



Experimentación física y pensamiento estadístico

Fecha de entrega: 14 de marzo del 2022

Equipo 2

Actividad 5: "Reporte Final Torricelli & Mariotte"

Profesor: Víctor Fransisco Robledo Rella

Nombres	Apellidos	Matrícula
Ana Lucía	Ahedo Reyes	A01661890
Alain	Hurtado Escamilla	A01662203
María Beatríz	Gómez García	A01656696
Andrés Eugenio	Martínez Sánchez	A01656442
Juan Pablo	Martínez Arias	A01656344

Torricelli

Resumen:

Para la primera práctica, se utilizó una probeta con un orificio en la parte inferior, por donde posteriormente saldría el líquido. Se realizaron dos tipos de mediciones: una donde la altura del líquido (agua) se mantuviera constante y otro donde fuera disminuyendo; las dos anteriores, con el objetivo de medir la velocidad del caudal. En ambas mediciones se realizó tres veces el experimento. Posteriormente se introdujeron los datos a una tabla de excel, se calcularon los errores de las medidas para obtener el gasto volumétrico y la velocidad, aunque no fueron exactos por los diferentes errores que pueden tener todas las mediciones.

Introducción:

Gracias a esta actividad, se pudo observar el comportamiento de los fluidos (agua) bajo distintas condiciones de presión. Con los datos obtenidos, se pudo realizar análisis y distintas gráficas que ayudaron a interpretar las mediciones obtenidas. En las gráficas se comparó velocidad experimental contra altura, contra la raíz de altura y los errores de la velocidad contra la raíz de altura.

De igual manera, se cumplieron los objetivos establecidos:

Torricelli

- Calcular la velocidad del caudal con dos métodos distintos. Uno con altura del líquido constante y otro donde la altura fuera disminuyendo.
- Calcular el gasto volumétrico
- Observar y distinguir entre los valores teóricos y los experimentales.

Métodos:

Material empleado:

- Probeta de 6.4 L de volumen con orificio en la parte de abajo
- Cubeta
- Agua
- Garrafón de 6 litros
- Regla de un metro
- Vernier
- Cinta
- Plumón
- Banco
- Tripié y cámara/teléfono para grabar



Diseño e implementación del dispositivo experimental:

- Primero se marcaron las medidas de la altura en la probeta con el plumón y la regla, de 1 cm de diferencia.
- Se puso la probeta en una base, y se colocó una regla de manera horizontal, al lado de la probeta, como marco de referencia en el eje x.
- Se colocó la cubeta en un banco a una altura menor de la base de la probeta.
- La cubeta recibirá el agua que se vacíe de la probeta, entonces ajustamos la probeta y la cubeta para que el orificio deje salir el agua directamente hacia la cubeta a una altura y_0 .
- Se colocó el tripié y el teléfono que nos ayudará a registrar los resultados en video

- Se llenó la probeta a una altura de 50 cm con agua (preferentemente con colorante para que se distingan mejor los resultados)
- Para la primera parte del experimento, dejamos que el agua se vacíe en la cubeta y registramos el tiempo de vaciado y la distancia horizontal del caudal en relación al tiempo, así como el volumen del agua vaciada (en litros).
- Para la segunda parte, llenamos el garrafón y la probeta (a los 50 cm) con agua.
- Al momento de destapar el orificio por el que el agua de la probeta se vaciará, con el garrafón agregamos agua a la probeta manteniendo la altura del agua inicial (50 cm) y registramos las medidas del caudal.

Ecuaciones utilizadas:

Gasto Volumétrico:

$$G_v = \frac{Vol}{\Delta t} = A_2 v_2$$

Gasto volumétrico se obtiene dividiendo el volumen que fue expulsado del contenedor, entre el total de tiempo que se tardó en expulsarlo. Esto es igual al área del orificio por la velocidad del caudal.

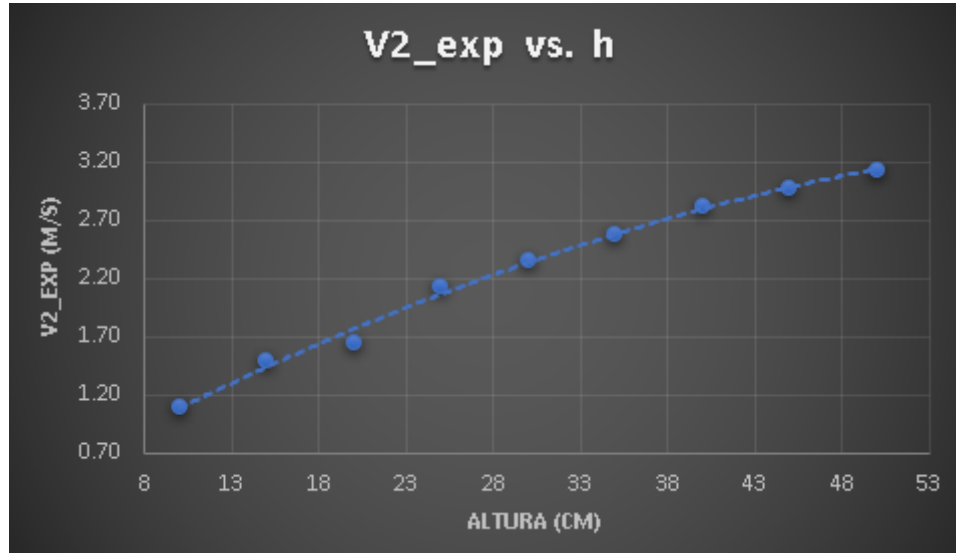
¿Qué unidades tiene el producto $A_2 v_2$? Metro cúbico sobre segundo m^3/s .

Bernoulli:

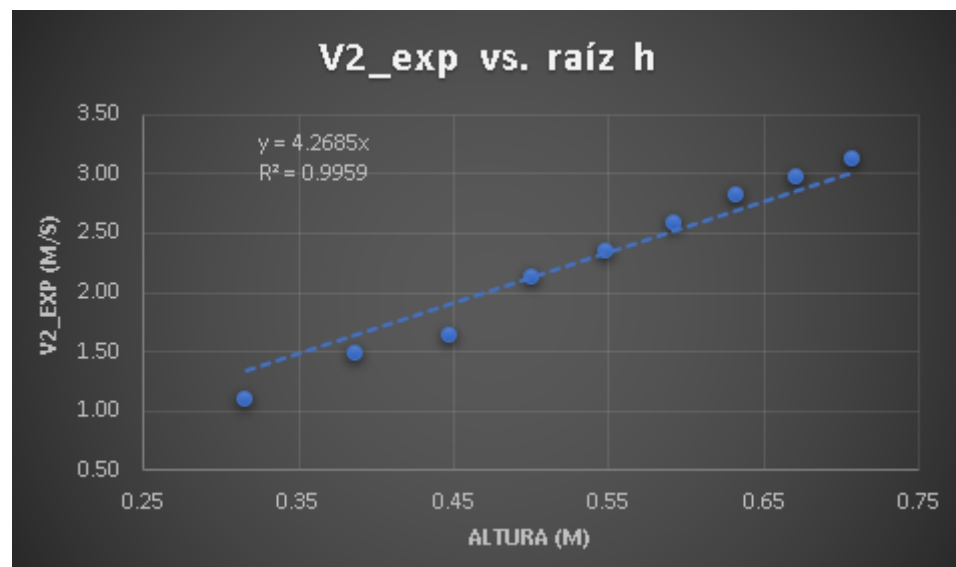
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

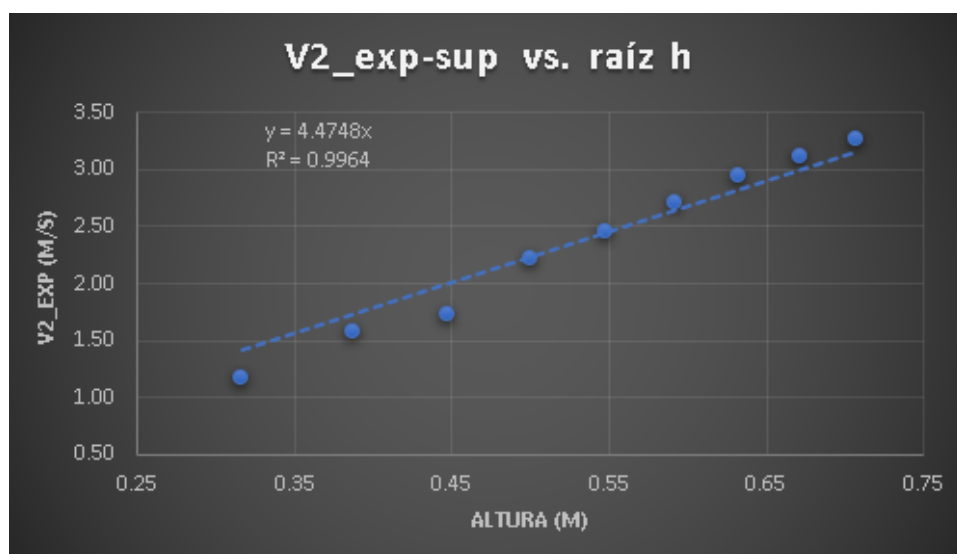
Resultados y Discusión



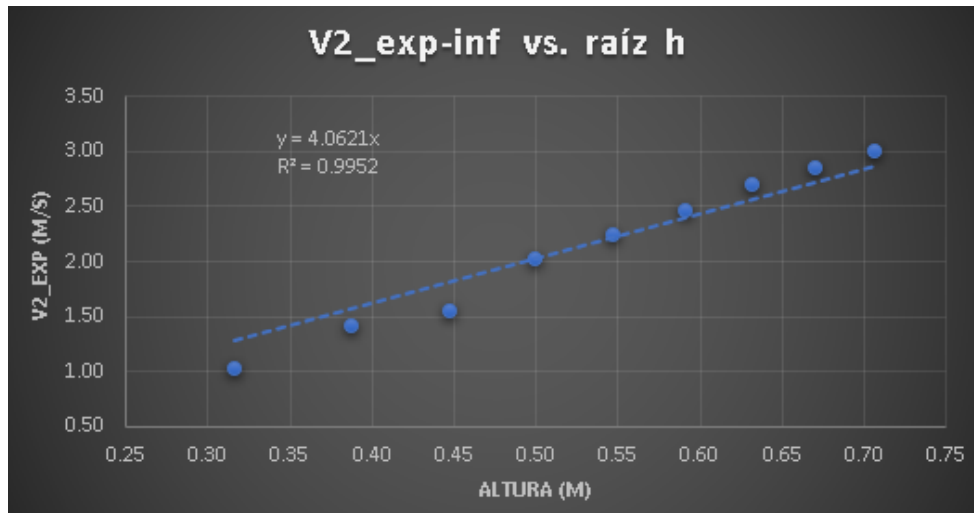
En esta gráfica de velocidad experimental contra la altura, se espera tener una curva de forma parabólica, ya que esta presenta una relación a través de la raíz cuadrada de la altura, siendo esto mismo el vínculo entre x y h . . Para esta gráfica no fue necesaria aplicarle un ajuste



En este caso, realmente lo que se espera no es una curva, sino una línea recta, ya que, al momento de sacarle la raíz cuadrada a la altura, se cancela el efecto parabólico de la gráfica anterior, por lo que tiene total sentido que en este caso la gráfica muestre una función lineal. Así mismo, la ecuación dada por la línea de tendencia en Excel ($y = 4.2685x$) es la relación de $\sqrt{2g}$ (la pendiente) por lo que nos da que la gravedad, en este caso, es de 9.1 m/s^2 , el valor de la gravedad se espera que se acerque más al 9.7 cuando le sumamos el valor de los errores



Esta gráfica es similar a la antes presentada, con la diferencia de que se utilizaron los errores superiores, $V_{experimental} + \delta$, por lo que los valores graficados aumentan levemente, siendo así la gráfica que más se asemeja al valor real de la gravedad en la Ciudad de México. La cual debido a la altura en la que se encuentra tiene una gravedad menor a 9.81



Esta gráfica es similar a la dos antes presentadas, con la diferencia de que se utilizaron los errores inferiores, $V_{experimental} - \delta$, por lo que los valores graficados disminuyen levemente.

Tablas:

Esta tabla muestra los datos medidos en el laboratorio en la práctica, también se encuentran sus errores estadísticos, el error instrumental

$= 0.50m$ y los valores centrales.

Altura (h)	Raíz de h	δh	Alcance horizontal (x)	Alcance horizontal 2(x)	Alcance horizontal 3 (x)	Error estadístico alcance horizontal	δ alcance horizontal	Valor central alcance horizontal
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
50	7.07	0.5	40	40.1	39.9	0.10	0.51	40.0
45	6.71	0.5	38	38.2	37.9	0.15	0.52	38.0
40	6.32	0.5	36	36	35.8	0.12	0.51	35.9
35	5.92	0.5	33	32.8	33.2	0.20	0.54	33.0
30	5.48	0.5	30	29.8	30.1	0.15	0.52	30.0
25	5.00	0.5	27	27.3	26.9	0.21	0.54	27.1
20	4.47	0.5	21	20.8	21.2	0.20	0.54	21.0
15	3.87	0.5	19	19.2	18.9	0.15	0.52	19.0
10	3.16	0.5	14	13.9	14.1	0.10	0.51	14.0
						Error instrumental cm		
						0.50		

Tabla 1

Distancia caída (y0)	δ Distancia caída
cm	cm
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5
8	0.5

Tabla 2

V2_Exp	δ V2_Exp	V_exp2_sup	V_exp_inf	V2_Teo
m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
3.13	0.14	3.27	2.99	3.13
2.98	0.13	3.11	2.84	2.97
2.81	0.13	2.94	2.69	2.80
2.58	0.12	2.71	2.46	2.62
2.35	0.11	2.46	2.23	2.43
2.12	0.11	2.23	2.01	2.21
1.64	0.09	1.74	1.55	1.98
1.49	0.09	1.58	1.40	1.72
1.10	0.07	1.17	1.02	1.40

Tabla 3

En la tabla 3 se encuentra el dato de la velocidad experimental la cual se obtuvo de la fórmula $\sqrt{\frac{9.81}{2}} * \frac{x_{central}}{y_0}$, de ahí calculamos sus error absoluto, $\delta v = v_0 \left(\frac{\delta x}{x_0} + \frac{1}{2} \frac{\delta y}{y_0} \right)$, el superior = $V_{exp} + \delta v$ y el inferior = $V_{exp} - \delta v$, finalmente calculamos la velocidad teórica con la ley de Torricelli la cual se calculó de la siguiente manera $\sqrt{2 * 9.81 * h}$

Calculo de la velocidad con método de gasto volumétrico							
Tiempo	δ Tiempo	Volumen	δ Volumen	Diametro	Área del orificio (A2)	Gasto Volumétrico	V2
s	s	cm³	cm³	cm	cm²	cm³/s	m/s
8	0.5	500	0.5	0.7	0.38	62.50	0.16
9	0.5	480	0.5	0.8	0.50	53.3	0.11
7	0.5	520	0.5	0.6	0.28	74.3	0.26

Tabla 4

Finalmente para la tabla 4 calculamos el gasto volumétrico gracias a la fórmula de $\frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$.

Análisis de datos:

- Todas las medidas directas fueron hechas en centímetros por lo que los errores instrumentales de todas fueron el mismo. El error estadístico se calculó con la desviación estándar entre las tres mediciones que realizamos para cada alcance horizontal. El error absoluto del alcance horizontal es la raíz del del error instrumental al cuadrado más el error estadístico al cuadrado. Finalmente, el valor central del alcance horizontal es el promedio entre los tres errores.
- La distancia de caída (y_0) se colocó como un valor fijo por lo que no hubo un error estadístico de diferentes medidas, sin embargo, sí tuvo un error instrumental, con lo que se sacó su error absoluto.
- Para calcular el resultado del error absoluto de la velocidad experimental utilizamos la siguiente fórmula: $\delta v = v_0 \left(\frac{\delta x}{x_0} + \frac{1}{2} \frac{\delta y}{y_0} \right)$
- La cual consiste en multiplicar la velocidad inicial experimental por el error absoluto de x entre su valor de x_0 , a esto sumarle $\frac{1}{2}$ por el error absoluto de y entre el valor de y_0 , así pudimos sacar el valor del error absoluto de la velocidad. La verdad es que los resultados coincidieron bastante para los primeros valores, teniendo una velocidad experimental de 3.13 m/s y la calculada con la ley de teórica de Torricelli la cual también nos dió un valor inicial de 3.12 ; nos sorprendió bastante tener una coincidencia casi perfecta para estos valores; sin embargo ya en valores para alturas más bajas ya los datos no coinciden mucho.

- Una de las cosas que pudimos notar y que nos resaltan es la importancia de la contemplación de los errores, ya que logramos obtener la gráfica más precisa y con la pendiente que más se acercó al valor de la gravedad fue en la que le sumamos los errores a la velocidad experimental. Lo que nos dice que podemos calcular el valor de la gravedad con este experimento; independientemente a la altura en la que nos encontremos
- La tabla 4 representa los cálculos que se utilizaron para obtener el gasto volumétrico y la velocidad del caudal. Se utilizó un rango de números para la misma medida, lo que representa el error de cada dato.
- A su vez en la elaboración de las tablas y teniendo la velocidad experimental en comparación a la velocidad que se calcula por medio del gasto volumétrico entre el área, los valores que obtuvimos fueron diferentes por lo que concluimos que lo mejor es contemplar los datos (ya sean valores mínimos, el valor central o el máximo) e ir jugando con los datos para ver cuál se acerca más a nuestra velocidad experimental.

Handwritten calculations on a spreadsheet background:

$$G_V = \frac{V}{\Delta t} = \frac{500 \text{ cm}^3}{8 \text{ seg}} = 62.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Other values and calculations shown:

- 520 , 480 , $62.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$, 65.0 , $71.4 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$, 62.50 , 53.3 , 74.3
- 60 , $53.3 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$, 2.52 , 106
- $U_2 = \frac{Q_1}{A_2} = \frac{62.5}{0.389} = 163 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- $A = \frac{\pi}{4} (0.7)^2 = 0.389 \text{ cm}^2$
- 0.503 , 0.283

- Hay muchos posibles errores los cuales pueden cambiar ampliamente nuestros resultados, lo importante es ver que valores se ajustarán mejor a lo que estamos buscando.

Conclusiones:

Del experimento anterior se pudo concluir que, comparando la velocidad experimental con la teórica, hay un ligero margen de error que surge de los errores absolutos de la medición del alcance horizontal, así como de los instrumentales de la distancia de caída y de la altura. Por otro lado, la velocidad calculada mediante el método de *gasto volumétrico*, nos arrojó un resultado similar, que se explica por la diferencia que se generó entre . Por otro lado, en el análisis descubrimos que los datos llegan a variar por la influencia de la diferencia en la gravedad que se presenta en la Ciudad de México por encontrarnos a 2,240 metros sobre el nivel del mar.

Por otra parte se puede concluir que los errores jugarán un rol sumamente importante en la elaboración de los datos y posteriormente en los cálculos de en este caso la velocidad experimental, el gasto volumétrico y la velocidad teórica.

Mariotte

Resumen:

Para la segunda práctica se utilizó una botella de plástico de (600 ml) con un orificio en la parte inferior y un popote que atravesaba la tapa, todo sellado adecuadamente con cinta de aislar. Se llenó la botella de agua a una altura específica (95 mm) y se cerró la botella con la tapa con el popote previamente instalado. Se vació el agua y se midió el alcance horizontal y las medidas de la botella y el popote.

Se realizaron cuatro corridas del experimento. Se registraron los datos en tablas de Excel y se calculó la velocidad del caudal y la relación que hubo entre esta y la altura del agua en la botella, incluyendo la diferencia entre la velocidad cuando la altura del agua era más alta que la del popote y

posteriormente. Con las fórmulas de Bernoulli sacamos la velocidad teórica y se comparó con los resultados obtenidos experimentalmente. Incluyendo los errores absolutos de todos los factores involucrados en el experimento, resultando en la variación de los resultados experimentales comparados con los teóricos.

Introducción:

Para fines de esta práctica, se realizó una botella de Mariotte y se comprendió y analizó su funcionamiento para, posteriormente, registrar datos importantes en una hoja de Excel, tal y como lo es el tiempo, la altura y el alcance horizontal para notar la diferencia en velocidad cuando la altura del agua es mayor a la del popote y posteriormente cuando la altura es menor.

Con la ayuda de la ecuación de Bernoulli, se relacionaron los datos de x (alcance horizontal) y H (altura del popote dentro de la botella), los cuales fueron tomados en milímetros.

Así mismo, en la hoja de cálculo, se evaluaron las diferentes propagaciones de errores: error del alcance horizontal, el error de la velocidad de salida experimental, el error de la altura, y el error de la ecuación de Bernoulli.

Finalmente, se graficaron dos diferentes casos experimentales: para el popote fuera del agua ($h \leq H$) y para el popote dentro del agua ($h > H$), a estas gráficas, se les implementó el método de los mínimos cuadrados para, de esta manera, poder comparar la parte teórica con la parte experimental.

Métodos:

Material empleado:

- Una botella de plástico de 650 ml.

- Cinta de aislar.
- Popote de plástico.
- Cinta adhesiva.
- Agua.
- Plastilina.
- Cutter.
- Destornillador.



Diseño e implementación del dispositivo experimental:

- Se le realizó un orificio a la tapa de la botella, en la parte central. Esto se realizó con la ayuda de un destornillador.
- En el orificio de la tapa se introdujo un popote, el cual se colocó a una medida de referencia, y se aseguró con un poco de cinta de aislar y plastilina.
- Posteriormente, se cortó un pedazo de cinta adhesiva, y se le pegó a la botella. En esta, se realizaron una marcas, las cuales indican las medidas de la botella en milímetros.
- En la parte inferior de la botella se hizo un hoyo, el cual tenía la función de desalojar el agua contenida.
- Se colocó una regla de manera horizontal, al lado de la botella, como marco de referencia en el eje de las x.
- La botella se llenó a diferentes alturas, las cuales fueron registradas en un video, el cual también muestra cómo esta desagua.
- Por medio del video se registraron los datos necesarios para tabular en Excel.

Ecuaciones utilizadas:

$$\Rightarrow V_{exp} = \sqrt{g/2} \cdot x/y_0$$

$$\Rightarrow V_{teórica} = \sqrt{2gh}$$

$$\Rightarrow m = \frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

$$\Rightarrow b = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

Resultados y Discusión

Tablas:

Corrida	Tiempo (t)	Altura (h)	Altura (h)	Raíz altura en m (h)	δ h	Altura popote (h)	Alcance horizontal (x) 1	Alcance horizontal (x) 2
UNIDADES	s	mm	m	m	mm	mm	mm	mm
1	1	40	0.040	0.20	0.5	40	50	50
2	12	40	0.040	0.20	0.5	40	50	50
3	19	40	0.040	0.20	0.5	40	50	50
4	21	40	0.040	0.20	0.5	40	49	49
5	23	35	0.035	0.19	0.5	40	46	47
6	26	30	0.030	0.17	0.5	40	40	41
7	29	25	0.025	0.16	0.5	40	22	24

Alcance horizontal (x) 3	Alcance horizontal (x) 4	Error Estadístico de x	Valor central alcance horizontal (x)	δx	Diámetro Popote	Distancia de caída (y ₀)	δ y	Velocidad de salida experimental (v _{2_Exp})
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m/s
50	50	0.0	50.0	0.50	5	25	0.5	0.70
50	50	0.0	50.0	0.50	5	25	0.5	0.70
50	50	0.0	50.0	0.50	5	25	0.5	0.70
49	47	1.0	48.5	1.12	5	25	0.5	0.68
48	46	1.0	46.8	1.08	5	25	0.5	0.65
39	40	0.8	40.0	0.96	5	25	0.5	0.56
23	22	1.0	22.8	1.08	5	25	0.5	0.32

δ v _{2_Exp}	V _{2_Exp} Sup	V _{2_Exp} Inf	Velocidad de salida teórica (v _{2_teo})
mm	mm	mm	m/s
0.01	0.71	0.69	0.89
0.01	0.71	0.69	0.89
0.01	0.71	0.69	0.89
0.02	0.70	0.66	0.89
0.02	0.68	0.63	0.83
0.02	0.58	0.54	0.77
0.02	0.34	0.30	0.70

Experimental				
n	X	Y	(x*y)	X^2
5				
	0.20	0.68	0.136	0.04
	0.19	0.65	0.1235	0.04
	0.17	0.56	0.0952	0.03
	0.16	0.32	0.0512	0.03
	0.14	0.16	0.0224	0.02
Σ	0.86	2.37	0.4283	0.15
ΣX ^2	0.74			

m
9.061
b
-1.085

Teórico				
n	X	Y	(x*y)	X^2
5				
	0.20	0.89	0.178	0.04
	0.19	0.83	0.1577	0.04
	0.17	0.77	0.1309	0.03
	0.16	0.70	0.112	0.03
	0.14	0.63	0.0882	0.02
Σ	0.86	3.82	0.6668	0.15
ΣX ^2	0.74			

m
4.28
b
0.027719

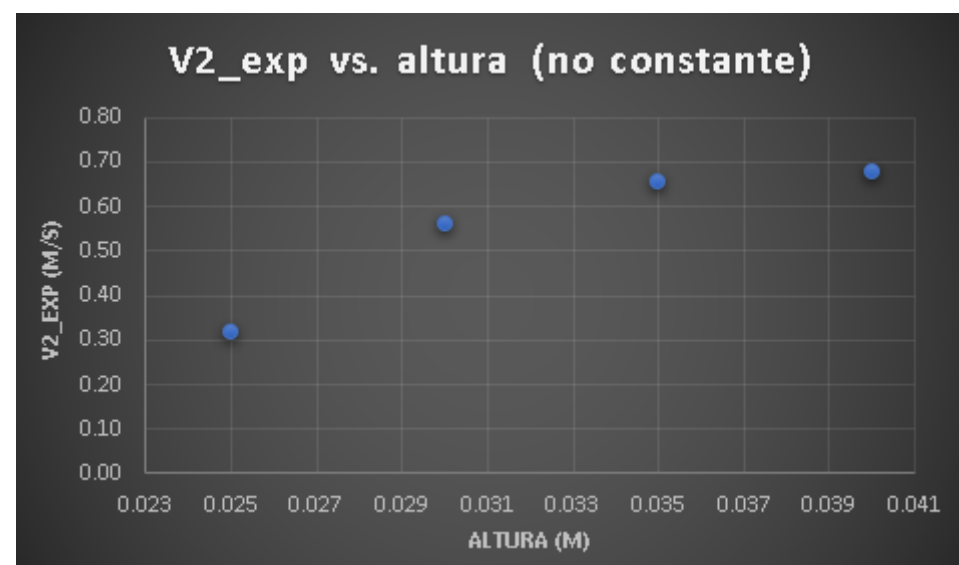
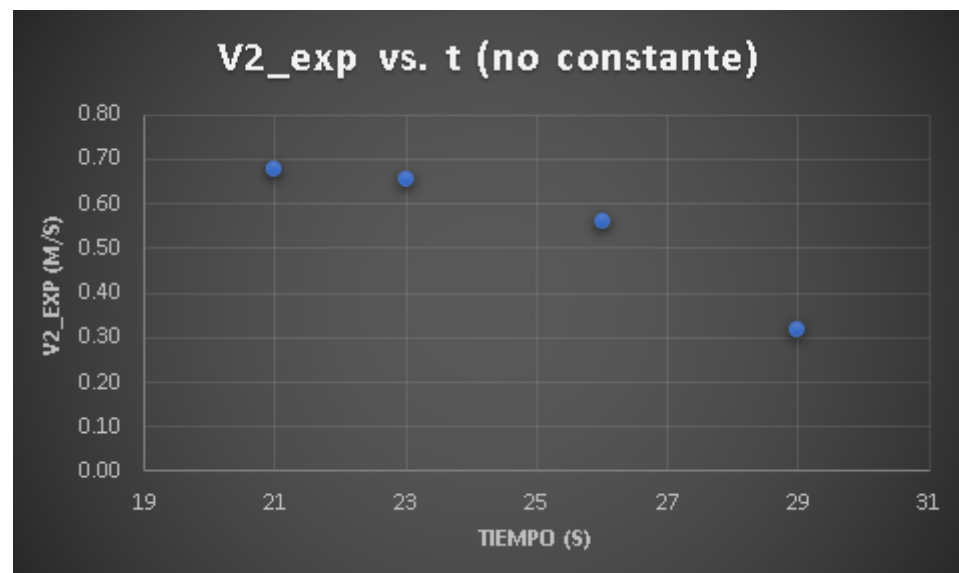
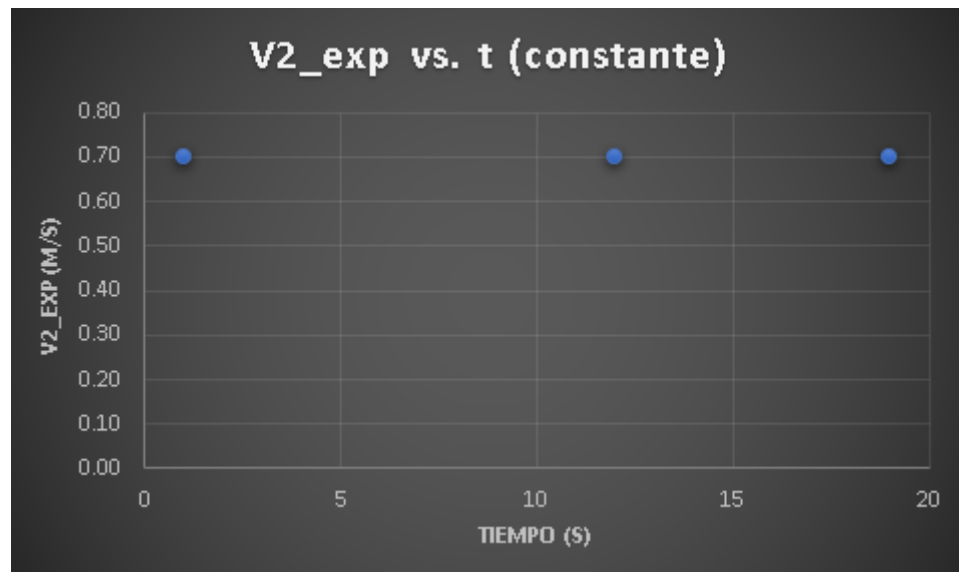
Resultados:

Al realizar el experimento de Mariotte, hubo varios resultados que se habían obtenido previamente en el experimento de Torricelli; estos fueron la gráfica de la velocidad experimental contra la raíz de altura, así como los resultados finales para el cálculo de la velocidad experimental, que si bien usas las mismas fórmulas, los resultados llegan a variar por el margen de error y de paralaje.

Respecto las tablas de los resultados del experimento de Mariotte podemos ver que existen tres renglones subrayados con un color azul que representan al experimento cuando el nivel agua estaba por encima de la boca inferior del popote, mientras que los renglones inferiores son de cada altura del agua luego de que ésta quedase debajo del popote.

En este caso, nuestros valores del alcance horizontal, es decir, de x , fueron constantes las primeras tres corridas, teniendo un valor de cincuenta milímetros. Después de esto, los cuatro valores restantes de x variaron (esto se puede observar en las tablas realizadas en Excel). Este caso se repite con la velocidad experimental, ya que toma como referencia los valores de x , teniendo como consecuencia el mismo patrón de datos.

Las siguientes gráficas representan al experimento antes y después de que el nivel del agua quedara debajo del popote:



Para esta parte del experimento, se repetían las gráficas previamente hechas y calculadas con el experimento de Torricelli, sin embargo, podemos inferir las mismas situaciones, que la pendiente de la gráfica v_{exp}^2 vs \sqrt{h} es el resultado de $\sqrt{2g}$, y está en metros sobre segundos porque se había decidido pasar el resultado a m para emplear la gravedad como 9.81 m/s. Sin embargo, por el margen de error de los diferentes valores que componían a la velocidad, los resultados no fueron exactos pero sí muy similares en el experimento anterior.

Cuando la base del popote está dentro del agua se esperaría una línea recta porque la velocidad para este punto debe ser constante, mientras que el punto en el que la base del popote queda fuera del agua, la velocidad debería ir decreciendo mientras el tiempo va incrementando.

Para esta parte del experimento, se repetían las gráficas previamente hechas y calculadas con el experimento de Torricelli, sin embargo, podemos inferir las mismas situaciones, que la pendiente de la gráfica.

Análisis de datos:

Analizando los resultados obtenidos, podemos concluir que en ambos experimentos, se pueden conseguir los valores experimentales para luego mediante despejes, poderlos comparar con los teóricos. Así como podemos observar que en las pendientes de las gráficas podemos comprobar nuestra eficacia comparándola con los valores de la gravedad.

Conclusiones:

Después de realizar esta práctica y comparar los resultados y datos que obtuvimos del experimento, con los datos obtenidos de manera teórica, podemos concluir que, aunque se acercan mucho, los datos varían o son

ligeramente diferentes, pues existen varios errores sistemáticos que afectan los resultados. Un ejemplo de esto es la variación de la gravedad dependiendo de la región en la que se realice el experimento, o el sistema de medición que se utilice y qué tan exacto es, como en nuestro caso, las mediciones fueron ajustadas a mano, por lo que existe posibilidad de que no sean totalmente exactas y haya variaciones muy menores. Sin embargo, estos errores son esperados, porque se conoce la existencia de los distintos factores que están involucrados y pueden calcularse, obteniendo así un margen de error que, aunque debería ser bastante pequeño, nos permite seguir reflejando que el experimento demuestra lo planteado previamente de manera teórica. Los datos y este experimento, nos muestran que los errores pueden hacer que varíen mucho los resultados y que en comparación sean distintos a los que fueron sacados de forma teórica, por lo que es necesario asegurarse de sacar los datos correctos e incluso hacer varias corridas de mediciones y del mismo experimento para tener mejor certeza de obtener el resultado correcto y que si concuerde con los resultados sacados teóricamente.

Referencias:

★ *Dinámica de fluidos.* (n.d.). Retrieved from

<https://www.ugr.es/~esteban/earth/apuntesbasesfisicas/tr4#:~:text=La%20ecuaci%C3%B3n%20de%20Bernoulli%20expresa>

★ Link videos:

<https://drive.google.com/drive/folders/1j3kWBEHEYVH1xy1uGtnDnLQrA5zpUgtV?usp=sharing>

Aportaciones de cada integrante del equipo:

- ★ Alain Hurtado Escamilla: Excel, análisis de datos, tablas y redacción.
- ★ Ana Lucía Ahedo Reyes: Tabulación y graficación tanto de los datos del primer experimento como del segundo; introducción, resumen, ecuaciones, realización de los experimentos, análisis de resultados.
- ★ Juan Pablo Martínez Arias: Excel en la parte de errores absolutos y velocidades experimentales, resultados de Torricelli, análisis de resultados y realización de los experimentos.
- ★ María Beatriz Gómez García: En la parte de Torricelli: Materiales y diseño e implementación del experimento, dentro del excel un porcentaje de la tabla de resultados. De la práctica de Mariotte, el resumen, la conclusión y dentro del excel el ajuste de los mínimos cuadrados y parte de las tablas del registro de datos.
- ★ Andrés Eugenio Martínez Sánchez: Introducción de ambas prácticas dentro del documento, ajuste de mínimos cuadrados en el Excel, análisis de tablas y tanto materiales, como participación para la repetición del experimento.