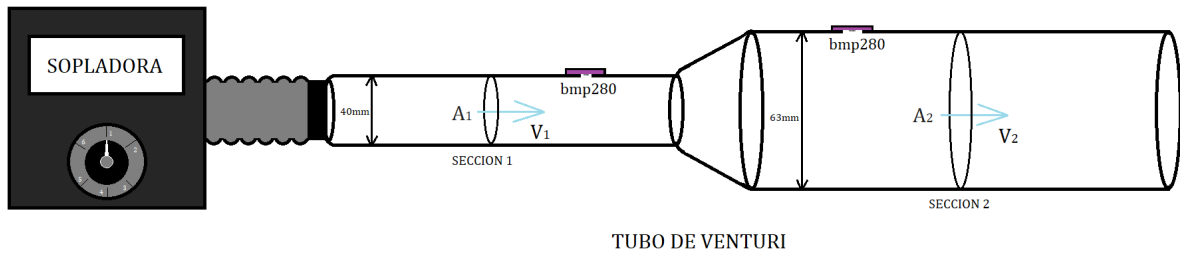


Figura 7: Tubo y sopladora.

Actividad 2: EXPERIMENTACIÓN:

Ahora su instructor encenderá la sopladora e iniciará el registro de datos obtenidos con cada sensor. A partir de lo que observa:

- ¿Cómo se compara la presión en la sección 1 con la presión en la sección 2?
- ¿Cómo se compara la velocidad en la sección 1 con la velocidad en la sección 2?

Conclusiones:

Con base en sus observaciones de la experiencia realizada, complete:

En un fluido ideal, si el caudal que circula por una tubería es constante (ya que no hay pérdidas ni fuentes adicionales) se cumple que:

Cuando el área aumenta, la presión _____.

Cuando la presión aumenta, la velocidad _____.

Cuando el área aumenta, la velocidad _____.

4.2.2. GUÍA 2: Efecto Venturi- FÍSICA- NIVEL UNIVERSITARIO -Objetivos

- Visualizar el Efecto Venturi.
- Aplicar la Ecuación de Bernoulli y el Principio de Continuidad.
- Determinar el caudal de fluido que circula por un conducto.

- Materiales:

Tubo de Venturi
Calibre

Computadora con programa LibreLab
Kit de medición LibreLab

-Opcional:
Cronómetro
Piñata

Actividad 1: PREDICCIÓN:

Observe el tubo de Venturi con la sopladora que le mostrara el instructor y responda:

- Considerando un fluido ideal de caudal constante, ¿Cómo crees que será la velocidad del fluido en la sección más estrecha comparada con la velocidad en la sección más ancha?
- Si se obstruye la salida de aire en el extremo del tubo, ¿Qué pensás que sucederá con la presión en su interior? ¿Aumenta, disminuye o se mantiene constante?
- ¿Cómo considerás que será la presión en el interior del tubo en la sección más estrecha, comparada con la presión en la sección más ancha?

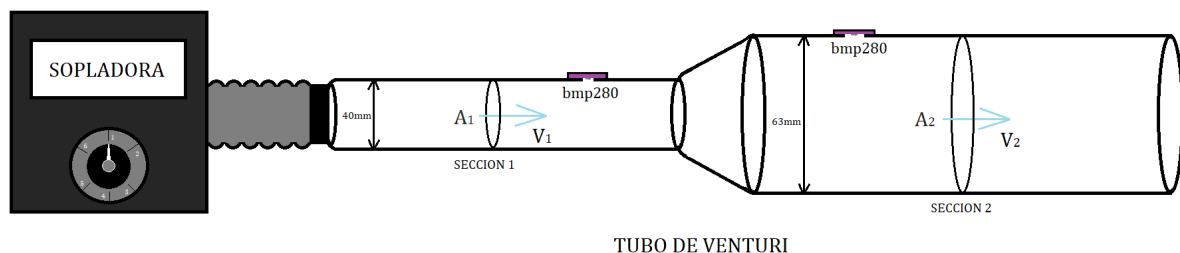


Figura 8: Tubo y sopladora.

Actividad 2: EXPERIMENTACIÓN:

Ahora se encenderá la sopladora y se iniciará el registro de datos obtenidos con cada sensor. Espere a que se llegue al estado estacionario y a partir de los datos obtenidos argumente:

- ¿Cómo se compara la presión en la sección 1 con la presión en la sección 2?

- b) Determine la diferencia media de presión entre la sección 1 y la sección 2.
- c) Mida el diámetro interno de ambas secciones del tubo y calcule sus áreas transversales correspondientes.
- d) Habiendo obtenido la diferencia de presión y las áreas, utilice la Ecuación de Bernoulli y el Principio de Continuidad para determinar las velocidades en la sección 1 y en la sección 2. ¿En qué difieren?
- e) Calcule el caudal de aire que circula por el tubo.

Conclusiones:

Con base en sus observaciones de la experiencia realizada, complete:

En un fluido ideal, si el caudal que circula por una tubería es constante, se cumple que:

Al disminuir el área del conducto, la velocidad _____.

El aumento de velocidad hace que la presión del fluido _____.

La caída de presión es debida a un _____ del área transversal del tubo.

Actividad Opcional: *Determinación del caudal de salida de la sopladora*

- a) Usando un cronómetro mida el tiempo necesario para inflar una piñata con la sopladora.
- b) Suponiendo que la piñata es esférica determine el volumen de aire contenido.
- c) Con estos datos, calcule el caudal de salida de la Sopladora.
- d) El caudal medido en la sección 1 es diferente al caudal de salida de la sopladora, ¿A qué cree que se debe esta diferencia?

4.3. Guías del docente:

4.3.1. GUÍA 1: Efecto Venturi- FÍSICA- NIVEL SECUNDARIO

-Objetivos

- Visualizar el Efecto Venturi.

-Antes de que los alumnos realicen la actividad 2:

- Conectar la sopladora a la sección 1 del tubo de venturi como se ve en la imagen
- Conectar la placa Arduino a la pc mediante la conexión USB (cable azul).
- En el "Manual del usuario del software LibreLab" se detalla el método para comenzar la obtención de datos y visualizar las gráficas de presión y velocidad.

Actividad 2:

- Encender la sopladora
- Mostrar a los alumnos que la presión y la velocidad tardan unos segundos en llegar al estado estacionario (cuando los valores de presión y velocidad se mantienen constantes).
- Notar que efectivamente la velocidad aumenta y la presión decrece al disminuir el área.

4.3.2. GUÍA 1: Efecto Venturi- FÍSICA- NIVEL UNIVERSITARIO

-Objetivos

- Visualizar el Efecto Venturi.
- Aplicar la Ecuación de Bernoulli y el Principio de Continuidad.
- Determinar el caudal de fluido que circula por un conducto.

- Materiales:

Tubo de Venturi
Calibre
Computadora con programa LibreLab
Kit de medición LibreLab

-Opcional:

Cronómetro
Piñata

-Antes de que los alumnos realicen la actividad 2:

- Conectar la sopladora a la sección 1 del tubo de venturi como se ve en la imagen
- Conectar la placa Arduino a la pc mediante la conexión USB (cable azul).
- En el "Manual del usuario del software LibreLab" se detalla el método para comenzar la obtención de datos, visualizar las gráficas de presión y velocidad y la posterior exportación de datos.

Actividad 2:

- Encender la sopladora
- Mostrar a los alumnos que la presión y la velocidad tardan unos segundos en llegar al estado estacionario (cuando los valores de presión y velocidad se mantienen constantes).
- Notar que efectivamente la velocidad aumenta y la presión decrece al disminuir el área.
- Una vez obtenida una cantidad suficiente de datos exportarlos para su posterior uso en algún programa que permita el análisis de datos (Excel, OriginLab, etc.).

4.4. Resultados

En la figura 9 se ve una gráfica de las presiones en la sección 1 y la sección 2 del tubo de Venturi en el tiempo. Se ve claramente que, al inicio, las presiones son iguales y una vez que corre aire por el tubo ambas bajan, siendo mayor la caída de la presión en la sección 1.

La figura 10 es un gráfico de las velocidades del aire en ambas secciones del tubo. La velocidad en la sección 1 es mayor que en la sección 2.

Con estos resultados se comprueba el efecto Venturi, dado que la velocidad es mayor en la sección donde el área transversal es menor y la velocidad del fluido es mayor comparada con las magnitudes medidas en la sección 2.

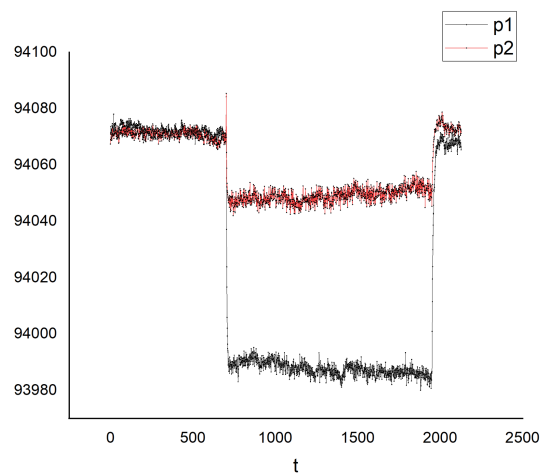


Figura 9: Gráfica de P vs t para las dos secciones del tubo de Venturi.

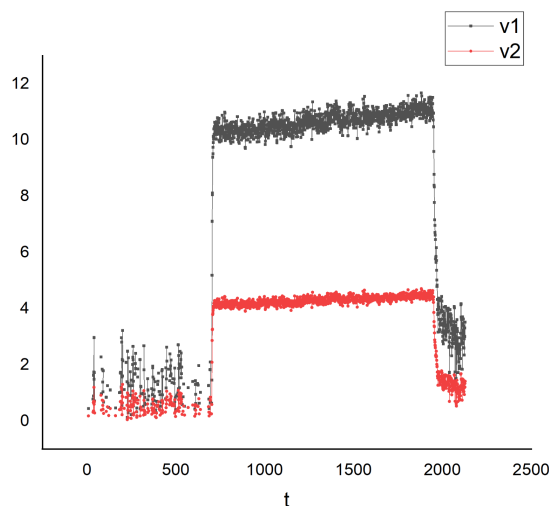


Figura 10: Gráfica de velocidad vs tiempo, para las dos secciones del tubo de Venturi.

Bibliografía

- [1] [Venturino: análisis de la variación de presión en un tubo Venturi utilizando Arduino y sensor de presión Venturino](#)
- [2] [Manual de Usuario sopladora PASCO SF-9216 Variable Output Air Supply](#)
- [3] [Datasheet del sensor de presión BMP280](#)
- [4] [Datasheet del microcontrolador ATMEGA2560](#)
- [5] [Guía para múltiples sensores de presión BMP280 con Arduino](#)
- [6] Sitio web del proyecto LibreLab - <https://LabUNSL.github.io/>