

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

FRANCISCO DE MIRANDA

AREA DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE ING. QUIMICA

LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS I



PARCTICA N° 1

MANOMETRIA Y CALIBRACION DE ROTAMETROS

REALIZADO POR:

Noviembre,2002

INDICE

	Pagina
INTRODUCCIÓN	1
FORMULA Y ECUACIONES	2
DIAGRAMA DEL EQUIPO	5
DATOS EXPERIMENTALES	6
RESULTADOS	8
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	10
CONCLUSIONES	12
BIBLIOGRAFIA	13
APÉNDICES	14

INTRODUCCION

El principio fundamental de los medidores de flujo es producir una transformación de la mecánica de los fluidos, de energía de presión a velocidad de flujo .La importancia de la medida del flujo de fluido que circula

a través de una tubería es el propósito fundamental del presente informe, siendo uno de los aspectos mas importantes en el control de proceso, de hecho, es una de las variables mas medidas.

Existen muchos métodos confiables y precisos para medir flujo, entre los instrumentos utilizados están los instrumentos de área variable, trabajando para efectos de la practica con el rotámetro, cuya calibración es de gran utilidad para comprobar la efectividad del instrumento y su porcentaje de horror.

El trabajo experimental a realizar, también se centra en la determinación en las diferencias de presión medidas con lo manómetros en U de mercurio y el manómetro bourdon. Para efectuar lecturas de caídas de presión durante la primera experiencia se arregla el sistema de bombas en serie, luego se fija un caudal determinado y posteriormente se realiza las mediciones respectivas en el manómetro Bourdon, seguidamente se arregla las bombas en paralelo; se fija un caudal y se realiza la lectura de la caída de presión con el manómetro en U de mercurio en la sección de tuberías rectas y en la sección de 22 codos de ángulo recto; utilizando para el calculo de dicha caída la diferencia de altura que proporciona el fluido manométrico (Hg.) mercurio y los pesos específicos de los fluidos en cuestión

(Hg. y H₂O).

El procedimiento realizado en la etapa de calibración de los rotámetros permitió obtener el calculo real y el porcentaje de error entre el caudal real y el aparente, mediante la colocación de las bombas en serie y en paralelo fijando un caudal y midiendo el tiempo que transcurre para ascender el nivel del agua dentro de la pileta en un centímetro (cm), se utiliza el procedimiento para cinco caudales en cada uno de los rotámetros (# 1 en serie, # 2 en paralelo). Con la finalidad de transformar la lectura de la escala del rotámetro en velocidades de flujo, se elaboraran las graficas del caudal real Vs caudal aparente, para determinar a partir de ella la calibración del instrumento.

FORMULAS Y ECUACIONES

• Cálculos de presión de succión de las bombas (P's):

$$P's = P_s + P_{atm}$$

donde : P_s = presión de succión de las bombas (N/m² manométricas).

$P's$ = presión de succión de las bombas (N/m² Absolutas).

P_{atm} = presión atmosférica (N/m²).

• Cálculos de presión de descarga de las bombas (P'd):

$$P'd = P_d + P_{atm}$$

donde : P_d = presión de descarga de las bombas (N/m² manométricas).

$P'd$ = presión de descarga de las bombas (N/m² Absolutas).

P_{atm} = presión atmosférica (N/m²).

• Calculo de la diferencia de presión entre la descarga y la succión de las bombas (N/m²):

$$\Delta P = P_d - P_s \text{ ó } \Delta P = P'_d - P'_s$$

donde : ΔP = diferencia de presión entre la descarga y la succión de las bombas (N/m²).

P_s = presión de succión de las bombas (N/m² manométricas).

P_d = presión de descarga de las bombas (N/m² manométricas).

P'_s = presión de succión de las bombas (N/m² Absolutas).

P'_d = presión de descarga de las bombas (N/m² Absolutas).

• Calculo de la diferencia de presión medida por el manómetro U de mercurio:

$$\Delta P = \gamma_m (- 2O)$$

donde : ΔP = diferencia de presión medida por el manómetro U de mercurio (N/m²).

γ_m = peso específico del mercurio (N/m²).

$2O$ = peso específico de agua (N/m²).

O = diferencia de altura tomada en el manómetro U de mercurio (cm.).

• Calculo del caudal real (L / h)

$$Q_{real} =$$

Donde: T_p =

Q_{real} = caudal real (L / h).

V = volumen equivalente a la altura h (L).

t_1, t_2, t_3 = tiempo medido en el cronometro para alcanzar h (seg).

h = altura de ascenso del fluido del tanque (cm).

• Conversión del tiempo de segundos a horas:

$$(t_1, t_2, t_3) \text{ seg } * = (t_1, t_2, t_3) h$$

donde : t_1, t_2, t_3 = tiempo tomado con el cronometro.

h = horas.

• Calculo del porcentaje de error entre el caudal real y el aparente:

$$\% \text{ error} = [] * 100$$

donde: % error = porcentaje de error

$Q_{\text{real}} = \text{caudal real (L / h)}$.

$Q_{\text{aparente}} = \text{caudal aparente (L / h)}$.

• **Calculo para determinar el peso específicos de las sustancias:**

$$\text{sust} = g * \text{sus}$$

donde : sust = peso especifico de la sustancia.

g = gravedad.

sust = densidad de la sustancia.

DIAGRAMA DEL EQUIPO

DATOS EXPERIMENTALES

MANOMETRIA:

Medida de presión en el manómetro Bourdon

Punto del sistema de tuberías seleccionado	Q (L/h)	Ps (pulg. de Hg.)	Pd (Bar)	
Bombas conectadas en serie (rotámetro N° 1)	1000	-0.5	3.8	
		4000	-5.7	1.7
	Bombas conectadas en paralelo (Rotámetro N° 2)	2200	-1.3	1.9
		7200	-5.3	1.5

Medidas de presión en el manómetro U de mercurio

Punto del sistema de tuberías seleccionado	Q (L/h)	h (cm)	
Tuberías rectas	2000	4.4	
		5000	26.6
	22 codos de ángulo recto	2000	0.6

		5000	3.9
--	--	------	-----

CALIBRACIÓN DE LOS ROTAMETROS:

Rotámetro N° 1

Qaparente (L / h)	h(cm)	t1(seg)	t2(seg)	t3 (seg)	V (L)
1100	1	11.76	13.12	13.5	3.95
1600	1	8.73	8.82	8.29	3.95
2100	1	6.92	6.56	6.96	3.95
2600	1	5.94	5.41	5.62	3.95
3100	1	4.92	4.83	4.84	3.95

Rotámetro N° 2

Qaparente (L / h)	h(cm)	t1(seg)	t2(seg)	t3 (seg)	V (L)
2200	1	5.36	4.79	4.60	3.95
3200	1	3.71	3.69	3.87	3.95
4200	1	2.77	2.85	3.06	3.95
5200	1	2.49	2.57	2.53	3.95
6200	1	2.36	2.17	2.36	3.95

RESULTADOS

MANOMETRIA:

Medida de presión en el manómetro Bourdon

Punto del sistema de tuberías seleccionado	Q (L / h)	Ps (N/m2)	P's (N/m2)	Pd (N/m2)	P'd (N/m2)	P (N/m2)
Bombas conectadas en serie (Rotámetro N° 1)	1000	-1693.194	99631.806	380000	481325	381693.194
		4000	-19302.412	82022.588	170000	271325
	Bombas conectadas en paralelo (Rotámetro N° 2)	2200	-4402.304	96.922.696	190000	291325
		7200	-17947.857	83377.143	150000	251325
						189302.412
						194402.304
						167947.857

Medidas de presión en el manómetro U de mercurio

Punto del sistema de tuberías seleccionado	Q (L/h)	h (cm)	P (N/m ²)	
Tuberías rectas	2000	4.4	736.541	
		5000	26.6	4787.521
	22 codos de ángulo recto	2000	0.6	5401.30
		5000	3.9	32653.350

CALIBRACIÓN DE LOS ROTAMETROS

ROTAMETRO N° 1

Qaparente (L / h)	V (L)	tp (seg)	Qreal (L /h)	% error
1100	3.95	12.79	1112.67	1.138
1600	3.95	8.61	1652.71	3.189
2100	3.95	6.81	2089.94	-0.61
2600	3.95	5.65	2532.05	-2.68
3100	3.95	4.86	2925.92	-5.61

ROTAMETRO N° 2

Qaparente (L / h)	V (L)	tp (seg)	Qreal (L /h)	% error
2200	3.95	4.91	2904.41	32.01
3200	3.95	3.75	3798.07	15.74
4200	3.95	2.89	4919.05	14.61
5200	3.95	2.53	5626.78	7.58
6200	3.95	2.29	6200.94	0.015

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los datos experimentales arrojados por el sistema de tuberías seleccionadas, se pudo observar (estando las bombas centrífugas en serie) las presiones de succión y de descarga mediante el manómetro Bourdon, teniéndose para el primer caudal aparente de 1000 L/h (en el rotámetro # 1) una presión manométrica de succión de 11694.92 N/m² que llevaba a presión absoluta de 102992.85 N/m², de igual forma se obtuvo una presión de descarga manométrica de 380000.00 N/m² que llevaba a presión absoluta de 481330.00 N/m², se realizó una vez más este procedimiento pero con un caudal aparente de 4000 L/h en el rotámetro # 1 y se observó que la presión de succión manométrica (absoluta) fue de 19298.46 N/m² (120598.46 N/m²), que comparado con la presión de succión del caudal aparente de 1000 L/h, (arriba), la presión disminuyó considerablemente al aumentar el caudal; lo mismo ocurrió con las bombas conectadas en paralelo. Por lo tanto podemos afirmar experimentalmente que la caída de presión aumenta con el caudal.

Respecto a la experiencia realizada con el manómetro U de mercurio se observó que en ambos sistemas de tuberías seleccionada ya sea el tramo de tubería rectas o el de 22 codos de ángulo recto, a medida que se alcanzaba mayor caudal se percibió un aumento de altura y por ende una considerable caída de presión. Por ejemplo para la primera medición de caudal de 2000 L/h se completó un diferencial de altura (h) de 0.006 m y un diferencial de presión (p) de 736.58 N/m² , notándose bruscamente el incremento en la última medición donde el caudal fue de 5000 L/h, la diferencia de altura (h) de 0.039 m y la diferencia de presión (p) de 4787.78 N/m². en la tubería de 22 codos sucedió algo similar a la del tramo de tuberías rectas. Comparando estos dos tramos de tuberías con respecto al caudal y la caída de presión (diferencia de presión), podemos notar que cuando el caudal es 2000 L/h la caída de presión es menor a la de 22 codos de ángulo recto lo mismo ocurre cuando el caudal es 5000 L/h.

En las gráficas obtenidas de la relación entre el caudal real Vs el aparente podemos observar:

- en el rotámetro # 1 con capacidad de 500 – 6000 L/h con las bombas centrífugas conectadas en serie la curva de la relación entre los caudales se ajusta casi en línea recta, el cual nos indica que este rotámetro se encuentra calibrado con un margen de error por encima de un caudal de 1100 L/h de 1.14% y por debajo de un caudal 3100 L/h de 5.61 %, es decir, $(1100 \text{ L/h} + 1100 \text{ L/h} * 1.14/100 = 1112.54 \text{ L/h})$ y $(3100 \text{ L/h} - 3100 \text{ L/h} * 5.61 /100 = 2926.09 \text{ L/h})$
- en el rotámetro # 2 con capacidad de 1000 – 8000 L/h con las bombas conectadas en paralelo la curva de la relación entre los caudales no se ajusta en línea recta ($F(x) = X$, como el rotámetro # 1) el cual nos indica que este rotámetro # 2 no se encuentra calibrado, es decir, que la calibración posee un margen de error por encima tanto de un caudal 2200 L/h de 32.01 % como el de un caudal de 6200 L/h de 0.02 %.

Estos márgenes de error de los rotámetros analizados pudieron ser causados por las conexiones de las bombas centrífugas como se nombran en los títulos de las gráficas y se reflejan en la relación entre los caudales; cuando las bombas centrífugas se encuentran en serie causando un efecto del aumento de la presión mas no del caudal, caso contrario sucede cuando las bombas centrífugas se encuentran en paralelo el efecto es aumentar el caudal mas no la presión; y ese efecto es bien notado en las gráficas planteadas.

CONCLUSIONES

- En el cálculo de caídas de presión en diferentes puntos del sistema de tuberías, si, el caudal se hace mayor se percibe un aumento de altura y por consiguiente una considerable caída de presión.
- En las tuberías de 22 codos de ángulo recto la caída de presión es mayor a la fricción ejercida por la pared.
- La diferencia de altura es mayor para las tuberías de 22 codos ya que además de la fricción ejercida por la pared de la tubería se agrega la pérdida por fricción en accesorio (recordando que los 22 codos son accesorios colocados en la tubería).
- A pesar de que las bombas están conectadas en paralelo en los cuales se obtiene mayor caudal no se supera la fuerza de fricción provocadas por los 22 codos.
- Las presiones de descargas registradas en el manómetro de bourdon fueron realizadas con este dispositivo, ya que es el mas común y de menor costo, de construcción simple y de alta cobertura, de rangos altos y bajos.
- El porcentaje de error encontrado en las curvas de calibración en el rotámetro # 1 puede atribuirse las turbulencias ocurridas en la clasificación del fluido.
- Otra causa de error en la medición del caudal real es que la escala de medición se encuentra alejado de la manguera que indica el nivel en que se encuentra el fluido en el tanque.
- Un factor que incide directamente con la medición es la agilidad de la persona en la toma del tiempo con el cronometro; al igual que la falta de mantenimiento al sistema de tuberías.
- Es de vital importancia conocer que la caída de presión de un fluido esta ligado en el numero de choques del mismo, esto influye de acuerdo al punto de tubería seleccionado para determinar lecturas de diferencias de presión.

- El rotámetro es utilizado para medir la cantidad de caudal que pasa por un área transversal en la unidad de tiempo a través de la variación del agua; y una caída de presión en una gran precisión, por lo general el rotámetro se calibrara con el fluido para el cual se empleara, después como medidor.

BIBLIOGRAFÍA

- CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Primera edición. Editorial Mc Graw-Hill.
- GEANKOPLIS, C.J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. tercera edición editorial CECSA.
- MOTT, ROBERT L. mecánica de fluidos aplicada. Edición Prentice- Hall cuarta edición. México 1996.
- PERRY (2000). Manual del ingeniero químico. tomo I. Mc Graw- Hill. Sexta edición. Colombia 1998.
- STREETER, VIUCTOR L. mecánica de fluidos novena edición. Editorial Mc Graw-Hill. Colombia 2000

APÉNDICES

- **Cálculos realizados para determinar la presión de succión de las bombas en (N/m² manométricas):**

Bombas en Serie:

Para un caudal de 1000 (L / h)

$$Ps1 = -0.5 \text{ pulg de Hg} * Ps1 = -1693.194 \text{ Pa} \text{ " } -1693.194 \text{ N / m}^2$$

Para un caudal de 4000 (L / h)

$$Ps2 = -5.7 \text{ pulg de Hg} * Ps2 = -19302.412 \text{ Pa} \text{ " } -19302.412 \text{ N / m}^2$$

Bombas en Paralelo:

Para un caudal de 2200 (L / h)

$$Ps3 = -1.3 \text{ pulg de Hg} * Ps3 = -4402.304 \text{ Pa} \text{ " } Ps3 = -4402.304 \text{ N / m}^2$$

Para un caudal de 7200 (L / h)

$$Ps4 = -5.3 \text{ pulg de Hg} * \frac{3386.388 \text{ Pa}}{1 \text{ pulg de Hg}}$$

$$Ps4 = -17947.857 \text{ Pa} \text{ " } Ps4 = -17947.857 \text{ N/m}^2$$

- **Cálculos realizados para determinar la presión de descarga de las bombas en (N/m² manométricas):**

Tramo de tuberías Rectas:

Para un caudal de 2000 (L / h)

$$Pd1 = 3.8 \text{ Bar} * \frac{10000 \text{ Pa}}{1 \text{ Bar}}$$

$$Pd1 = 380000 \text{ Pa} \text{ " } 380000 \text{ N / m}^2$$

Para un caudal de 5000 (L / h)

$$Pd2 = 1.7 \text{ Bar} * \frac{10000 \text{ Pa}}{1 \text{ Bar}}$$

$$Pd1 = 170000 \text{ Pa} \text{ " } 170000 \text{ N / m}^2$$

Tramo de 22 codos de ángulo recto:

Para un caudal de 2000 (L / h)

$$Pd1 = 1.9 \text{ Bar} * \frac{10000 \text{ Pa}}{1 \text{ Bar}}$$

$$Pd1 = 190000 \text{ Pa} \text{ " } 190000 \text{ N / m}^2$$

Para un caudal de 5000 (L / h)

$$Pd2 = 1.5 \text{ Bar} * \frac{10000 \text{ Pa}}{1 \text{ Bar}}$$

$$Pd1 = 150000 \text{ Pa} \text{ " } 150000 \text{ N / m}^2$$

- Cálculos realizados para determinar la presión de succión de las bombas en (N/m² absolutas):

$$P's = P_s + P_{atm}$$

Bombas en Serie:

Para un caudal de 1000 (L / h)

$$P's1 = (-1693.194 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's1 = 99631.806 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 4000 (L / h)

$$P's2 = (-19302.412 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's2 = 82022.588 \text{ N/m}^2$$

Bombas en Paralelo:

Para un caudal de 2200 (L / h)

$$P's3 = (-4402.304 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's3 = 96922.696 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 7200 (L / h)

$$P's4 = (-17947.857 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's4 = 83377.143 \text{ N/m}^2$$

- Cálculos realizados para determinar la presión de descarga de las bombas en (N/m² absolutas):

$$P'd = P_d + P_{atm}$$

Bombas en Serie:

Para un caudal de 1000 (L / h)

$$P'd1 = (380000 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P'd1 = 481325 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 4000 (L / h)

$$P's2 = (170000 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's2 = 271325 \text{ N/m}^2$$

Bombas en Paralelo:

Para un caudal de 2200 (L / h)

$$P's3 = (190000 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's3 = 291325 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 7200 (L / h)

$$P's4 = (150000 + 101325) \text{ N/m}^2 \quad P's4 = 251325 \text{ N/m}^2$$

- **Calculo de la diferencia de presión entre la descarga y la succión de las bombas (N/m²):**

$$\Delta P = P'd - P's$$

Bombas en Serie:

Para un caudal de 1000 (L / h)

$$P'd1 = (481325 - 99631.806) \text{ N/m}^2 \quad P'd1 = 381693.194 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 4000 (L / h)

$$P's2 = (271325 - 82022.588) \text{ N/m}^2 \quad P's2 = 189302.412 \text{ N/m}^2$$

Bombas en Paralelo:

Para un caudal de 2200 (L / h)

$$P's3 = (291325 - 96922.696) \text{ N/m}^2 \quad P's3 = 194402.3074 \text{ N/m}^2$$

Para un caudal de 7200 (L / h)

$$P's4 = (251325 - 83377.143) \text{ N/m}^2 \quad P's4 = 167947.857 \text{ N/m}^2$$

- **Cálculos realizados para determinar el peso específicos de las sustancias (Mercurio y Agua):**

$$\rho_{sust} = \rho_g * \rho_{sus}$$

Datos:

$$\text{Hg} = 13521.9 \text{ Kg/m}^3 @ 30^\circ\text{C}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 995.68 \text{ Kg/m}^3 @ 30^\circ\text{C}$$

$$g = 9.8 \text{ m/seg}^2$$

$$\text{Hg} = 13521.9 \text{ Kg/m}^3 * 9.8 \text{ m/seg}^2 \quad \text{Hg} = 132514.62 \text{ N/m}^3$$

$$\text{H}_2\text{O} = 995.68 \text{ Kg/m}^3 * 9.8 \text{ m/seg}^2 \quad \text{Hg} = 9757.664 \text{ N/m}^3$$

$$(\text{Hg} - \text{H}_2\text{O}) = 122756.956 \text{ N/m}^3$$

- **Cálculos realizados para determinar la diferencia de presión medida por el manómetro U de mercurio en los distintos tramos de tuberías:**

$$\rho' = \rho (\rho_{\text{Hg}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}})$$

Tramo de tuberías rectas:

Caudal de 2000 L/h

$$= 0.006 \text{ m}$$

$$\rho' = 0.006 \text{ m} * 122756.956 \text{ N/m}^3 \quad \rho' = 736.541 \text{ N/m}^2$$

Caudal de 5000 L/h

$$= 0.039 \text{ m}$$

$$\rho' = 0.039 \text{ m} * 122756.956 \text{ N/m}^3 \quad \rho' = 4787.521 \text{ N/m}^2$$

Tramo de 22 codos de ángulos rectos:

Caudal de 2000 L/h

$$= 0.044 \text{ m}$$

$$\rho' = 0.044 \text{ m} * 122756.956 \text{ N/m}^3 \quad \rho' = 5401.30 \text{ N/m}^2$$

Caudal de 5000 L/h

$$= 0.039 \text{ m}$$

$$\rho' = 0.226 \text{ m} * 122756.956 \text{ N/m}^3 \quad \rho' = 32653.350 \text{ N/m}^2$$

- **Cálculos realizados para determinar el caudal real (L / h)**

$$Q_{\text{real}} =$$

$$\text{Donde: } T_p =$$

ROTAMETRO N° 1

Para un caudal de 1100 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp1 = Tp1 = 12.79 \text{ seg. } " 3.55 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real1} = Q_{real1} = 1112.67 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 1600 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp2 = Tp2 = 8.61 \text{ seg. } " 2.39 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real2} = Q_{real2} = 1652.71 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 2100 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp3 = Tp3 = 6.81 \text{ seg. } 1.89 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real3} = Q_{real3} = 2089.94 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 2600 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp4 = Tp4 = 5.65 \text{ seg. } " 1.56 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real4} = Q_{real4} = 2532.05 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 3100 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp5 = Tp5 = 4.86 \text{ seg. } " 1.35 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real5} = Q_{real5} = 2925.92 \text{ L/h}$$

ROTAMETRO N° 2

Para un caudal de 2200 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$Tp1 = Tp1 = 4.91 \text{ seg. } " 1.36 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real1} = Q_{real1} = 2904.41 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 3200 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$T_{p2} = T_{p2} = 3.75 \text{ seg. } " 1.04 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{real2} = Q_{real2} = 3798.07 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 4200 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$T_{p3} = T_{p3} = 2.89 \text{ seg. } 8.03 \cdot 10^{-4}$$

$$Q_{real3} = Q_{real3} = 4919.05 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 5200 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$T_{p4} = T_{p4} = 2.53 \text{ seg. } 7.02 \cdot 10^{-4}$$

$$Q_{real4} = Q_{real4} = 5626.78 \text{ L/h}$$

Para un caudal de 3100 L/h

$$V = 3.95 \text{ L}$$

$$T_{p5} = T_{p5} = 2.29 \text{ seg. } 6.37 \cdot 10^{-4}$$

$$Q_{real5} = Q_{real5} = 6200.94 \text{ L/h}$$

- Cálculos para determinar el porcentaje de error entre el caudal real y el aparente:

$$\% \text{ error} = [] \cdot 100$$

ROTAMETRO N° 1

Para un caudal de 1100 L/h

$$\% \text{ error1} = [] \cdot 100 \quad \% \text{ error1} = 1.138$$

Para un caudal de 1600 L/h

$$\% \text{ error2} = [] \cdot 100 \quad \% \text{ error2} = 3.189$$

Para un caudal de 2100 L/h

$$\% \text{ error3} = [] \cdot 100 \quad \% \text{ error3} = -0.61$$

Para un caudal de 2600 L/h

$$\% \text{ error4} = [] \cdot 100 \quad \% \text{ error4} = -2.68$$

Para un caudal de 3100 L/h

$$\% \text{ error5} = [] * 100 \quad \% \text{ error5} = 1.138$$

ROTAMETRO N° 2

Para un caudal de 2200 L/h

$$\% \text{ error1} = [] * 100 \quad \% \text{ error1} = 32.01$$

Para un caudal de 3200 L/h

$$\% \text{ error2} = [] * 100 \quad \% \text{ error2} = 15.74$$

Para un caudal de 4200 L/h

$$\% \text{ error3} = [] * 100 \quad \% \text{ error3} = 14.61$$

Para un caudal de 5200 L/h

$$\% \text{ error4} = [] * 100 \quad \% \text{ error4} = 7.58$$

Para un caudal de 6200 L/h

$$\% \text{ error5} = [] * 100 \quad \% \text{ error5} = 0.015$$