

Fonaments d'Enginyeria Química  
MO70399

# Pràctica 2:

## Balanç d'energia calorífica

Grup B

Torn 2

Baldi Garcia, Isaac: 1667260  
Barbens Calzadilla, Carla: 1666167  
Belmonte Leiva, Marc: 1619451  
Bujones Umbert, Jun Shan: 1549086  
Franco Avilés, Eric: 1666739  
Gómez Rubio, Miquel: 1668850  
González Barea, Eric: 1672980  
Jacas García, Eira: 1666616

8 pàgines

Gener 2025



# Índex

1	Calibratge de la bomba i mesura del volum del tanc.....	1
1.1	Calibratge de la bomba.....	1
1.2	Mesura del volum del tanc .....	1
1.3	Mesures de temperatura .....	2
2	Resultats experimentals i discussió.....	2
2.1	Temperatures teòriques vs. experimentals .....	2
2.2	Representació semilogarítmica de les temperatures experimentals .....	4
3	Conclusions .....	5
A	Calibratge de la bomba d'entrada .....	6
B	Mesura del volum del tanc.....	6
C	Presa de dades experimentals.....	6
D	Enllaç al Repositori de <i>GitHub</i> .....	6

### Resum

En aquesta pràctica ens proposem estudiar els balanços d'energia calorífica aplicats tanc adiabàtic, en el qual no es produeix cap tipus d'intercanvi d'energia i/o matèria, i en concret de calor, amb l'entorn. Per tal de demostrar experimentalment això, mesurarem la temperatura de l'aigua que flueix per dins del reactor en diferents temps, comparant-los amb la temperatura del tanc pulmó.

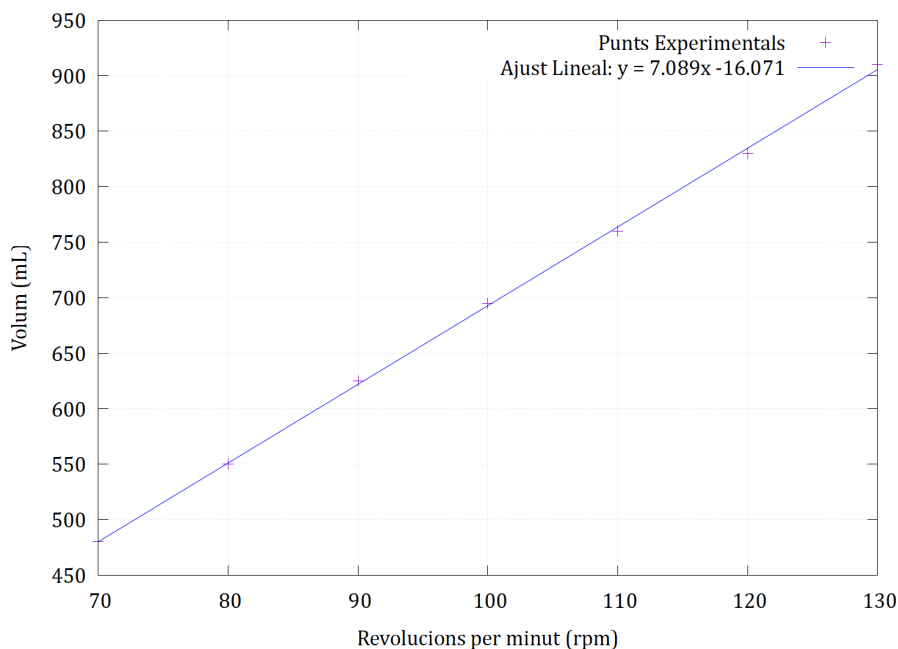
## 1 Calibratge de la bomba i mesura del volum del tanc

### 1.1 Calibratge de la bomba

Abans de començar amb la part experimental cal que, prèviament, calibrem la bomba, per tal de conèixer quins cabals es corresponen amb cada valor de rpm's de la bomba, i mesurem el volum del tanc. S'han obtingut els següents valors.

**Taula 1:** Resultats obtinguts en el calibratge de la bomba.

Revolucions per minut (rpm)	Volum (mL)	Cabal (mL/min)
90	625	208.33
110	760	253.33
130	910	303.33



**Figura 1:** Corba de calibratge per la bomba

### 1.2 Mesura del volum del tanc

Els volums trobats trobats usant els dos mètodes proposats és<sup>1</sup>:

- **Mètode 1:** El volum obtingut ha estat  $\Rightarrow V = 1595.00 \text{ mL}$ .
- **Mètode 2:** El volum obtingut ha estat  $\Rightarrow V = 1637.98 \text{ mL}$ .

<sup>1</sup>A l'annex s'explica en què consisteix cadascun dels dos mètodes.

- **Volum promig:** El volum promig obtingut ha estat  $\Rightarrow V = 1616.49 \text{ mL}$ .

### 1.3 Mesures de temperatura

A continuació adjuntem les mesures de temperatura pels 3 cabals proposats. A l'annex C comentem la metodologia seguida per tal de fer la presa de dades.

Les temperatures inicials del tanc i del pulmó per a cada cas han estat:

**Taula 2:** Temperatures inicials del tanc i del pulmó per cada valor  $Q_L$ .

	$Q_L = 203.33 \text{ mL/min}$	$Q_L = 253.33 \text{ mL/min}$	$Q_L = 303.33 \text{ mL/min}$
<b>T<sub>0</sub> al Tanc (K)</b>	362,0	364,1	364,6
<b>T del Pulmó (K)</b>	290,6	290,3	290,1

Tot seguit adjuntem 3 taules (una per cada cabal) amb totes les temperatures mesurades:

**Taula 3:** Resultats experimentals amb  $Q_L = 203,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ .

Temps (s)	T (°C)	T (K)
0	88,8	362,0
30	88,4	361,6
60	87,2	360,4
90	85,7	358,9
120	82,7	355,9
150	78,3	351,5
180	73,2	346,4
210	69,0	342,1
240	65,3	338,5
270	61,2	334,4
300	57,9	331,1
330	54,5	327,7
360	51,2	324,4
390	48,3	321,5
420	46,1	319,3
450	43,7	316,9
480	41,5	314,7
510	39,4	312,6
540	36,7	309,9
570	35,6	308,8
600	34,0	307,2

**Taula 4:** Resultats experimentals amb  $Q_L = 253,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ .

Temps (s)	T (°C)	T (K)
0	90,9	364,1
30	90,3	363,5
60	88,2	361,4
90	83,4	356,6
120	77,5	350,7
150	72,2	345,4
180	66,7	339,9
210	61,5	334,7
240	56,8	330,0
270	53,7	326,9
300	51,0	324,2
330	48,0	321,2
360	44,9	318,1
390	42,4	315,6
420	39,8	313,0
450	39,4	312,6
480	37,1	310,3
510	35,6	308,8
540	34,4	307,6
570	33,2	306,4
-	-	-

**Taula 5:** Resultats experimentals amb  $Q_L = 303,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ .

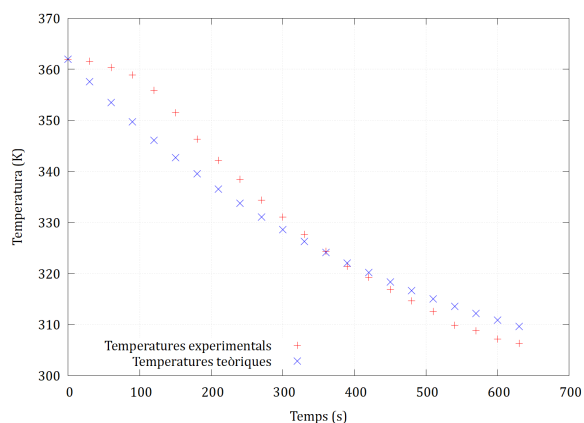
Temps (s)	T (°C)	T (K)
0	91,4	364,6
30	86,2	359,4
60	82,8	356,0
90	77,5	350,7
120	71,0	344,2
150	64,5	337,7
180	61,1	334,3
210	56,4	329,6
240	53,7	326,9
270	50,4	323,6
300	47,4	320,6
330	45,0	318,2
360	42,5	315,7
390	40,5	313,7
420	38,6	311,8
450	36,7	309,9
480	35,0	308,2
510	33,4	306,6
-	-	-
-	-	-
-	-	-

## 2 Resultats experimentals i discussió

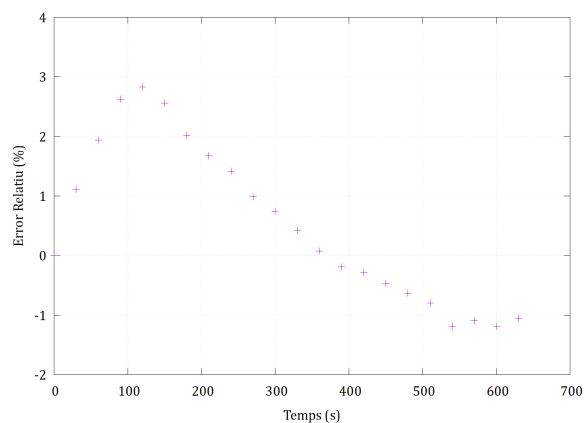
### 2.1 Temperatures teòriques vs. experimentals

En aquest apartat compararem, per a cada treball treballat, les temperatures experimentals respecte les teòriques, aquestes últimes calculades segons l'equació:

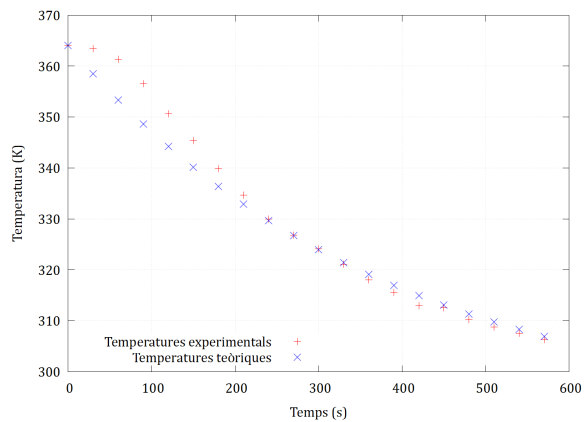
$$T(t) = T_1 + (T_0 - T_1) \exp\left(-\frac{Q_L}{V}t\right) \quad (1)$$



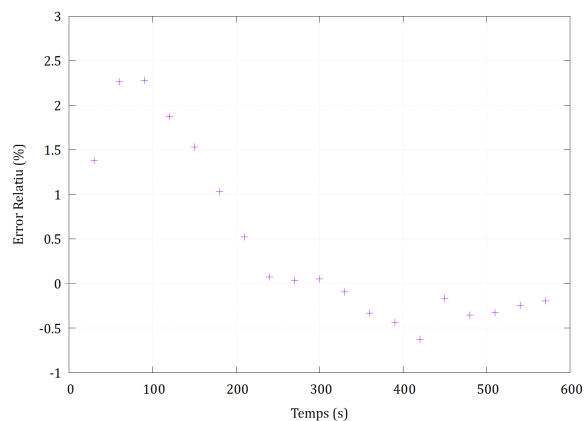
**Figura 2:** Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 203.33 mL/min.



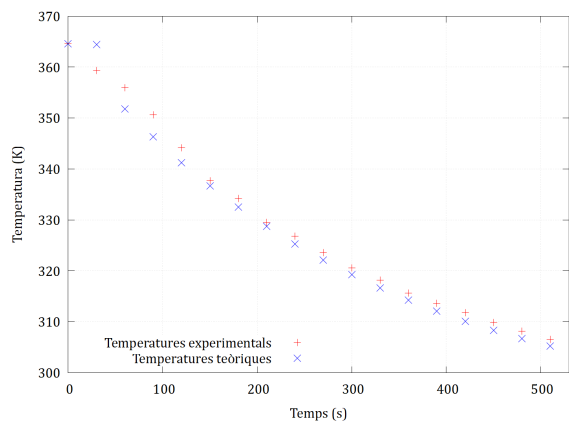
**Figura 3:** Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 203.33 mL/min.



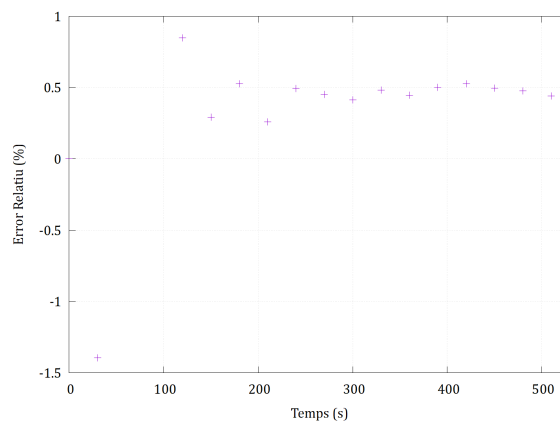
**Figura 4:** Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 253.33 mL/min.



**Figura 5:** Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 253.33 mL/min.



**Figura 6:** Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 303.33 mL/min.



**Figura 7:** Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 303.33 mL/min.

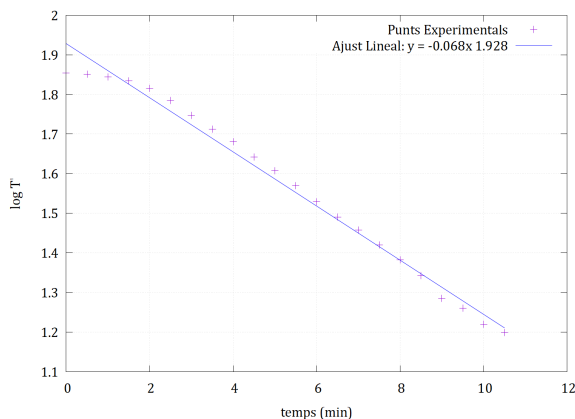
Observant les figures 2, 4 i 6 notem ràpidament que hem obtingut valors de temperatura experimentals semblants als esperats. Per corroborar-ho, podem fixar-nos en les figures 3, 5 i 7 que mostren l'error relatiu (en percentatge) comès a cada mesura, sent el màxim un 3%.

## 2.2 Representació semilogarítmica de les temperatures experimentals

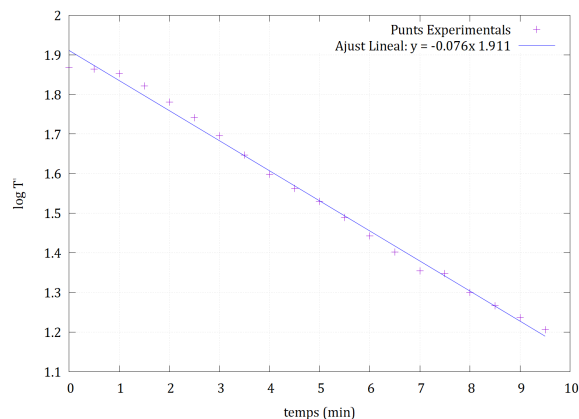
Partint de l'equació linealitzada:

$$\log(T') = \log(T'_0) - \frac{Q_L}{2,303V}t \quad (2)$$

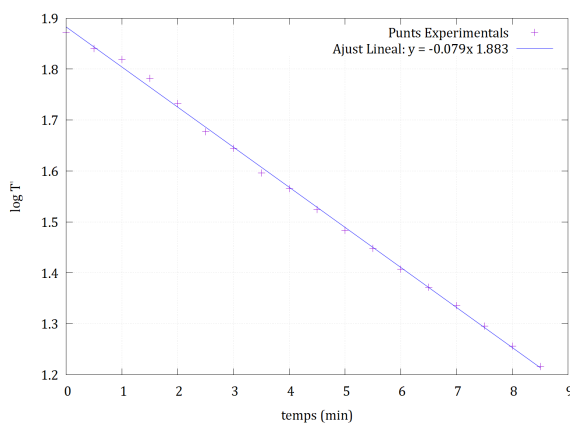
representem gràficament el logaritme de les temperatures experimentals menys la temperatura del tanc pulmó respecte el temps per cadascun dels cabals utilitzats durant l'experiment



**Figura 8:** Gràfic semilogarítmic pel cabal 203,33 mL/min



**Figura 9:** Gràfic semilogarítmic pel cabal 203,33 mL/min



**Figura 10:** Gràfic semilogarítmic pel cabal 303,33 mL/min.

Observem que obtenim unes rectes prou bones, fet que ens indica que les dades experimentals es comporten de forma similar a la predicció teòrica. Si, a més a més, comparem els valors de les pendents amb el valor esperat  $-Q_L/2,303V$ :

- **Cabal 203,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de  $-0,0546 \text{ min}^{-1}$
- **Cabal 253,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de  $-0,0680 \text{ min}^{-1}$
- **Cabal 303,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de  $-0,0815 \text{ min}^{-1}$

Així doncs, observem que els valors del pendent es desvien lleugerament dels esperats. Tanmateix, aquesta desviació la podem atribuir a errors experimentals i, donat que els valors reseguixen un comportament similar a l'esperat, podem assumir que les nostres dades segueixen la predicció teòrica.

### 3 Conclusions

En aquesta pràctica hem pogut comprovar que les equacions del balanç d'energia descriuen correctament el funcionament d'un sistema real, observant que, tal com anticipava la teoria, la temperatura decau exponencialment en funció del temps. A més hem pogut comprovar que els valors calculats de temps de residència s'adapten prou bé als temps teòrics si tenim en compte una certa desviació deguda a factors experimentals.

En conclusió, aquest experiment serveix per corroborar la validesa de les expressions teòriques del balanç d'energia ja que els valors experimentals són consistents amb els valors teòrics esperats.



# Annexos

## A Calibratge de la bomba d'entrada

L'objectiu del calibratge és trobar per quins valors de rpm aconseguim treballar a uns cabals de  $200 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ ,  $250 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$  i  $300 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ .

Per calibrar la bomba hem fet un seguit de mesures dels volums omplits per aquesta corresponents a una serie de valors de revolucions per minut (rpm) en un temps  $t = 3 \text{ min}$ . Els valors obtinguts es poden veure a 1.

L'equació obtinguda amb els nostres punts experimentals és  $y = 7.0893x - 16.071$ , amb una  $R^2 = 0.9995$ , valor que ens indica que les nostres mesures tenen una bona correlació lineal.

A partir d'aquí calculem els cabals corresponents a cada valor de revolucions per minut usant que

$$Q_L = \frac{V}{t} \quad (3)$$

on, de nou,  $t = 3 \text{ min}$ . Amb això fàcilment es pot determinar que els valors de rpm de la bomba necessaris per treballar a uns cabals de  $200 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ ,  $250 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$  i  $300 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$  són els donats a la taula 1.

## B Mesura del volum del tanc

Per tal de mesurar el volum del tanc amb el que hem treballat hem usat dos mètodes distints, tenint cura que les condicions de mesura eren exactament les condicions d'operació del tanc (agitador connectat al 10% de la seva potència màxima, sense xocar amb les parets del recipient i a una alçada fixada). Les dues metodologies han estat:

1. Omplir el tanc amb aigua i connectar la bomba de sortida. Quan la quantitat d'aigua que surt pel cabal de sortida és zero, mesurar tot el volum contingut al recipient (usant material volumètric del laboratori).
2. Amb el tanc buit, connectar les bombes d'entrada i sortida. Mesurar el temps que triga a omplir-se el reactor. Amb aquest temps i el cabal (que és conegut, donat el valor de rpm de la bomba), es pot determinar  $V$  usant

$$V = Q_L \cdot t \quad (4)$$

El resultats obtinguts amb cada mètode es poden veure a la corresponent secció d'aquest informe.

## C Presa de dades experimentals

Per tal de trobar les temperatures de sortida usant els diferents cabals proposats pel guió, hem efectuat mesures de la temperatura a dins del tanc, que prèviament havia estat omplert amb aigua a  $90^\circ\text{C}$ , cada 30 segons durant els primers 5 minuts i després cada minut, fins que la temperatura del tanc ha estat uns  $10\text{-}15^\circ\text{C}$  superior a la del tanc pulmó.

## D Enllaç al Repositori de *GitHub*

A continuació adjuntem l'enllaç al repositori de *GitHub* on podeu trobar el codi per representar les gràfiques usant *Fortran* i *Gnuplot*: <https://github.com/isaacbg25/labfeq>.