



Universidad Politécnica de Madrid

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES

PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Práctica 1: Diseño de un experimento

Implementación y comparación de un generador dinámico de laberintos en C++ mediante un algoritmo *recursivo* e iterativo

Celia RAMOS RAMÍREZ (18295)

Gonzalo QUIRÓS TORRES (17353)

Josep María BARBERÁ CIVERA (17048)

3º GITI

28 de abril de 2021

Práctica 1: Determinación de la tensión superficial

Descripción y objetivos

Mediante la realización de esta práctica se pretende **medir la tensión superficial σ de un líquido a diferentes temperaturas**. Se utiliza para ello el método de *du Noüy*, en el cual la tensión superficial se determina midiendo la fuerza que hay que emplear para levantar un anillo bañado en el líquido por su cara inferior.

Fundamentos teóricos y del dispositivo

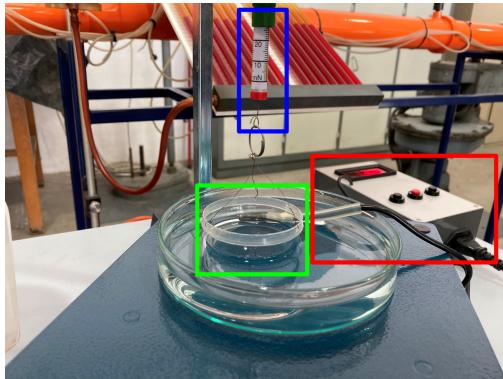


Figura 1: Dispositivo du Noüy para la medida experimental de la tensión superficial.

De forma resumida el experimento se basa en medir con un dinamómetro (en mN) la fuerza que es necesario ejercer para separar el anillo de la superficie del líquido, en nuestro caso agua. Esto se realiza situando de forma vertical un dinamómetro y colgando de este el anillo. La forma de separar dicho anillo de la superficie del agua es separando la base, en la que se apoya la placa con agua, hacia abajo. Antes de introducir el anillo en el agua, debe medirse (mediante lectura del dinamómetro) el peso del anillo. Este anillo es de plástico y tiene un peso aproximado de 4 mN, como podrá comprobarse en las tablas que siguen.

Dicho anillo tiene dos radios, uno exterior de 30 mm y el interior de 29 mm, por lo que se pueden aproximar por el radio medio $D = (r_1 + r_2)/2 = 29,5 \text{ mm}$, ya que la *longitud capilar* del agua ($\simeq 3 \text{ mm}$) es muy superior a la diferencia de radios ($r_1 - r_2 = 0,5 \text{ mm}$). Debe separarse la superficie inferior lentamente hasta que se venza la tensión superficial, anotando el último valor leído en el dinamómetro. Ya se ha comentado el deseo de medir la tensión superficial σ a dos rangos de temperaturas, uno a temperatura ambiente ($\simeq 15^\circ\text{C}$) y el otro a mayor temperatura ($\simeq 45^\circ\text{C}$). Se espera, según la teoría que σ disminuya al aumentar la temperatura¹.

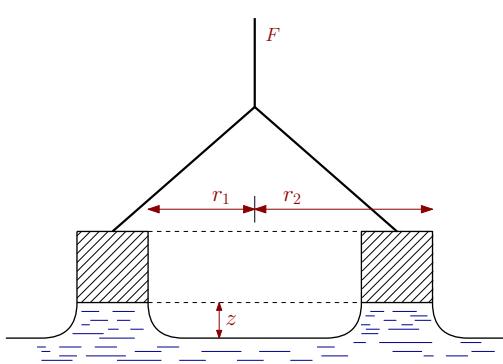


Figura 2: Esquema del contacto entre el anillo y el líquido. Realizado mediante Ipe drawing editor

¹En la práctica se ha observado el efecto contrario, suponemos que es debido a una mala medición de la situación en frío. Otra causa posible es la diferente procedencia del agua empleada, siendo un posible experimento realizar dicha práctica con agua de la misma composición.

En la FIG. 1 puede verse en rojo el display con el sensor de temperatura y la sonda, en verde el anillo de plástico y en azul el dinamómetro utilizado. Se incluye a continuación un dibujo esquemático del anillo de plástico en contacto con el agua, ver FIG. 2.

Para el cálculo *teórico* de la tensión superficial σ , se puede emplear la siguiente ecuación:

$$F_\sigma = l \cdot \sigma \quad \left[m \cdot \frac{N}{m} \right]$$

donde l es el perímetro del círculo de plástico empleado. No es necesario realizar la suma de los dos perímetros (exterior e interior) pues ya se ha demostrado que se pueden aproximar sus radios por el radio medio, que llamaremos D . De esta forma:

$$F_\sigma \simeq 2\pi\sigma D$$

Se puede demostrar, por otro lado, que en la situación de $r_1 - r_2 \ll \lambda_c$ la fuerza F_σ es equivalente a la fuerza total resultante F . Es decir, realmente la fuerza total también debería tener en cuenta la fuerza de succión que se produce en el anillo, por la sobrealtura z del agua en contacto con el anillo, pero puede despreciarse por lo anteriormente comentado. Así finalmente podemos afirmar que:

$$F \simeq F_\sigma = 2\pi\sigma D \Rightarrow \boxed{\sigma \simeq \frac{F}{2\pi D}}$$

Resultados

Se incluye a continuación la tabla con los resultados del experimento.

T (°C)	F ₀ (mN)	F ₁ (mN)	F (mN)	σ (N/m)	σ (dyn/cm)
15	4	30	26	0.140	140.3
15	4	31	27	0.146	145.7
44	4	32	28	0.151	151.1
40	4	32	28	0.151	151.1

Tabla 1: Resultados del experimento. Notar que $F = F_1 - F_0$

Como puede observarse se han tomado cuatro medidas, dos con agua fría y otras dos con agua caliente. En las dos primeras la temperatura era estable y constante. En las últimas el agua se fue enfriando, por eso la diferencia de temperatura entre la tercera y la cuarta medida. Teóricamente, era de esperar que la tensión superficial disminuyera al aumentar la temperatura, pero en este caso sucede lo contrario. Creemos que esto es debido a otras variables que no se han tenido presentes, como la procedencia, y por tanto, la composición del agua, pues el agua fría y la caliente tenían distinto origen, no eran la misma. Por otro lado, creemos que una posible mejora puede ser aumentar el número de medidas, pudiendo incrementarse hasta tres para cada temperatura, lo cual pondría, quizás, más en evidencia el verdadero carácter de los resultados, pues desconocemos hasta qué punto fue el error humano (malas medidas previas, “contaminación” del dispositivos, etc.) lo que propició dichos resultados.

Práctica 2: Cálculo del momento hidroestático

Descripción y objetivos

En este experimento se pretende **medir el momento hidroestático sobre un eje**. Para ello se ha empleado el aparato mostrado en la figura FIG.3. El experimento se realiza con la cara vertical del cuadrante parcial y totalmente sumergida.

Fundamentos teóricos y del dispositivo

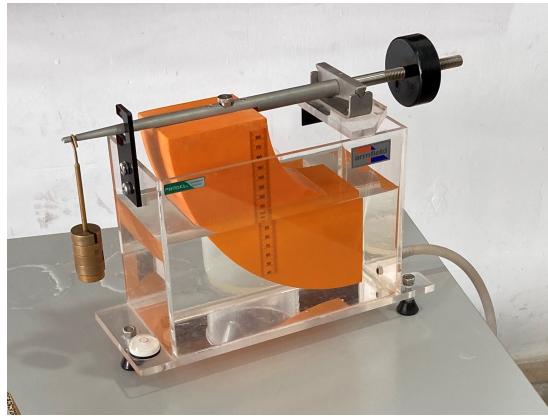


Figura 3: Dispositivo experimental para la medida del momento hidroestático

Se desea medir el momento que realiza el empuje del agua sobre el cuerpo (o cuadrante) naranja sumergido en este. Dicho cuerpo naranja está sujeto a una barra que puede pivotar sobre un eje transversal a la misma (ver círculo rojo en FIG. 4). Esta barra dispone de dos pesos uno fijo y otro móvil. Además, el fijo puede variar añadiendo pesas (de unos 100 g cada vez). La forma peculiar del cuerpo naranja se justifica al analizar las fuerzas que actúan sobre él y cómo afectan al momento producido sobre el eje de giro.

Por un lado, las fuerzas laterales son paralelas a dicho eje, por lo que no aportan momento. Por otro lado, las fuerzas que actúan sobre la parte curva son perpendiculares a su superficie, es decir, con dirección radial según el centro de curvatura de dicha superficie, que coincide con el eje de giro, por lo que tampoco transmiten momento a dicho eje. Finalmente, la única superficie que aporta momento al eje es la cara rectangular vertical del cuadrante.

Al inicio del experimento se equilibran los momentos del peso del cuerpo naranja y de la barra a la que está sujeto con la pesa fija (ver rayado azul en FIG. 4). Esto se consigue gracias a un indicador de nivel, es decir, se trata de que la barra alcance la posición horizontal. La dinámica del experimento² es la siguiente: añadir agua al tanque donde está el cuadrante, hasta que el momento hidroestático que resulta de la fuerza de flotación iguale al momento producido por las pesas en cuestión. Medir el valor de la profundidad d a la que está sumergido el cuadrante (con la ayuda de la regla impresa sobre el mismo).

²Deben tomarse algunas consideraciones y precauciones en la realización del experimento. Lo primero es que el equilibrado inicial debe hacerse sin la varilla que sujetase las pesas de 100g (ver señalado en verde en FIG. 4). Lo segundo es que al añadir el agua es importante no mojar el cuadrante. Finalmente, comentar la posibilidad de realizar el experimento a la inversa, es decir, en vez de añadir agua retirarla por la llave de descarga.

Con estos datos y la siguiente información es posible calcular los valores del *par experimental* y del *par teórico*, para posteriormente calcular el *error relativo* entre ambos.

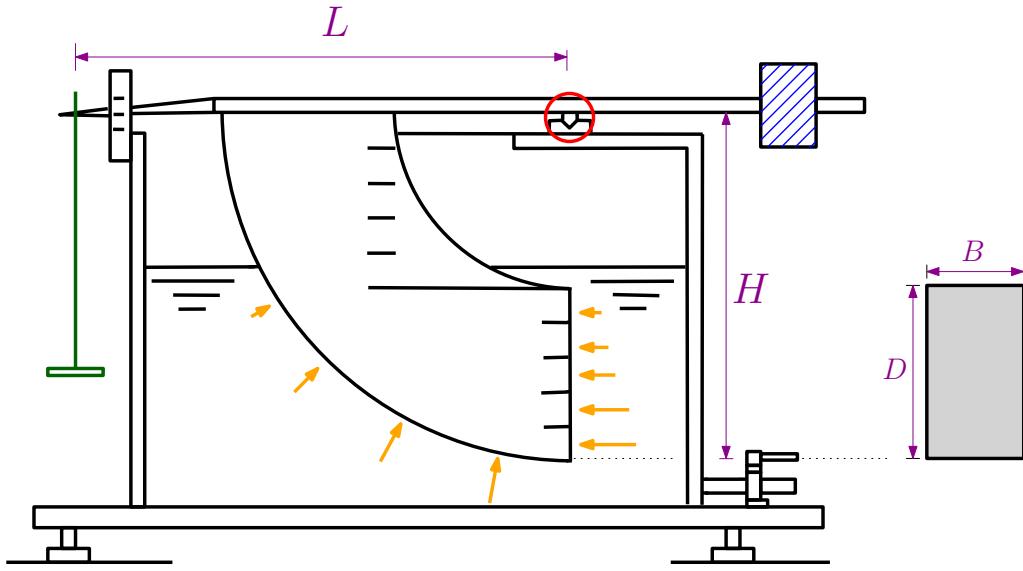


Figura 4: Gráfico del aparato utilizado en prácticas. Se han señalado en otro color elementos importantes así como las fuerzas que actúan sobre el cuadrante. Los valores necesarios para los cálculos que siguen son: $L = 0,275\text{ m}$, $B = 0,075\text{ m}$, $D = 0,1\text{ m}$ y $H = 0,2\text{ m}$.

Los valores del *par experimental* y del *par teórico* pueden calcularse mediante las siguientes fórmulas (para más información consultar el guión de prácticas):

$$T_{TS} = \rho g B \left(\frac{d^3 - (d - D)^3}{3} + (H - d) \frac{d^2 - (d - D)^2}{2} \right)$$

$$T_{PS} = \rho g B \left(\frac{d^3}{3} + (H - d) \frac{d^2}{2} \right)$$

donde los subíndices *TS* y *PS* hacen referencia a *Totalmente Sumergido* y *Parcialmente Sumergido* respectivamente, del par teórico. Por otro lado el par experimental se calculará sabiendo la masa m situada en la varilla porta masas, de la siguiente forma:

$$T_e = mgL$$

Resultados

Incluimos a continuación la tabla con los resultados obtenidos en el experimento. Por ser más visual e intuitivo se ha expresado el valor de los pares experimentales y teóricos en mN m . Por otro lado, se ha calculado el error relativo como el valor absoluto de la diferencia entre el par experimental y el par teórico dividido por el valor teórico en tanto por ciento.

m (g)	d (mm)	T_e (mN·m)	T_t (mN·m)	$\left \frac{T_e - T_t}{T_t} \right $ (%)
50	46	134.9	143.7	6.16
100	65	269.8	277.2	2.67
150	81	404.7	417.6	3.09
200	96	539.6	569.6	5.27
250	110	674.4	723.5	6.78
300	120	809.3	833.9	2.94
350	127	944.2	911.1	3.63
400	145	1079.1	1109.8	2.76
450	157	1214.0	1242.2	2.27

Tabla 2: Resultados del experimento. Es necesario indicar que la expresión utilizada en el cálculo del par teórico cambia si la medida de d pasa por encima de 100 mm. Notar también que T_t es el par teórico y que engloba tanto a T_{TS} como a T_{PS} .

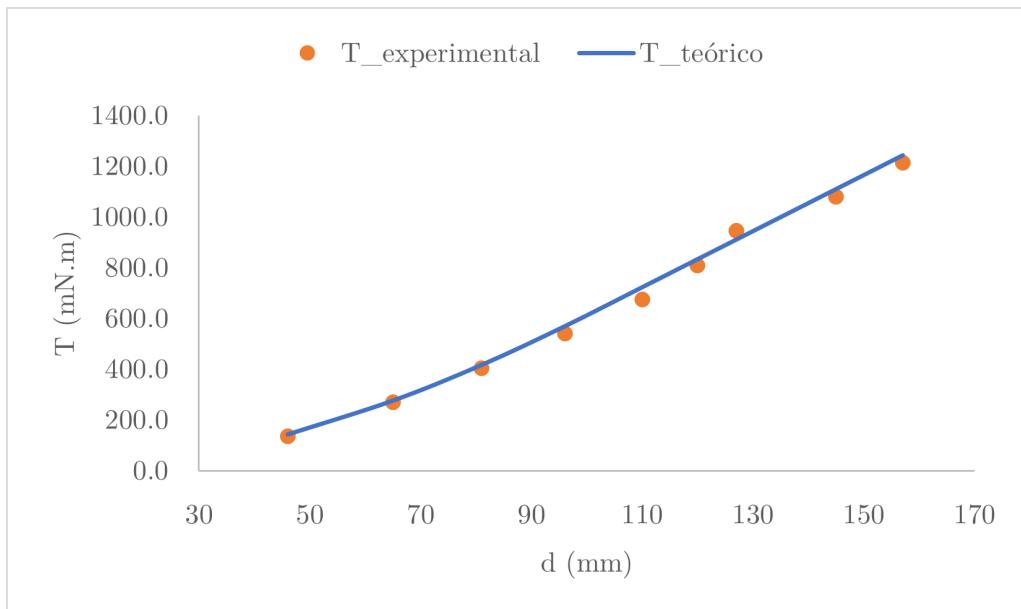


Figura 5: Par teórico (T_t) en azul y par experimental (T_e) en naranja frente a d .

Puede comprobarse primero en la tabla 2 y luego en la en el gráfico 5 como los valores teóricos y los experimentales son parecidos. El valor máximo del error ocurre con la masa de 250 g y el valor mínimo con la masa de 450 g.

Puede concluirse así que el cálculo teórico responde bien a la realidad. El experimento resulta fiable, con la salvedad de la difícil lectura del valor d . Creemos que se encuentra allí todo el error experimental. Este puede subsanarse midiendo simplemente el nivel del agua con una regla adherida en el interior del depósito, pues conocidas las dimensiones del aparato y sabiendo qué posición supone el equilibrio, solo es necesario saber el nivel del agua. Igual que es conocido el valor H , también podría conocerse la misma altura hasta la base del depósito. La diferencia entre H y este valor (que llamaremos S) sería la altura a la que está la parte inferior del cuerpo naranja respecto de la base del depósito. Conocida la altura del agua (N), d sería simplemente: $d = N - (S - H)$.

Práctica 3: Cálculo de la superficie libre de un líquido en rotación

Descripción y objetivos

Mediante la realización de esta práctica se pretende **medir de forma experimental la superficie libre de un fluido líquido en rotación contenido en un depósito cilíndrico**. Se medirán físicamente algunos parámetros característicos (que se explican en el siguiente apartado) y se compararán dichos datos con los calculados teóricamente, para ver cuánto y de qué forma coinciden.

Fundamentos teóricos y del dispositivo

Tomando el sistema de referencia conveniente, el estudio deseado puede considerarse el de un líquido en reposo. En este caso la ecuación que modela dicho comportamiento para un líquido es:

$$\rho U + p = cte$$

donde U es el potencial del cual derivan las fuerzas másicas. En nuestro caso de aplicación el potencial viene dado por la siguiente expresión:

$$U = gz - \frac{1}{2}\omega^2 r^2 \quad (1)$$

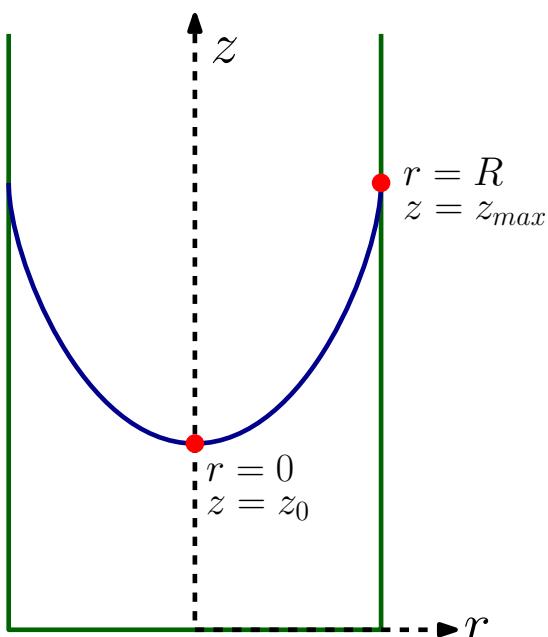


Figura 6: Esquema de la superficie libre y sus puntos caratterísticos.

Es decir, actúa la gravedad y una fuerza centrífuga ω . Es estas condiciones por ser la presión (atmosférica) contenante en la superficie del líquido sabemos que U también será constante en dicha superficie libre. Lo cual nos lleva a asegurar que tanto en el punto más bajo de dicha superficie como en el más alto U será constante (aplicando esto en la ecuación 1):

$$\begin{aligned} U(r = 0, z = z_0) &= U(r = R, z = z_{max}) \\ gz_0 - 0 &= gz_{max} - \frac{1}{2}\omega^2 R^2 \end{aligned}$$

Finalmente, despejando la diferencia de alturas:

$$z_{max} - z_0 = \frac{\omega^2 R^2}{2g}$$

Esta diferencia de alturas Δz (la elevación del líquido desde su punto más

bajo hasta su punto más alto) puede expresarse también de la siguiente forma si tenemos en cuenta que $R = \frac{D}{2}$:

$$\boxed{\Delta z = \frac{\omega^2 D^2}{8g}} \quad (2)$$

Resultados

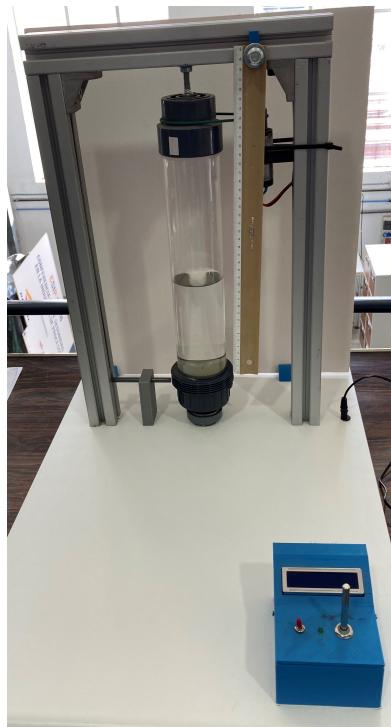


Figura 7: Dispositivo empleado.

Se incluye aquí una fotografía del aparato utilizado en la práctica. Puede observarse un panel azul con el interruptor de encendido, un piloto rojo y una varilla que regula mediante un potenciómetro la velocidad w . También dispone de un display que muestra la velocidad en rpm . Toda la carcasa ha sido impresa mediante impresora 3D, muy posiblemente en las instalaciones de la escuela. Por otro lado, el control de velocidad y encendido se realiza mediante un microcontrolador, del tipo *Arduino*.

La metodología empleada fue la siguiente, mediante el cuadro de control se ponía en funcionamiento el dispositivo y se aumentaba la velocidad hasta llegar a la deseada. Después era necesario dejar al sistema estabilizarse y finalmente, con la ayuda de una regla dispuesta verticalmente (como se puede observar en la figura 7) se media tanto z_0 como z_{max} .

Se pone a continuación la tabla con los datos obtenidos y los calculados de forma teórica con la ecuación 2:

n (rpm)	w (rad/s)	z_0 exp. (cm)	z_{max} exp. (cm)	Δz exp. (cm)	Δz teór. (cm)	$\left \frac{\Delta z_e - \Delta z_t}{\Delta z_t} \right $ (%)
240	25.13	11.5	14.8	3.3	3.297	0.10
300	31.42	10.9	15.8	4.9	5.15	4.87
360	37.70	9.7	16.4	6.7	7.42	9.67
420	43.98	8.4	17.6	9.2	10.10	8.88
480	50.27	7.3	18.5	11.2	13.19	15.07
510	53.41	-	-	12.5	14.89	16.03
540	56.55	4.8	20.6	15.8	16.69	5.33
570	59.69	-	-	17	18.60	8.58
600	62.83	4	22.1	18.1	20.60	12.15
630	65.97	-	-	20.5	22.72	9.76

Tabla 3: Resultados del experimento. Notar que faltan datos en algunas filas, esto se debe a que quien recogió dichos datos apuntó directamente la diferencia de alturas y no los datos de z_0 y z_{max} por separado.

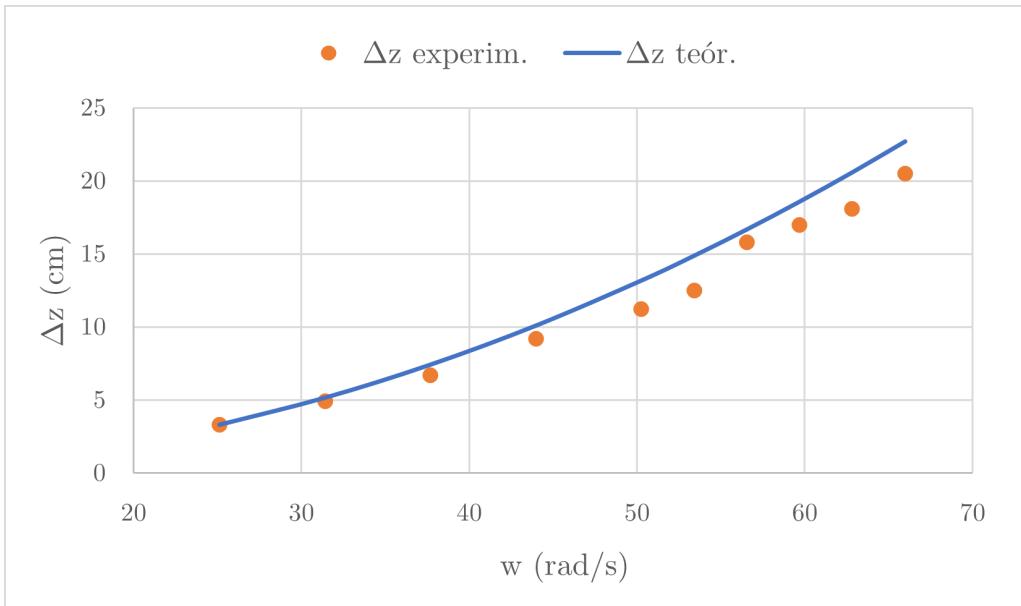


Figura 8: Diferencia de altura teórica (Δz_t) en azul y diferencia teórica experimental (Δz_e) en naranja frente a w .

A la vista de la figura 8 puede comprobarse como se ha cometido cierto error en la toma de medidas. Si se observa la tabla 3, en la última columna pueden apreciarse valores del error relativo del 15 y del 16 %. En próximas prácticas, esto es algo a tener en mente y prestar atención.

Hemos pensado que quizás resultaría más fácil y produciría menos error el echo de que la regla estuviera impresa directamente sobre un cilindro de plástico concéntrico con el depósito cilíndrico que contiene el fluido. Aunque somos conscientes, por otro lado, de la dificultad que supondría imprimir sobre el plástico curvado.

Práctica 4: Fuerza producida por un chorro de agua

Descripción y objetivos

Con la realización de esta práctica se pretende calcular la fuerza producida por un chorro de agua al incidir sobre una superficie. La figura 9 muestra el aparato que se debe emplear. Su funcionamiento se explica a continuación.

Fundamentos teóricos y del dispositivo



Figura 9: Dispositivo experimental para la medida de la fuerza que produce un chorro de agua cuando incide sobre un superficie.

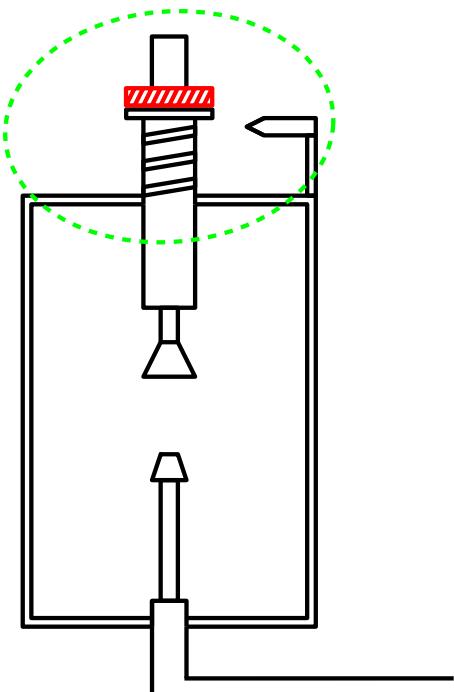


Figura 10: Esquema del sistema de medición. La parte señalada en verde es la que no es posible apreciar en la figura 9. La zona rayada en rojo representa las pesas que pueden añadirse hasta compensar la fuerza del chorro.

En la figura 9 podemos ver un depósito de agua de color blanco. Toda la cubierta naranja hace de tapadera de dicho depósito. En la parte superior podemos ver una plataforma grisácea que soporta firmemente un depósito transparente cilíndrico y dentro del cual vemos una boquilla (que será por donde se impulse el agua) y una superficie deflectora (en el caso concreto de la imagen, está dispuesta a 90°). Las

paredes transparentes del cilindro nos permiten ver el proceso y evitan también que nos mojemos durante el experimento.

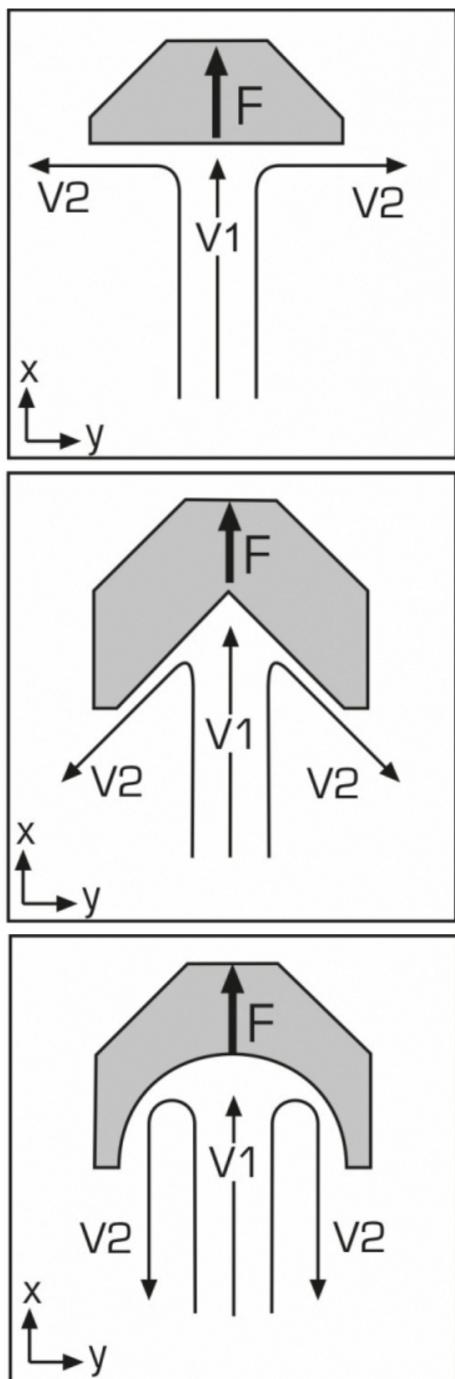


Figura 11: Esquema de deflexión del chorro segun superficie deflectora. En nuestro caso la superficie está a 90° , la primera imagen. Fuente de la imagen a pie de página.³

Es importante hacer notar que en la imagen no aparece un elemento fundamental y que se ilustra con un esquema en la figura 10, nos referimos al sistema de medición, con el cual equilibraremos la fuerza del chorro con unos pesos que se irán disponiendo sobre un muelle según aumentemos la presión del chorro de agua.

En el experimento tenemos tres fuerzas: la del chorro del agua hacia arriba cuando incide sobre la placa (que llamaremos F), la del muelle (que llamaremos F_e) y la del peso situado en la parte superior (que será W). El equilibrio puede expresarse como:

$$F = F_e + W$$

Para simplificar el experimento, es posible eliminar el efecto del muelle realizando el equilibrio de forma que el muelle permanezca siempre en su longitud natural. Y esto podemos lograrlo gracias al indicador de nivel situado junto al muelle.

Por otro lado, vamos a estudiar la fuerza del chorro del agua y cómo deflecta en su impacto contra la placa.

En las imágenes de la figura 11 puede observarse dos chorros, el incidente y el deflec-tado. Por el teorema de la cantidad de movimiento seg\xf1n el eje vertical:

$$\sum F_y = \frac{dp_y}{dt}$$

La cantidad de movimiento se expresa como masa por velocidad, con lo que su derivada ser\xf1a masa por aceleraci\xf3n, en mec\u00e1nica de fluidos podemos expresar esto como el gasto m\u00e1sico (kg/s) por la velocidad (m/s), es decir newtons ($N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$):

$$-F = G_{sale} \cdot v_{y,sale} - G_{entra} \cdot v_{y,entra}$$

³ Enlace a la p\u00e1gina web: <https://www.gunt.de/es/productos/mecanica-de-fluidos/principios-fisicos/fundamentos-de-la-hidrodinamica/medicion-de-fuerzas-ejercidas-por-un-chorro/070.15008/hm150-08/glct-1:pa-150:ca-778:pr-555>

El gasto másico es a su vez la densidad ρ (conocida) por el caudal Q (que podemos calcular) y como nos hablan de velocidad segun y , debemos proyectar la velocidad del chorro deflectado con la vertical. El ángulo que forman lo llamaremos θ , y lo tomaremos menor de 90° por simplicidad.

$$-F = \rho Q(v \cos \theta - v)$$

Por último, cambiando de signo el paréntesis y expresado la velocidad como el caudal entre el área de la boquilla:

$$F = \rho \frac{Q^2}{A} (1 - \cos \theta)$$

Es importante notar que se ha supuesto la velocidad incidente igual a la deflectada, esto podemos hacerlo bajo las siguientes premisas: el caudal de entrada es el mismo que el de salida por continuidad, las presiones en los chorros incidente y deflectado son iguales a la atmosférica, se ha supuesto movimiento ideal con fricción despreciable y se ha aplicado el teorema de Bernoulli:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = cte$$

que por todo lo anterior nos permite concluir que las velocidades son las mismas. Antes de concluir, incluimos unos datos para los cálculos posteriores: diámetro de la boquilla 8 mm y densidad del agua $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$.

Finalmente, enlazando la conclusión sobre el equilibrio de fuerzas con la expresión que hemos deducido podemos afirmar que:

$$F = W = \rho \frac{Q^2}{A} (1 - \cos \theta)$$

Acerca del procedimiento: se comienza colocando una pesa sobre el platillo (previamente el encargado habrá dispuesto el deflector correspondiente, en nuestro caso fue el de noventa grados). Se enciende el banco hidráulico que suministra la potencia al chorro de agua. Y regular el caudal de agua hasta que la fuerza del chorro iguale el peso (que la marca del platillo quede alineada con el indicador). Por otro lado, es necesario medir el caudal del chorro de agua, esto lo conseguimos gracias al depósito volumétrico que tiene el dispositivo empleado. Este, dispone además, de un medidor de nivel que nos será de gran ayuda. Debemos cronometrar con un reloj o el teléfono móvil el tiempo (recomendable que sea superior a 10 segundos) que se tarda en llenar nuestro depósito un ΔV , de forma que el caudal será simplemente el cociente del volumen entre el tiempo (m^3/s).

Resultados

Se incluye a continuación la tabla con los resultados. En todos los casos las medidas han sido tomadas llenando el depósito. Es necesario comentar que el primer grupo de medidas, con el deflector de 90° debe haber algún error de toma de medidas, pues no es tolerable un error mayor al 100 %, y solo en el primer dato ya tenemos ¡un error del 224%! Sería muy conveniente repetir dicha práctica. Por otro lado, podemos

asegurar que se procedió con la mayor prudencia y atención y que posiblemente el error resida en confundir el nivel del depósito ($5L$ en vez de $10L$) o el tiempo cronometrado (30 segundos en vez de 40). En particular, si el tiempo fuera realmente 30,5 segundos la velocidad pasa a ser $v = 3,26\text{ m/s}$, la fuerza $0,54\text{ N}$ y el error a 83,5 %, lo cual es un valor más razonable comparado con el valor anterior. Indicar también, que el error mínimo es de un 8,05 %.

θ (grad)	m (g)	W (N)	ΔV (l)	Δt (s)	Q (l/s)	v (m/s)	F (N)	$\frac{F-W}{W}$ (%)
90	100	0.98	5	40.5	0.123	2.46	0.303	224
90	200	1.96	5	16.8	0.298	5.92	1.76	11.3
90	300	2.94	5	15.9	0.314	6.26	1.97	49.6
90	400	3.92	5	12.7	0.394	7.83	3.08	27.3
90	500	4.91	10	21.2	0.472	9.38	4.43	10.8
120	100	0.98	5	30.1	0.166	3.31	0.824	19.1
120	250	2.45	3	10.9	0.275	5.48	2.26	8.29
120	400	3.92	3	9.41	0.319	6.34	3.03	29.4
120	600	5.89	3	7.14	0.420	8.36	5.27	11.7
120	800	7.85	5	10.6	0.472	9.39	6.65	18.0
180	200	1.96	3	14.2	0.212	4.21	1.79	9.86
180	400	3.92	5	16.6	0.302	6.01	3.63	8.05
180	800	7.85	5	10.1	0.498	9.90	9.85	20.3

Tabla 4: Resultados experimentales. Notar que se ha añadido una columna adicional con el peso de las masas, de esta forma resulta más fácil comparar la fuerza del chorro y el peso simultáneamente.

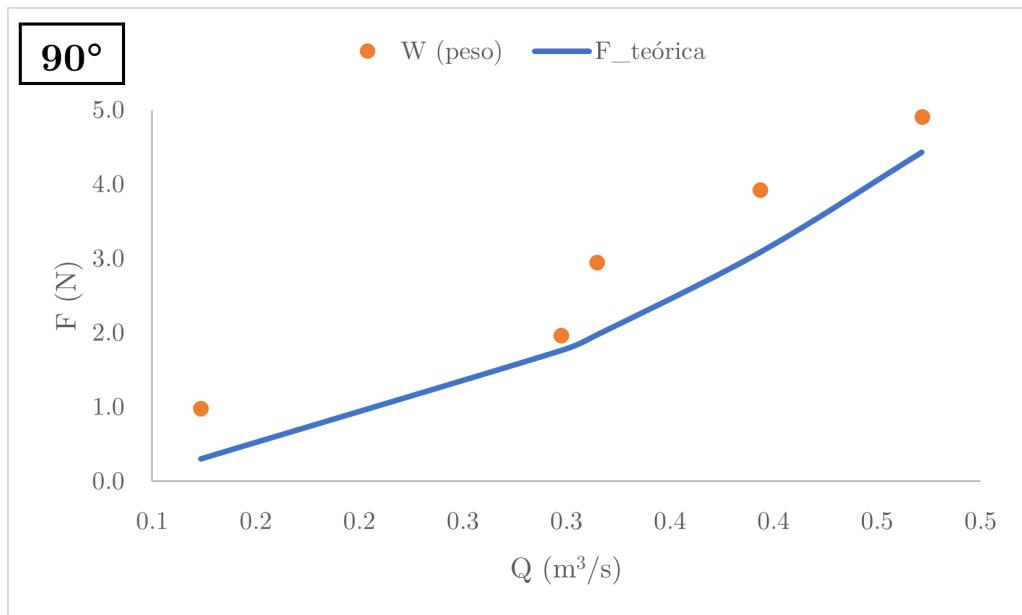


Figura 12: Fuerza teórica y peso (W) frente al caudal (Q). Para el deflecto de 90° .

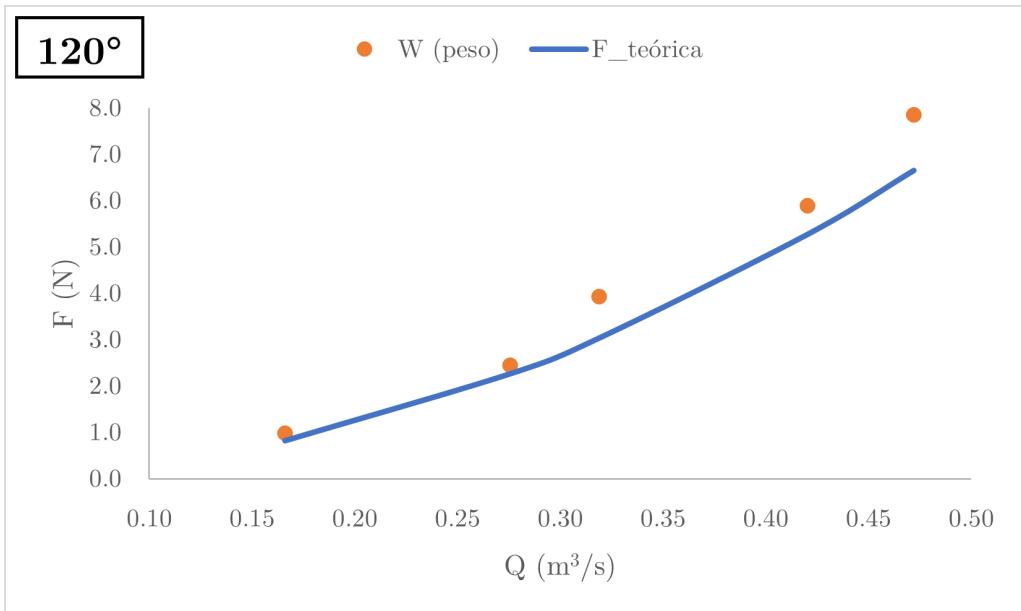


Figura 13: Fuerza teórica y peso (W) frente al caudal (Q). Para el deflecto de 120° .

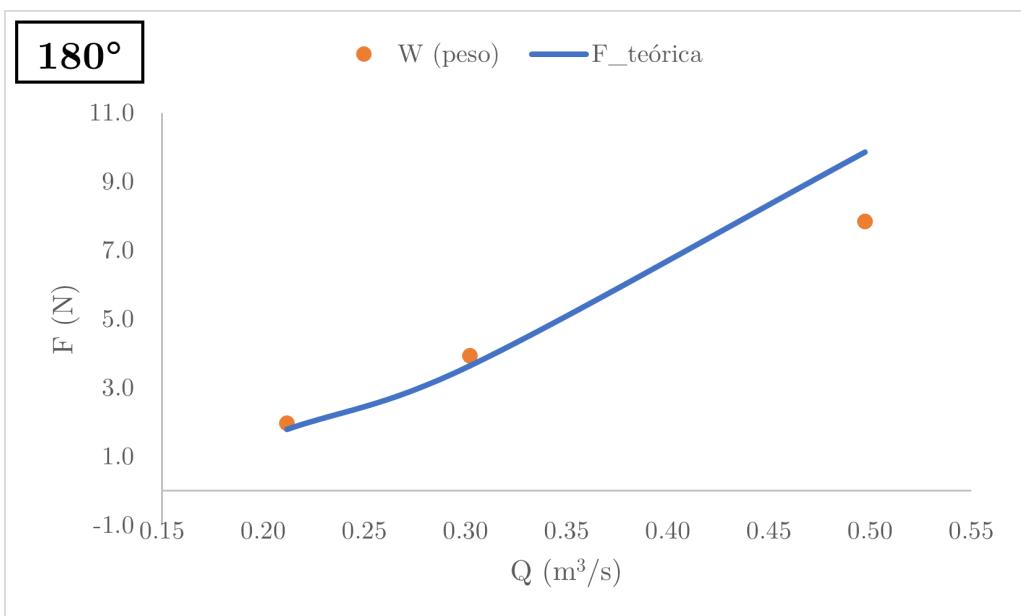


Figura 14: Fuerza teórica y peso (W) frente al caudal (Q). Para el deflecto de 180° .

A la vista de las gráficas anteriores podemos concluir que esta práctica tiene almacenados muchos errores. Creemos que la propagación de estos es debida a que gran parte de la toma de medidas requiere del factor humano, el cual, a este nivel suele cometer muchos y grandes errores. Citamos, por ejemplo, el cálculo del caudal. Para conseguirlo, es necesario iniciar la cuenta del cronómetro mientras se observa la lectura del medidor de nivel del depósito y de la misma forma para la parada del cronómetro; y esto además, entre dos personas, lo cual puede suponer más error en ciertos casos.

En definitiva, no es sencillo el experimento realizado. Creemos que mejorar el sistema de medición del equilibrado de fuerzas ayudaría mucho. Esto podría realizarse acercando más el indicador de nivel al platillo.