

**LABORATORIO DE FÍSICA****GRUPO N° 2****CURSO: Z2001****PROFESOR: Carlos Insúa****JTP: Carlos Elizalde****ATP: Mariano Alonso, Rodolfo Delmonte, María Pilar Braña****ASISTE LOS DÍAS: Jueves****EN EL TURNO: Mañana****TRABAJO PRÁCTICO N°: 1****TÍTULO: Calorimetría****INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ**

Arias Lucas	Piacentini Nicolás
Estévez Julián	Su Ezequiel
Herzkovich Agustín	

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO EL	18/04/2023	
CORREGIDO		
APROBADO		

**INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:**

## **Objetivos**

El objetivo principal de la práctica es determinar el equivalente en agua de un calorímetro y calcular el calor específico de una sustancia desconocida. Primero, se realiza una mezcla de agua a diferentes temperaturas para calcular los calores intercambiados y determinar el equivalente en agua del calorímetro. Luego, se mezcla agua a temperatura ambiente con la sustancia desconocida a temperatura alta para calcular su calor específico. Por último, se utiliza el calor específico obtenido para identificar el material de la sustancia desconocida mediante comparación con una tabla de calores específicos de materiales conocidos y realización de un gráfico del intervalo de indeterminación del calor específico hallado.

## **Introducción Teórica**

Para la realización de este experimento, es necesario implementar los siguientes conceptos:

- Calor.
- Capacitancia Térmica o Capacidad Calorífica.
- Calor Específico.
- Energía Interna.
- Calorímetro.

Además, utilizaremos conocimientos adquiridos en Física 1 con respecto a los errores de medición.

### **Calor**

El calor es una forma de energía que se transfiere entre cuerpos cuando cambian su temperatura o estado de agregación. Al juntarse, los cuerpos intercambian energía hasta alcanzar un equilibrio térmico. La unidad de medida del calor es la caloría (Cal), y su equivalencia en Joules (J) es:

$$1 \text{ Caloría} = 4,186 \text{ Joules}$$

La caloría es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en 1 ° C (concretamente de 14,5 ° C a 15,5 ° C).

Existen dos tipos de calor:

#### **Calor sensible**

El calor sensible es la energía que se transfiere a un objeto o sustancia, resultando en una variación de temperatura, pero sin sufrir un cambio de fase. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Siendo:

- Q: Calor sensible [Cal]
- c: Calor específico del cuerpo [Cal / g ° C]
- m: Masa del cuerpo [g]
- $\Delta T$ : Diferencia de Temperatura [° C]

#### **Calor latente**

El calor latente es la cantidad de energía absorbida o liberada por una sustancia durante un cambio de fase, como puede ser de sólido a líquido (fusión) o de líquido a gaseoso (vaporización), sin un cambio en la temperatura. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q = m \cdot L$$

Siendo:

- Q: Calor latente [Cal]
- m: Masa del cuerpo [g]
- L: Coeficiente que puede ser de fusión o de vaporización dependiendo del tipo de cambio de estado [Cal/g]

En nuestro experimento, todos los calores que trabajamos son de tipo sensible, ya que sólo se efectúan variaciones de temperatura, sin cambio de fase.

### **Capacitancia Térmica o Capacidad calorífica**

La capacitancia térmica es una propiedad termodinámica que indica la cantidad de calor que debe liberar o absorber un cuerpo para que su temperatura varíe en una unidad determinada.

Fórmula:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Siendo:

- C: Capacitancia térmica [Cal/° C]
- Q: Calor [Cal]
- $\Delta T$ : Diferencia de temperatura [° C]

### **Calor específico**

El calor específico es una propiedad que indica la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en una unidad de temperatura. Es la medida de la facilidad con la que una sustancia puede aumentar su temperatura cuando se le agrega calor. Su fórmula es:

$$c = \frac{C}{m}$$

Siendo:

- c: Calor específico [Cal/g ° C]
- C: Capacitancia térmica [Cal/° C]
- m: Masa del cuerpo [g]

En esta práctica, utilizamos el concepto de "Equivalente en Agua" para simplificar los cálculos. Dado que determinar el calor específico del calorímetro es complicado, reemplazamos su masa por una masa equivalente de agua. Esto nos permite utilizar el calor específico del agua en los cálculos. El equivalente en agua es la masa de agua que absorbería la misma cantidad de calor que el calorímetro para el mismo cambio de temperatura, representado por la letra griega  $\pi$ .

$$C_{cal} \cdot m_{cal} = C_{agua} \cdot \pi$$

Donde:

- $C_{cal}$ : Calor específico del calorímetro [Cal/g ° C]
- $m_{cal}$ : Masa del calorímetro [g]
- $C_{agua}$ : Calor específico del agua [Cal/g ° C]
- $\pi$ : Masa equivalente de agua [g]

### **Energía Interna**

La energía interna se refiere a la suma de todas las energías cinéticas del sistema que incluye el movimiento molecular y las interacciones entre sus moléculas.

La fórmula de la energía interna se calcula sumando las energías cinéticas de cada molécula interna de la sustancia:

$$U = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \cdot m_i \cdot v_i^2$$

Una forma más fácil de calcularla es:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

Donde:

- U: Energía Interna [Joule]
- n: cantidad de moles del gas encerrado [mol]
- R: Constante universal de los gases para un mol de gas [Joule/° K mol]
- T: Temperatura [° K]

### **Calorímetro**

El calorímetro es un dispositivo utilizado para medir la cantidad de calor en una reacción o proceso físico. En nuestro experimento, empleamos un calorímetro de mezclas que consta de un recipiente aislado con un termómetro y un agitador. Este dispositivo está completamente aislado adiabáticamente, lo que significa que no intercambia calor con el entorno exterior. Según el principio de conservación de la energía, la suma de los intercambios de calor en su interior es igual a cero si se desprecia el intercambio de calor con el entorno.

$$\sum_{i=1}^N Q_i = 0$$

Esta es la ecuación que utilizaremos para todos los cálculos durante la práctica.

## **Materiales utilizados**

- Balanza (apreciación 0,01g).
- Termómetro rango de 0°C a 100°C (apreciación 0,1°C).
- Termómetro rango de 0°C a 50°C (apreciación 0,1°C).
- Probeta graduada (apreciación 1mL o 1g).
- Calorímetro.
- Caldera de Regnault.
- Trípode.
- Mechero de Bunsen.
- Tubo de vidrio con pinza metálica.

## **Desarrollo**

### **A. Determinación del equivalente en agua del calorímetro**

1. Vertimos 80g de agua, medida con una probeta graduada, dentro del calorímetro. Cerramos el calorímetro y revolvemos su contenido utilizando la herramienta incluida dentro de este, luego introducimos un termómetro electrónico por un agujero en la tapa del calorímetro y medimos la temperatura del agua hasta que esta se estabilice en un número fijo. Esta sería nuestra temperatura  $T_1$ .
2. Vertimos 80g de agua, medido con una probeta graduada, dentro un tubo de vidrio sostenido por una pinza metálica. Apoyamos el tubo de vidrio en boca de la caldera de Regnault ayudándonos de la pinza metálica. Para este punto la caldera, llena de una cantidad indeterminada de agua, ya ha sido calentada por un tiempo utilizando un mechero de Bunsen. Utilizamos un segundo termómetro electrónico para ir midiendo periódicamente la temperatura del agua en el tubo de vidrio, esperando que se aproxime a 80 °C.
3. Una vez que el agua dentro del tubo de vidrio se aproxima lo más posible a 80 °C, lo retiramos de la caldera utilizando la pinza metálica y esperamos un rato para que su temperatura siga elevándose por inercia térmica, y una vez que alcanzó su pico máximo, registramos la temperatura  $T_2$ .
4. Incorporamos esta masa de agua caliente dentro del calorímetro junto a la otra que habíamos introducido previamente. Utilizamos la herramienta incorporada en el calorímetro para mezclar las aguas a diferentes temperaturas y acelerar el proceso de intercambio de calor, e introducimos uno de los termómetros por el agujero en la tapa del calorímetro, sin levantarla. Esperamos a que la temperatura se estabilice, llegando a lo que conocemos como Temperatura de Equilibrio, y anotamos dicho resultado como la temperatura final del experimento  $T_f$ .

- Utilizamos los datos recopilados hasta el momento para calcular la masa equivalente en agua del calorímetro utilizando la fórmula:

$$c_a \cdot M \cdot (T_f - T_1) + c_a \cdot m \cdot (T_f - T_2) + c_a \cdot \pi \cdot (T_f - T_1) = 0$$

De la cual despejamos  $\pi$ , siendo esta la masa equivalente en agua del calorímetro:

$$\pi = \frac{-M \cdot (T_f - T_1) - m \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)}$$

- Informamos el valor representativo y el error absoluto, este último hallado propagando errores en la anterior ecuación.

## B. Determinación del calor específico de una sustancia desconocida:

- Vertimos 80g de agua, medida con una probeta graduada, dentro del calorímetro. Cerramos el calorímetro y revolvemos su contenido utilizando la herramienta incluida dentro de este, luego introducimos un termómetro electrónico por un agujero en la tapa del calorímetro y medimos la temperatura del agua hasta que esta se estabilice en un número fijo. Esta la llamamos  $T_1$ .
- Utilizamos una balanza electrónica para pesar pequeñas muestras de una sustancia desconocida de textura porosa hasta obtener aproximadamente 80 g. Vertimos la sustancia dentro de un tubo de vidrio sostenido con una pinza metálica y lo colocamos en la boca de la caldera de Regnault para aumentar su temperatura. Utilizamos otro termómetro para medir periódicamente la temperatura de la sustancia hasta que esta se aproxime a 80 °C.
- Una vez la sustancia dentro del tubo de vidrio se aproxima lo más posible a 80 °C, la retiramos de la caldera utilizando la pinza metálica y esperamos un tiempo para que actúe la inercia térmica. Medimos la temperatura de la sustancia cuando llega a su pico máximo y la registramos como  $T_2$ .
- Incorporamos la sustancia dentro del calorímetro junto al agua que habíamos introducido previamente. Utilizamos la herramienta incorporada en el calorímetro para revolver el agua junto con la sustancia e introducimos uno de los termómetros por el agujero en la tapa del calorímetro, sin levantarla. Esperamos a que la temperatura se estabilice y anotamos dicho resultado como la temperatura final del experimento  $T_f$ .
- Utilizamos los datos recopilados hasta el momento y la masa equivalente en agua del calorímetro obtenida en la parte anterior para calcular el calor específico de la sustancia desconocida utilizando la fórmula:

$$c_a \cdot M \cdot (T_f - T_1) + c_x \cdot m_x \cdot (T_f - T_2) + c_a \cdot \pi \cdot (T_f - T_1) = 0$$

De la cual despejamos  $c_x$ , siendo este el calor específico de la sustancia desconocida.

$$c_x = \frac{-c_a \cdot \pi \cdot (T_f - T_1) - c_a \cdot M \cdot (T_f - T_1)}{m_x \cdot (T_f - T_2)}$$

6. Informamos el valor representativo y el error absoluto de  $c_x$ , y realizamos un gráfico con su correspondiente intervalo de indeterminación.
7. Comparamos el resultado obtenido con una tabla de calores específicos para identificar la sustancia desconocida.

## Resultados y Análisis

### Anexo de Fórmulas

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \cdot \Delta T$$

$$ce = \frac{Q}{\Delta T \cdot m} \Rightarrow Q = ce \cdot m \cdot \Delta T$$

Ecuación de Equilibrio

$$Q_c + Q_{m1} + Q_{m2} = 0$$

Donde:

- $Q_c$ : Calor del calorímetro
- $Q_{m1}$ : Calor de la masa de agua a temperatura ambiente
- $Q_{m2}$ : Calor de la masa de agua caliente

Luego

$$ce_c \cdot m_c \cdot (T_f - T_1) + m \cdot ce_a \cdot (T_f - T_1) + M \cdot ce_a \cdot (T_f - T_2) = 0$$

Donde:

- $ce_c$ : Calor específico del calorímetro
- $m_c$ : Masa del calorímetro
- $m$ : Masa del agua a temperatura ambiente
- $M$ : Masa del agua caliente
- $ce_a$ : Calor específico del agua = 1 cal/g °C
- $T_f$ : Temperatura de equilibrio
- $T_1$ : Temperatura inicial de la masa de agua m
- $T_2$ : Temperatura inicial de la masa de agua M

Ahora reemplazamos en la ecuación para que aparezca el equivalente en agua  $\pi$

$$ce_a \cdot \pi \cdot (T_f - T_1) + m \cdot ce_a \cdot (T_f - T_1) + M \cdot ce_a \cdot (T_f - T_2) = 0$$

De aquí despejamos  $\pi$ :

$$\begin{aligned} \pi \cdot (T_f - T_1) &= -m \cdot (T_f - T_1) - M \cdot (T_f - T_2) \Rightarrow \pi = \frac{-m \cdot (T_f - T_1) - M \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)} \\ &\Rightarrow \pi = -m - \frac{M \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)} \end{aligned}$$

Entonces

$$\pi_o = -m_o - \frac{M_o \cdot (T_{fo} - T_{2o})}{(T_{fo} - T_{1o})}$$

Y propagando errores:

$$\Delta\pi = \Delta m + \Delta \left( \frac{M \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)} \right) \Rightarrow \Delta\pi = \Delta m + \varepsilon \left( \frac{M \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)} \right) \cdot \frac{M_0 \cdot |T_{fo} - T_{2o}|}{|T_{fo} - T_{1o}|}$$

$$\Rightarrow \Delta\pi = \Delta m + [\varepsilon(M) + \varepsilon(T_f - T_2) + \varepsilon(T_f - T_1)] \cdot \left( \frac{M_0 \cdot |T_{fo} - T_{2o}|}{|T_{fo} - T_{1o}|} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta\pi = \Delta m + \left( \frac{M_0 \cdot |T_{fo} - T_{2o}|}{|T_{fo} - T_{1o}|} \right) \cdot \left[ \frac{\Delta M}{M_o} + \frac{2\Delta T}{|T_{fo} - T_{2o}|} + \frac{2\Delta T}{|T_{fo} - T_{1o}|} \right]$$

Por otro lado, para la parte 2 tenemos:

$$Q_x + Q_{m1} + Q_{cal} = 0$$

Donde:

- $Q_x$ : Calor de la sustancia desconocida
- $Q_{m1}$ : Calor de la masa de agua a temperatura ambiente
- $Q_{cal}$ : Calor del calorímetro

Luego

$$c_x \cdot m_x \cdot (T_f - T_2) + m \cdot (T_f - T_1) + \pi \cdot (T_f - T_1) = 0$$

Donde:

- $c_x$ : Calor específico de la sustancia desconocida
- $m_x$ : Masa de la sustancia desconocida
- $m$ : Masa del agua a temperatura ambiente
- $\pi$ : Equivalente en agua del calorímetro
- $T_f$ : Temperatura de equilibrio
- $T_1$ : Temperatura inicial de la masa de agua  $m$
- $T_2$ : Temperatura inicial de la sustancia desconocida

Despejando  $c_x$

$$c_x = \frac{-m \cdot (T_f - T_1) - \pi \cdot (T_f - T_1)}{m_x \cdot (T_f - T_2)} \Rightarrow c_x = \frac{-(T_f - T_1) \cdot (m + \pi)}{m_x \cdot (T_f - T_2)}$$

Entonces

$$c_{xo} = \frac{-(T_{fo} - T_{1o}) \cdot (m_o + \pi_o)}{m_{xo} \cdot (T_{fo} - T_{2o})}$$

Y propagando errores análogamente como en el cálculo de  $\pi$ :

$$\Delta c_x = \left[ \frac{\Delta m_x}{m_{xo}} + \frac{2\Delta T}{|T_{fo} - T_{2o}|} + \frac{2\Delta T}{|T_{fo} - T_{1o}|} + \left( \frac{\Delta m + \Delta \pi}{m_o + \pi_o} \right) \right] \cdot c_{xo}$$

## **Datos, mediciones y resultados calculados**

### **Parte 1**

$$m = (80 \pm 1)g$$

$$M = (80 \pm 1)g$$

$$T_1 = (23,1 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$T_2 = (81,5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$T_f = (47,9 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$\pi_o = -80g - \frac{80g \cdot (47,9^\circ\text{C} - 81,5^\circ\text{C})}{(47,9^\circ\text{C} - 23,1^\circ\text{C})} \Rightarrow$$

$$\boxed{\pi_o = 28,3871g}$$

$$\Delta\pi = 1g + \left( \frac{80g \cdot |47,9^\circ\text{C} - 81,5^\circ\text{C}|}{|47,9^\circ\text{C} - 23,1^\circ\text{C}|} \right) \cdot \left[ \frac{1g}{80g} + \frac{2 \cdot 0,1^\circ\text{C}}{|47,9^\circ\text{C} - 81,5^\circ\text{C}|} + \frac{2 \cdot 0,1^\circ\text{C}}{|47,9^\circ\text{C} - 23,1^\circ\text{C}|} \right]$$

$$\boxed{\Delta\pi = 3,4586g}$$

Entonces enuncio el valor de  $\pi$ :

$$\pi = \pi_o \pm \Delta\pi \Rightarrow \pi = (28,3871 \pm 3,4586)g$$

Redondeando:

$$\boxed{\pi = (28,4 \pm 3,5)g}$$

## Parte 2

$$m = (80 \pm 1)g$$

$$m_x = (80,00 \pm 0,01)g$$

$$T_1 = (25,1 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$T_2 = (80,3 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$T_f = (30,1 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

Ahora calculo  $c_x$

$$c_{xo} = \frac{-(30,1^\circ\text{C} - 25,1^\circ\text{C}) \cdot (80g + 28,4g)}{80g \cdot (30,1^\circ\text{C} - 80,3^\circ\text{C})} \Rightarrow$$

$$\boxed{c_{xo} = 0,1350 \text{ cal/g}^\circ\text{C}}$$

$$\Delta c_x = \left[ \frac{0,01g}{80g} + \frac{2 \cdot 0,1^\circ\text{C}}{|30,1^\circ\text{C} - 80,3^\circ\text{C}|} + \frac{2 \cdot 0,1^\circ\text{C}}{|30,1^\circ\text{C} - 25,1^\circ\text{C}|} + \left( \frac{1g + 3,5g}{80g + 28,4g} \right) \right] \cdot 0,1350 \text{ cal/g} \cdot 30,1^\circ\text{C} - 80,3^\circ\text{C}$$

$$\boxed{\Delta c_x = 0,0116 \text{ cal/g}^\circ\text{C}}$$

Enuncio el valor de  $c_x$ :

$$c_x = c_{xo} \pm \Delta c_x \Rightarrow c_x = (0,1350 \pm 0,0116) \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$\boxed{c_x = (0,14 \pm 0,01) \text{ cal/g}^\circ\text{C}}$$

Aclaración: El valor absoluto colocado en los cálculos se debe a que los errores no pueden ser negativos.

## Tabla de calores específicos



Material	Específico (C <sub>e</sub> )		Fusión (l <sub>f</sub> )	Vaporización (l <sub>v</sub> )
	Kcal/kg.°C	kJ/kg.K	kJ/kg	kJ/kg
Aceite de Oliva	0,400	1,675	-	-
Acero	0,110	0,460	205	-
Agua	1,000	4,183	335	2250
Alcohol	0,600	2,513	-	880
Alpaca	0,095	0,398	-	-
Aluminio	0,217	0,909	377	-
Antimonio	0,050	0,210	164	-
Azufre	0,179	0,750	38	-
Bronce	0,086	0,360	-	-
Cadmio	0,056	0,234	46	-
Carbón Mineral	0,310	1,300	-	-
Carbón Vegetal	0,201	0,840	-	-
Cinc	0,093	0,389	117	-
Cobalto	0,104	0,435	243	-
Cobre	0,093	0,389	172	-
Cromo	0,108	0,452	59	-
Estaño	0,060	0,250	113	-
Eter etílico	0,540	2,261	113	-
Fenol	-	-	109	-
Glicerina	0,580	2,430	176	-
Hierro	0,113	0,473	-	-
Ladrillo Refractario	0,210	0,880	-	-
Latón	0,094	0,394	168	-
Manganeso	0,110	0,460	155	-
Mercurio	0,033	0,138	11,7	281
Mica	0,210	0,880	-	-
Naftalina	-	-	151	-
Níquel	0,110	0,461	234	-
Oro	0,031	0,130	67	-
Parafina	0,778	3,260	147	-
Plata	0,056	0,235	109	-
Platino	0,031	0,130	113	-
Plomo	0,031	0,130	23	-
Potasio	0,019	0,080	59	-
Tolueno	0,380	1,590	-	365
Vidrio	0,200	0,838	-	-

Comparando el resultado obtenido con esta tabla, vemos que ningún material posee un calor específico que coincida con el nuestro. Sin embargo, el más aproximado es el hierro.

#### Cálculo de escala para el gráfico

$$Rango = Valor\ máximo - Valor\ mínimo \Rightarrow Rango = (0,15 - 0,113) cal/g^{\circ}C$$

$$Rango = 0,037 cal/g^{\circ}C$$

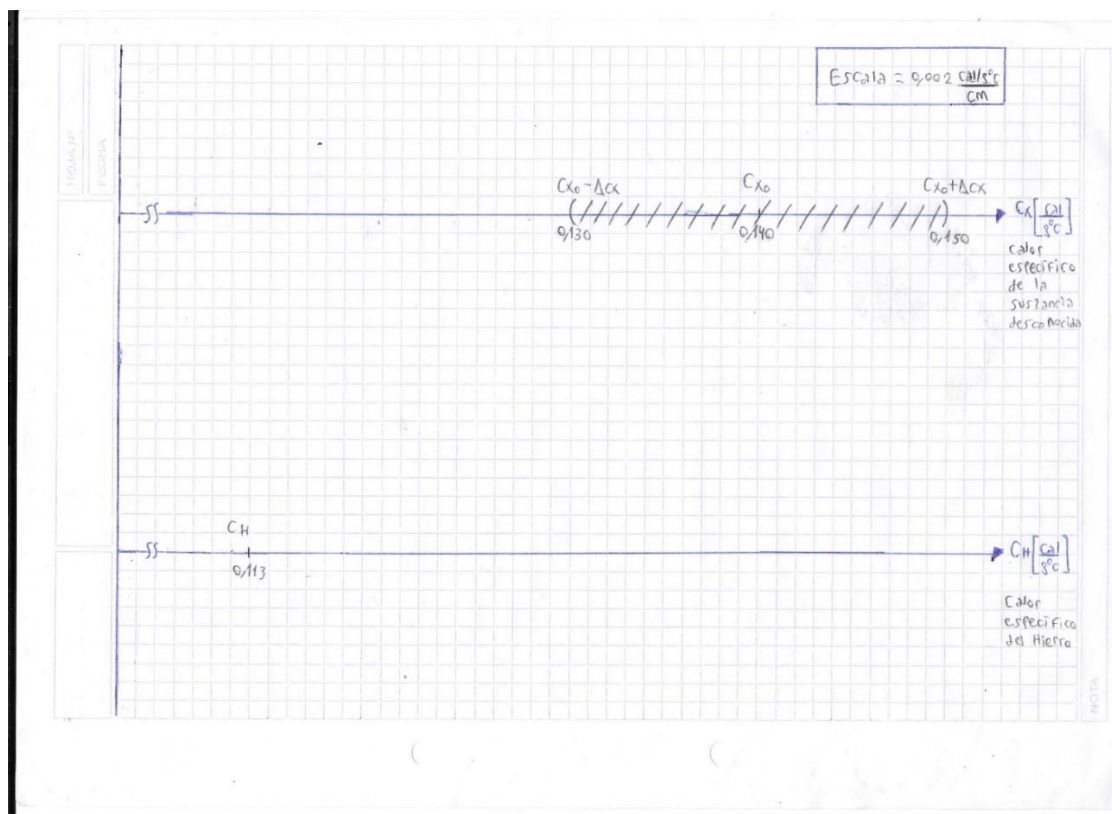
Espacio disponible en hoja: 21,5cm

$$Escala = \frac{Rango}{Espacio\ disponible\ en\ hoja} \Rightarrow Escala = \frac{0,037 cal/g^{\circ}C}{21,5cm}$$

Estandarizando el resultado con el criterio 1-2-5 queda:

$Escala = 0,002 \frac{cal/g^{\circ}C}{cm}$
--

#### Gráfico de c<sub>x</sub>



## Conclusión

En esta experiencia de laboratorio, pudimos aplicar los conocimientos adquiridos para determinar el equivalente en agua del calorímetro y para calcular el calor específico de una sustancia desconocida. A Partir del  $\pi$  obtenido en la primera parte del experimento, y aplicando los cálculos correspondientes, obtuvimos el calor específico de la sustancia, y graficamos su intervalo de indeterminación.

Al comparar con la tabla de los calores específicos de las sustancias, determinamos que se asemeja al calor específico del Hierro, por más que el calor específico de este se encuentra fuera de los rangos del intervalo obtenido, es el más cercano al mismo. Teniendo en cuenta los errores en la medición y pequeñas impurezas de la masa de dicha sustancia, concluimos que la misma es Hierro.

Curso 22001  
Grupo 2 - 22001 - Laboratorio 20

Hoja N°  
Fecha

Integrantes:

- Anias Lucas Sebastián
- Herzkovich Aquilín Nicolás
- Su Ezequiel
- Piacentini Nicolás Mauro
- Esleviz Domina Julián Alejandro

Mediciones Parte 1:

$T_1 = 23.1^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 81.6^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$   
 $T_F = 47.9^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$

$m = 80\text{g} \pm 1\text{g}$   
 $M = 80\text{g} \pm 1\text{g}$

$\pi = (28.4 \pm 3.5)\text{g}$

Mediciones Parte 2:

$T_1 = (25.1 \pm 0.1)^\circ\text{C}$   
 $T_2 = (80.3 \pm 0.1)^\circ\text{C}$   
 $T_F = (30.1 \pm 0.1)^\circ\text{C}$

$m = 80\text{g} \pm 1\text{g}$   
 $m_x = 80\text{g} \pm 0.01\text{g}$

$C_x = (0.14 \pm 0.01) \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

18/4