

Sistemas, paredes y temperatura

Gómez Arias, Andrés

29 de agosto de 2017

Resumen

Se comparan 3 distintos instrumentos de temperatura, así como algunos métodos de su uso, con respecto a sus mediciones y el tiempo de su realización. Se comparó la temperatura de diversos sistemas termodinámicos en los cuales variaba el contenedor, el medio que lo rodea, el intercambio de materia y el volumen del sistema. Se ajustó su temperatura para verificar que se desarrolla como la describe la Ley de Enfriamiento de Newton. Se encontró una relación entre las variaciones entre los sistemas y la constante de proporcionalidad de la Ley. Se validaron las hipótesis descritas, pero sin mucho peso estadístico, pues se usaron muestras singulares. Por último, se comprobó el efecto de la osmosis en un sistema conformado por un huevo con vinagre o jarabe de maíz o con uvas.

1. Introducción

El objetivo de esta práctica es analizar los flujos de temperatura de diversos sistemas termodinámicos, al intentar encontrar correlaciones entre cambios de volúmenes, materiales, su exposición a diferentes medios y la forma en que el sistema es contenido, en temperaturas del sistema, del contenedor o del medio que rodea al sistema. Así también, se utilizaron diferentes instrumentos y métodos de medición, para poder encontrar otras correlaciones entre dichos métodos y las mediciones realizadas y el tiempo de medición.

En principio existen 3 tipos de sistemas termodinámicos, clasificados según el grado de aislamiento: Sistema aislado: Aquel cuya materia y energía total permanece constante. Sistema cerrado: Aquel cuya energía total permanece constante, pero cuya materia puede variar debido a intercambios de éste con el medio en el que se encuentra. Sistema abierto: Aquel cuya materia y energía se intercambia con el medio, por lo que no necesariamente permanecen constantes. Otro tipo de clasificación de éstos sistemas (finitos) se refiere a las paredes del contenedor del sistema. Éstas pueden ser: Adiabáticas: No permiten transferencias de energía entre el sistema y el medio que rodea al contenedor. Rígidas: No provocan cambios en el volumen del sistema. Impermeables: No permiten transferencias de materia en dicho fenómeno. Las paredes diatérmicas, móviles, y permeables son lo opuesto a las primeras 3 tipos de paredes mencionadas, respectivamente.

A nivel básico, muchos de los sistemas estudiados no pueden ser descritos exactamente sin utilizar ecuaciones diferenciales que están más allá del nivel de los autores, debido a que los sistemas estudiados no están aislados, están contenidos en recipientes cuya forma o material puede afectar al sistema, así como el medio que rodea al contenedor.

Como herramienta teórica básica, y a fin de no realizar un análisis exclusivamente cualitativo, se utilizará la Ley de enfriamiento de Newton, en los sistemas en los cuales sea aproximadamente aplicable.

La Ley de enfriamiento de Newton describe a un cuerpo con una temperatura $T(t)$, con $T(t = t_0) = T_0$ inmerso en un medio con una temperatura $T_m \leq T(t) \leq T_0$. Donde se asume que la diferencia entre T_m y $T(t)$ no es grande y la temperatura del medio permanece constante. Así, $T(t)$ está descrito por:

$$\dot{T}(t) = -k(T(t) - T_m)$$

con $k > 0$ siendo una constante de proporcionalidad que puede depender de la masa del cuerpo, el volumen, la presión, la disposición, entre otros factores. Para dos sistemas independientes, una constante de proporcionalidad menor a otra implica un enfriamiento más lento que la otra. Análogamente, entre más grande sea k , más rápido es el enfriamiento.

La solución de ésta ecuación diferencial es:

$$T(t) = (T_0 - T_m)e^{-k(t-t_0)} + T_m$$

Éste modelo será representado gráficamente en la sección de datos experimentales mediante una línea roja. El error asociado a la temperatura que describe dicha función, que depende de los errores de medición de los parámetros que la definen, se obtiene mediante el método de derivadas parciales, a saber:

$$dT^2 = e^{-2k(t-t_0)}dT_0^2 + (1 - e^{-k(t-t_0)})^2dT_m^2 + (t - t_0)^2(T_0 - T_m)^2e^{-2k(t-t_0)}dk^2 + k^2(T_0 - T_m)^2e^{-2k(t-t_0)}dt^2$$

El cual es representado mediante una barra roja en dicha sección.

Así, cuando sea pertinente, se ajustarán los datos obtenidos al modelo teórico mediante el método de mínimos cuadrados usando la biblioteca de análisis estadístico `scipy`, del lenguaje de programación Python, para encontrar a la constante de proporcionalidad k . Como no se poseen las herramientas para encontrar teóricamente cuál debería ser la constante de proporcionalidad k para cada sistema, no se podrá concluir si la constante obtenida mediante el ajuste es parecida a la que se debería encontrar teóricamente, pero sí se podrá concluir si los sistemas obedecen la Ley de Enfriamiento de Newton.

Por otro lado. Otro fenómeno físico analizado es el de la osmosis, que tiene que ver con el intercambio de fluidos. Se tienen dos fluidos con una diferente concentración de azúcar, separados por una membrana semipermeable. Es decir, una pared con poros lo suficientemente pequeños como para no dejar pasar a las moléculas de azúcar, pero lo suficientemente grandes como para dejar pasar a las moléculas de agua. Al paso del tiempo se efectuará un intercambio de materia (agua), pero el resultado final será tal que la concentración de azúcar será igual de ambos lados.

Con todo esto mencionado, se espera que se cumplan las siguientes hipótesis:

1. Apropiadamente calibrados, distintos instrumentos de medición de temperatura deberían de dar mediciones iguales. Las mayores discrepancias están relacionadas con la método en la cual éstos se usan.
2. El tiempo de medición de los termómetros debería ser (del más lento al más rápido): Termómetro de alcohol, termómetro bimetalico y multímetro con termopar. Ya que el interior del termómetro de alcohol debe adquirir la temperatura del sistema, el termómetro bimetalico mide pequeñas dilataciones entre dos placas y el multímetro con termopar mide diferencias de potencial causadas por la temperatura.

3. Entre dos sistemas, el flujo de calor irá desde el sistema con mayor temperatura al sistema con menor temperatura.
4. La relación entre la temperatura total y la energía total de un sistema no es proporcional cuando diferentes partes del sistema están hechas de materiales diferentes y tienen cantidades distintas de materia.
5. El enfriamiento de un sistema debería seguir aproximadamente la Ley de Enfriamiento de Newton, lo que significa que a mayor diferencia de temperatura con el medio, mayor será el enfriamiento.
6. Tanto el intercambio de calor, como el intercambio de materia entre dos sistemas influyen en su cambio de temperatura, aún cuando éstos dos hechos pueden ser independientes.
7. Cuando dos sistemas alcanzan la misma temperatura, ésta se encuentra en equilibrio.
8. Un huevo en vinagre puede experimentar un efecto de ósmosis, ya que sus paredes son semipermeables. Así también, el mismo huevo en jarabe de maíz experimenta éste fenómeno, pero debido al cambio de concentración inversa, el intercambio se invierte. Por otro lado, si se realizara lo mismo, pero con líquidos a distintas temperaturas, se espera que con menores temperaturas el intercambio de materia sea más lento; por lo que en tiempos iguales, menor. Esto viene del hecho de que la temperatura es proporcional al promedio de la energía cinética de las partículas. Así, con temperaturas bajas, se efectuará un movimiento más lento. Lo mismo, pero inversamente con líquidos más calientes.

2. Procedimiento

El procedimiento que a continuación se describe está en orden temporal, que no necesariamente coincide con el orden en el que se exponen los experimentos en subsecuentes secciones.

Todas las mediciones de tiempo fueron realizadas con una aplicación de un celular. Los detalles de precisión no son relevantes debido a que el error debido al tiempo de medición es mucho mayor a la precisión del cronómetro.

Se rompió un hielo grande con un martillo y se puso en un vaso de precipitado de 250ml a su máxima capacidad. Se esperó a que el agua se enfriara realizando otras mediciones. Así también, se dejó el agua de la llave en otro vaso de precipitado para adquirir la temperatura del ambiente.

1. Medimos las temperaturas del aire con tres diferentes tipos de termómetros: Un multímetro con termopar, un termómetro bimetalico y un termómetro de alcohol de inmersión parcial. Al terminar, se revolvió el agua con hielo para normalizar la temperatura en el recipiente y se midió con los 3 instrumentos mencionados la temperatura del agua, teniendo cuidado de no tocar las paredes del recipiente ni el hielo. El mismo procedimiento fue realizado para el agua a temperatura ambiente. Para medir la temperatura del cuerpo humano, usamos el brazo cerrado de voluteotl, colocando los 3 instrumentos en la parte posterior al codo (región olecraniana).

A continuación se empezó a hervir agua en un vaso de precipitado de 1l en una estufa eléctrica al nivel 5. Mientras esto sucedía, se realizó el experimento 2:

2. Se midió la temperatura del agua con hielo anteriormente usada, pero ahora con 2 termómetros de alcohol de inmersión parcial, teniendo las mismas precauciones. Al haber tomado una medida de temperatura estable, se retiraron al mismo tiempo, dejando uno en el aire y otro en el agua a temperatura ambiente anteriormente usada. Así, se midió el tiempo en el que cada uno medía una temperatura estable, anotando también dicha temperatura.

Con el agua ya hirviendo, se terminó de realizar el experimento 1 al medir su temperatura con los 3 diferentes tipos de instrumentos. Terminado esto, se bajó el nivel de la estufa al 2 para mantenerla caliente.

3. Con dos termómetros de alcohol de inmersión parcial se midió la temperatura del agua hirviendo. A continuación se dejando al aire, agitando sólo uno de ellos continuamente. Se tomó el tiempo en el que cada uno de ellos llegaba a la temperatura ambiente.

4. Se tomaron 3 envases diferentes: Uno de vidrio (un vaso de precipitado de 250ml), uno de metal (el contenedor del interior de un calorímetro) y uno de unicel (un vaso de dicho material). En secuencia (un envase después del otro) se pusieron 250 ml de agua caliente en el envase y se midió la temperatura del agua con termómetro bimetalico, la del aire con termómetro de alcohol de inmersión total, la de la pared del envase por fuera con termómetro de alcohol de inmersión parcial y la de la superficie de la mesa colindante al envase con el multímetro con termopar cada minuto durante 10 minutos. Se tuvo cautela en las mediciones iniciales, definiendo una medición en $t=00$ de los objetos antes de servir el agua y otra en $t=0$ justo al servir el agua. Usar el tiempo 00 nos permitió tener muestras de agua de la misma temperatura inicial. Al repetir con los subsecuentes envases se esperó a que la superficie de la mesa retornara a su temperatura habitual o se utilizó otro lugar de la misma.

A continuación, a falta de tiempo, se realizaron los experimentos 5, 6 y 7 individualmente (al mismo tiempo).

5. Se llenó con agua caliente un recipiente pequeño tapado de metal y se sumergió en un vaso medianamente pequeño con agua a temperatura ambiente. A continuación se midió la temperatura del agua del recipiente pequeño y del vaso con el multímetro con termopar cada minuto durante 10 minutos.

objeto	T_a	T_b	T_m	s_T
aire	23	23	22	0.5
aguahielo	3	3	3	0.5
aguaambie	22	22	22	0.5
aguahirvi	94	93	90	0.5
brazohum	33	33	34	0.5

Figura 1: Experimento 1: Objeto/Termómetro de alcohol($^{\circ}\text{C}$)/Termómetro bimetalícol($^{\circ}\text{C}$)/Multímetro con termopar($^{\circ}\text{C}$)/Error medición($^{\circ}\text{C}$)

cmedida	termaire	termagua
T0	5	4
Tf	20	20
t	393.32	115.62
s_T	0.5	0.5
s_t	0.2t	0.2t

Figura 2: Experimento 2: Temperatura inicial($^{\circ}\text{C}$)/Temperatura final($^{\circ}\text{C}$)/Tiempo entre la inicial y final (s)/Error Temperatural($^{\circ}\text{C}$)/Error tiempo(%t)

6. Se llenaron dos rollos de película iguales de una misma agua caliente, tapando sólo uno de ellos. A continuación se midió la temperatura del agua de cada uno cada 5 minutos durante 45 minutos con el termómetro bimetalíco.

7. Se pusieron 50ml, 150ml y 200ml de una misma agua caliente en 3 vasos de plástico. Se midió la temperatura del agua de cada uno cada 5 minutos durante 45 minutos. Para los primeros dos se utilizó un termómetro de alcohol de inmersión parcial y para el tercero se utilizó uno de inmersión total.

8. a) Se colocaron uvas pasas en un recipiente con agua. Se removieron las pasas y se dejaron reposar un rato.
b) Se midió la circunferencia de el centro de un huevo. Se puso el huevo en un frasco con vinagre, tapado. Se midió su circunferencia después de 72 horas. Después ese mismo huevo se introdujo en un frasco con jarabe de maíz, para realizar otra medición después de 72 horas.

3. Datos experimentales

A continuación se muestran las tablas de datos de los 7 experimentos realizados:

4. Resultados

A continuación se muestran las gráficas y ajustes de los experimentos cuyo enfriamiento es candidato a un ajuste con la Ley de Enfriamiento de Newton. Éstos siendo los experimentos 4, 5, 6 y 7. Los experimentos 1, 2 y 3 no arrojan resultados que muestren el desarrollo de la temperatura con el tiempo.

Los experimentos 7 con 150 y 200ml muestran un mal ajuste debido a una clara discrepancia entre el primer dato de la temperatura y el segundo dato de la temperatura. Entre éstos dos se muestra un calentamiento del agua. Lo cual, intuitivamente, no debe pasar. Debido a que se usaron termómetros de alcohol en éstas mediciones, puede que el error radique en éstos, ya que se necesita un tiempo considerable para que los termómetros de alcohol

cmedida	termagit	ternoagit
T0	85	84
Tf	23	23
t	174.53	288.40
s_T	0.5	0.5
s_t	0.2t	0.2t

Figura 3: Experimento 3: Temperatura inicial(°C)/Temperatura final(°C)/Tiempo entre la inicial y final (s)/Error Temperatural(°C)/Error tiempo(%t)

t	T_ag	T_p	T_ai	T_m	s_T	s_t	V	s_V
00	60	25	26	24	0.5	10	0.2	0.05V
0	60	27	27	25	0.5	10		
60	59	29	28	27	0.5	10		
120	59	32	31	28	0.5	10		
180	58	38	32	29	0.5	10		
240	56	41	33	30	0.5	10		
300	56	41	32	30	0.5	10		
360	55	37	33	31	0.5	10		
420	54	37	33	32	0.5	10		
480	53	41	33	33	0.5	10		
540	52	40	33	33	0.5	10		
600	51	42	32	33	0.5	10		

Figura 4: Experimento 4 (Vaso de precipitado): Tiempo(s)/Temperatura agua(°C)/Temperatura paredl(°C)/Temperatura airel(°C)/Temperatura mesal(°C)/Error Temperatura/Volumen(L)/Error de volumen(L)

t	T _{ag}	T _p	T _{ai}	T _m	s _T	s _t	V	s _V
00	60	26	26	24	0.5	10	0.2	0.05V
0	56	27	26	29				
60	55	33	28	28				
120	54	38	30	31				
180	53	40	31	31				
240	52	40	32	32				
300	51	40	32	33				
360	51	40	31	33				
420	50	40	32	33				
480	49	39	31	34				
540	49	39	31	34				
600	48	38	32	33				

Figura 5: Experimento 4 (Metal): Tiempo(s)/Temperatura agua(°C)/Temperatura paredl(°C)/Temperatura airel(°C)/Temperatura mesal(°C)/Error Temperatura/Volumen(L)/Error de volumen(L)

t	T _{ag}	T _p	T _{ai}	T _m	s _T	s _t	V	s _V
00	60	26	25	24	0.5	10	0.2	0.05V
0	58	26	27	25				
60	57	30	28	30				
120	57	32	29	31				
180	56	33	29	32				
240	55	34	30	33				
300	54	34	29	33				
360	53	34	29	33				
420	53	34	29	33				
480	51	34	29	33				
540	51	33	29	33				
600	51	33	29	33				

Figura 6: Experimento 4 (Unicel): Tiempo(s)/Temperatura agua(°C)/Temperatura paredl(°C)/Temperatura airel(°C)/Temperatura mesal(°C)/Error Temperatura/Volumen(L)/Error de volumen(L)

t	T_i	T_e	s_T	s_t
0	50	22	0.5	10
60	35	28		
120	32	28		
180	28	26		
240	27	25		
300	26	25		
360	26	25		
420	25	25		
480	25	25		
540	25	25		
600	25	25		

Figura 7: Experimento 5: Tiempo(s)/Temperatura interior($^{\circ}$ C)/Temperatura exterior($^{\circ}$ C)/Error Temperatura($^{\circ}$ C)/Error tiempo(s)

t	T_t	T_nt	s_T	s_t
00	65	65	0.5	10
0	60	60		
300	46	50		
600	46	44		
900	42	40		
1200	37	36		
1500	32	30		
1800	35	33		
2100	32	31		
2400	31	28		
2700	30	28		

Figura 8: Experimento 6: Tiempo(s)/Temperatura tapado($^{\circ}$ C)/Temperatura no tapado($^{\circ}$ C)/Error Temperatura($^{\circ}$ C)/Error tiempo(s)

t	T_1	T_2	T_3	s_T	s_t
0	49	49	49	0.5	10
300	43	54	54		
600	39	50	51		
900	35	46	47		
1200	33	44	44		
1500	31	41	42		
1800	30	40	40		
2100	28	37	38		
2400	27	36	37		
2700	27	35	35		

Figura 9: Experimento 7: Tiempo(s)/Temperatura 50ml(°C)/Temperatura 150ml(°C)/Temperatura 200ml(°C)/Error Temperatura(°C)/Error tiempo(s)

Proceso	C[cm]	dC[cm]
Inicial	14.6	0.05
En_vinagre	17.0	0.05
En_jarabe	12.2	0.05

Figura 10: Experimento 8: Huevo en líquidos con diferentes concentraciones

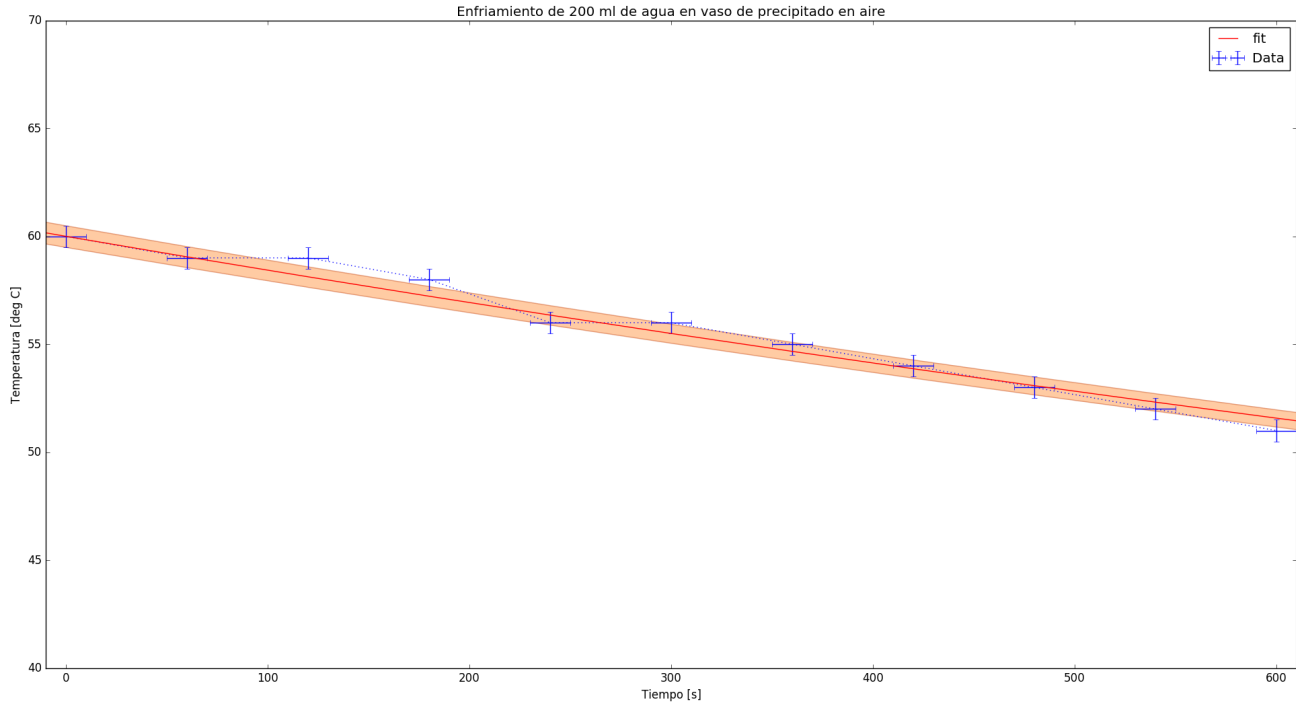


Figura 11: Experimento 4 (Vaso de precipitado): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

alcanzen la temperatura medida. Así, se incluyeron gráficas y ajustes de esos experimentos, ignorando ese primer dato al ajustar a la Ley con $t_0 = 300s$.

Al final se muestra una tabla de datos de la constante de proporcionalidad k encontrada en cada experimento mediante el ajuste, así como su error asociado.

5. Discusión

El primer experimento demostró que los 3 tipos de instrumentos de medición obtienen resultados que difieren en promedio de $1^\circ C$. En algunos casos se obtuvieron coincidencias exactas, aunque en el del agua hirviendo hubo una variación de hasta $4^\circ C$. Ésto puede ser ocasionado por una variación en la calibración entre los instrumentos, donde sus mediciones pueden diferir con temperaturas grandes. El multímetro con termopar demostró ser el instrumento de medición más rápida, con aproximadamente 5 segundos de contacto con el sistema; seguido del termómetro bimetalico y al final el termómetro de alcohol, tomando un tiempo considerable. Ésto debido a que para realizar una medición, el interior del instrumento debe adquirir la misma temperatura que el sistema.

El segundo experimento, además de mostrar una pequeña variación entre dos instrumentos del mismo tipo al medir la temperatura del agua con hielo, demostró que el agua como medio es capaz de cambiar la temperatura de un termómetro más rápido que lo que el aire es capaz de hacer (más de 3 veces la rapidez). Al final, llegando a la misma temperatura.

El tercer experimento demostró simplemente que el agitar un termómetro normaliza su temperatura con el ambiente más rapido que de no hacerlo. Esto tiene sentido, ya que si un termometro más caliente que el aire se mantiene inmóvil, después de un tiempo puede calentar el aire que lo rodea, ralentizando su mismo enfriamiento. Esto claramente no sucede en el otro caso, ya que el movimiento garantiza un flujo constante de aire a temperatura ambiente.

El cuarto experimento, como sistema completo (agua, pared, aire, mesa) parece no conservar su temperatura energía, ya que si uno ciegamente suma las 4 temperaturas, nos da resultados crecientes con respecto al tiempo. Uno esperaría que la temperatura de todo el sistema decrezca con el tiempo, ya que está inmerso en un ambiente más frío que él. Pero el aumento de temperatura no debe confundirse con un aparente aumento de energía neta del sistema, ya que distintos materiales tienen una distinta relación entre su energía interna y su temperatura. El agua

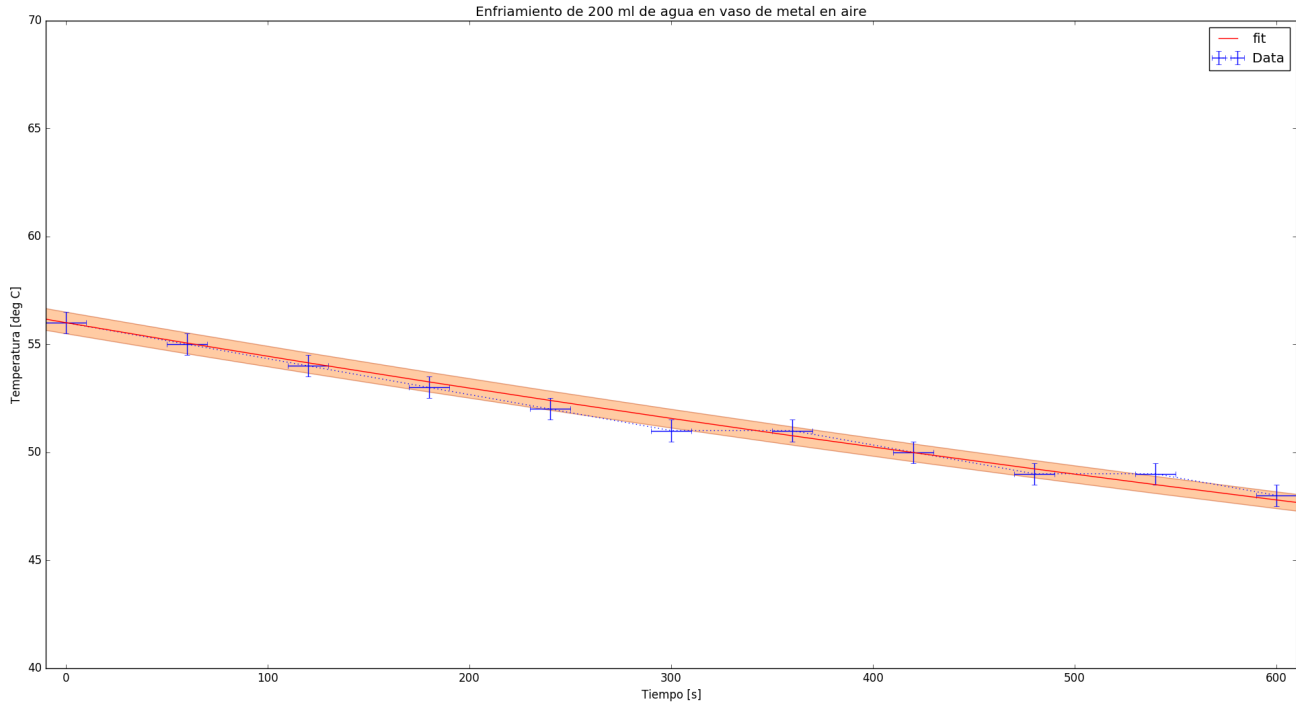


Figura 12: Experimento 4 (Metal): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

puede almacenar más energía interna sin aumentar su temperatura tanto como los otros componentes del sistema. Como el agua inicialmente es el objeto más caliente del sistema, al ceder su energía a los otros componentes, su temperatura no disminuye tanto como la temperatura de los demás aumenta. Ésto se traduce en un aumento de temperatura neto. Éste argumento tiene una mayor validación al darse cuenta que al cambiar los materiales del envase, el la temperatura neta con el tiempo es diferente, puesto que distintos materiales mantienen distintas energías para mismas temperaturas.

Ahora, si vemos al agua caliente como un sistema individual, las gráficas nos muestran que es válido ajustar la ecuación de la Ley de Enfriamiento de Newton, obteniendo discrepancias muy pequeñas, independientemente del material.

En el experimento 5, aunque las mediciones de temperatura del agua del exterior que contiene al envase con agua caliente varíen (rompiendo las hipótesis de la Ley de Enfriamiento de Newton), la temperatura del agua en el interior es bien ajustable a una ecuación de ese tipo, si se toma como temperatura del medio a la temperatura de equilibrio del medio (25 °C).

El experimento 6 muestra algunas discrepancias con la Ley, pero que coinciden casi en magnitud, como en temporalidad entre sí. Las mediciones fueron realizadas simultáneamente, lo que significa que probablemente hubo algún error sistemático en esas mediciones particulares. En cuanto a su velocidad de enfriamiento, hubo una pequeña diferencia, donde el no tapado se enfrió más rápido que el tapado. Ésto tiene sentido, puesto que al no estar tapado, la barrera del sistema no es muy adiabático. La pequeña diferencia, por el otro lado, se podría originar por la pequeña cantidad de agua utilizada.

El experimento 7 arrojó experimentos que se esperaban de manera intuitiva. Una mayor cantidad de agua puede almacenar una mayor energía a una misma temperatura, por lo que tarda más en enfriarse. Con una muestra tan pequeña, no es posible encontrar una relación estadísticamente fiable entre el volumen la velocidad de enfriamiento. Por otro lado, la muestra de 50ml demostró ser ajustable casi perfectamente a la Ley de Enfriamiento, mientras que las otras 2 parecen no ajustar debido a que la primera medición no coincide con el patrón esperado. Es obvio que esos sistemas no adquirirían temperatura en el primer instante, por lo que se espera que haya habido un error sistemático en la medición de la primera temperatura. En las gráficas que ignoran éste primer dato, el modelo ajusta satisfactoriamente.

Como gráficamente se demostró que los enfriamientos analizados son válidamente descritos por el modelo,

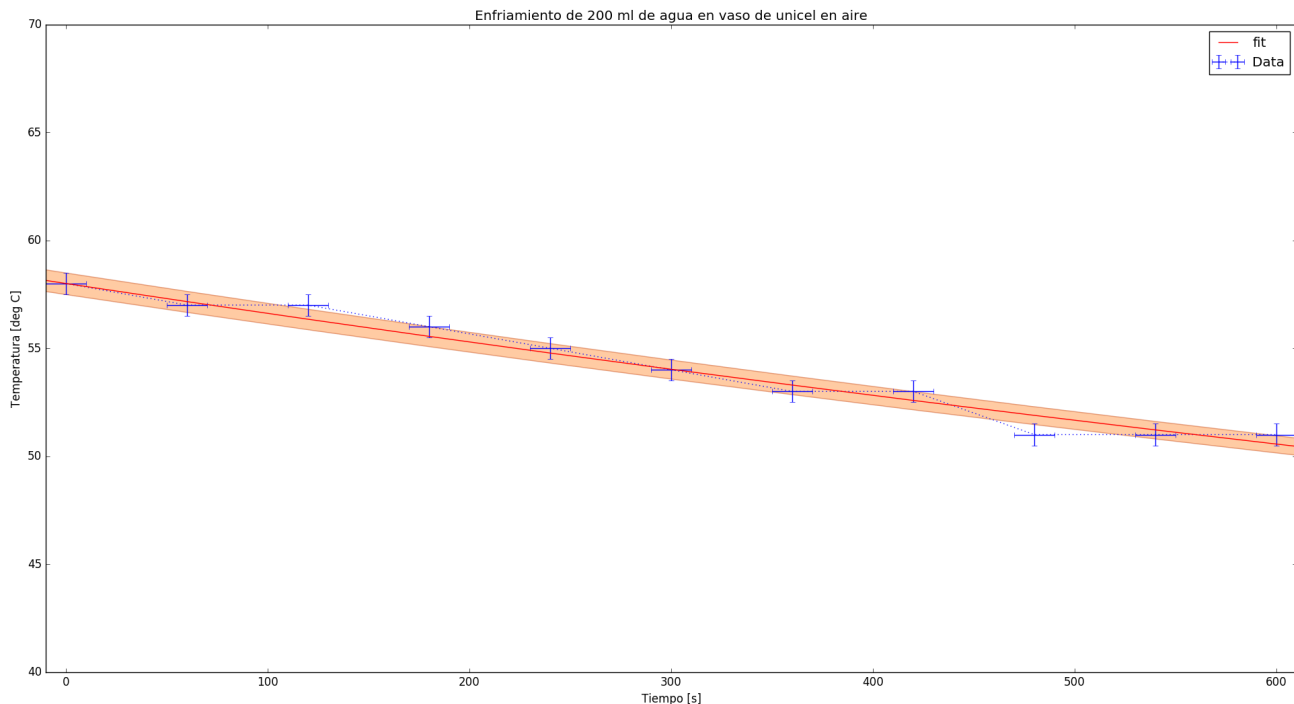


Figura 13: Experimento 4 (Unicel): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

podemos tomar en cuenta los resultados cuantitativos del experimento. Es decir, con respecto la constante de proporcionalidad encontrada para diferentes sistema. Para el experimento 4 se encontró que el envase metal arroja una k mayor que la del vaso de precipitado y la del unicel, que entre sí, se encontraron equivalentes. Para el experimento 5, se encontró que el medio que rodea al sistema puede afectar exponencialmente a k , siendo que la que se encontró fue de 2 ordenes de magnitud mayor a cualquiera de las otras encontradas. Para el experimento 6 se demostró que el intercambio de materia aumenta el valor de k . Para el experimento 7, tomando en cuenta el conjunto de datos que ajustó al modelo, el valor de k disminuye con el aumento de materia del sistema que se enfriaba.

6. Conclusión

Hubo errores sistemáticos en las primeras mediciones, causando variaciones no esperadas.

El tiempo de medición de los distintos termómetros fue en el orden esperado. El termómetro de alcohol demostró ser una mala herramienta para medir sistemas con temperatura rápidamente cambiante.

El flujo de calor demostró ser el esperado: de un sistema con mayor temperatura a otro con menor temperatura.

En general, temperatura como tal no se conserva, ya que su relación con la energía (la cual sí se conserva) no es proporcional.

La Ley de Enfriamiento de Newton es válida para sistemas simples como los usados en esta práctica. La constante de proporcionalidad k puede definir sistemas aparentemente variables (con diferentes materiales, cantidad de materia, transferencia de materia). La relación explícita entre éstos parámetros y la constante no pudo ser encontrada experimentalmente, aunque sí algunos tipos de proporcionalidades en su cambio.

Es válido afirmar que el equilibrio termodinámico se alcanza cuando dos sistemas alcanzan temperaturas iguales. Este hecho también puede ser derivado por la dirección encontrada entre el flujo de calor y la diferencia de temperatura.

El vinagre (de menor concentración) fluiría al interior tanto de un huevo, como de un conjunto de pasas. Lo que demuestra que son un sistema osmótico válido. Así también, el mismo proceso, pero en dirección inversa se efectúa con jarabe de maíz con huevo.

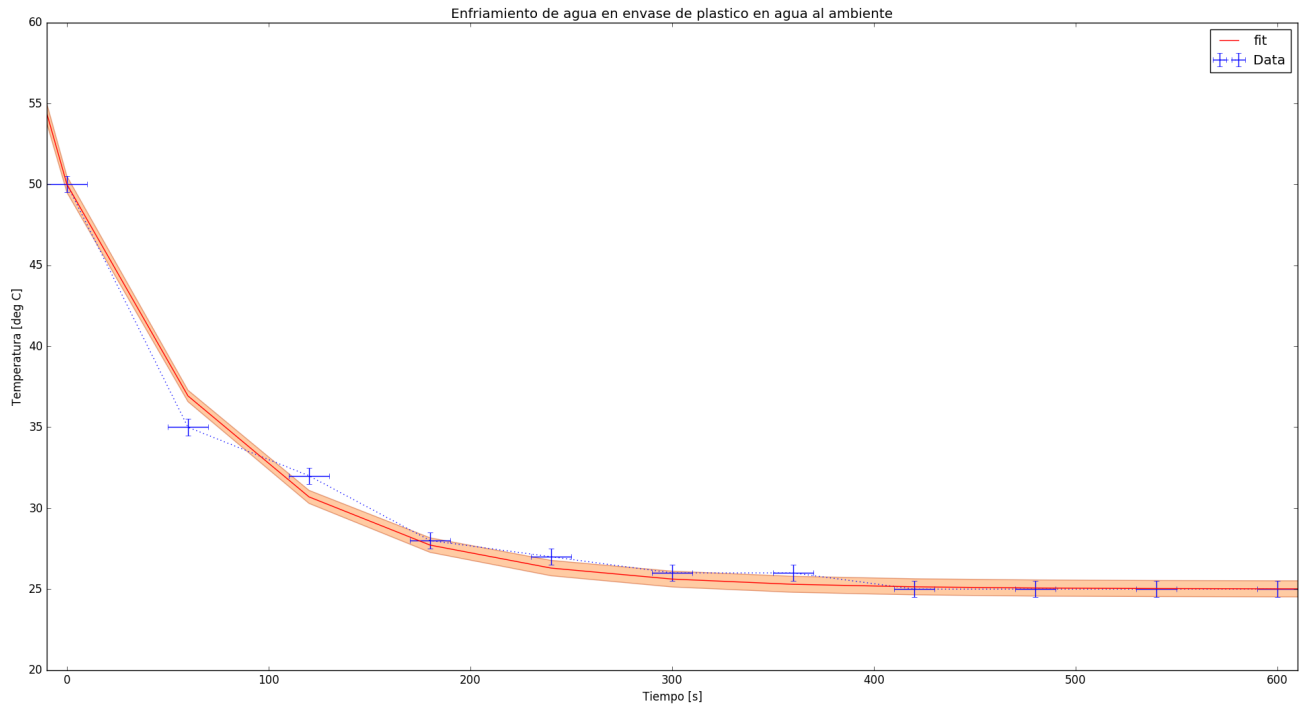


Figura 14: Experimento 5 (Sistema sumergido en agua al ambiente): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

Las hipótesis fueron validadas, aunque harían falta más pruebas, debido a que las muestras realizadas no son para nada estadísticamente fiables.

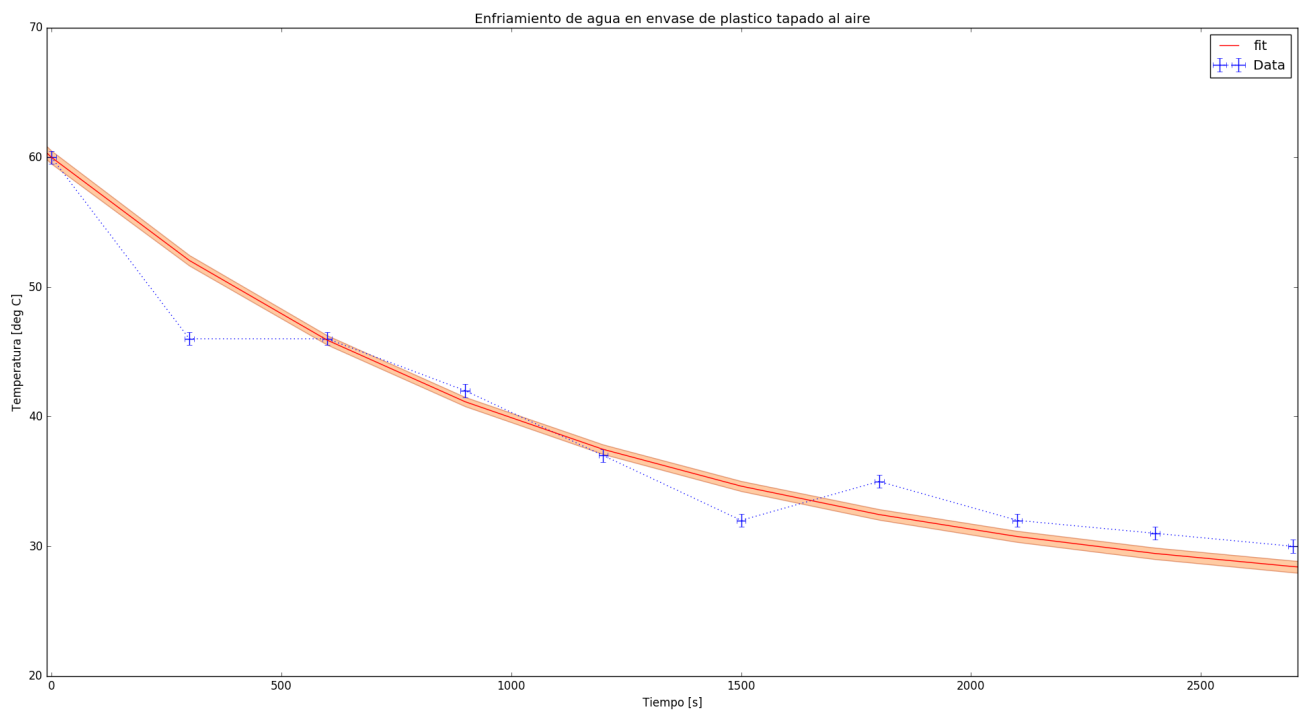


Figura 15: Experimento 6 (Vaso tapado): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

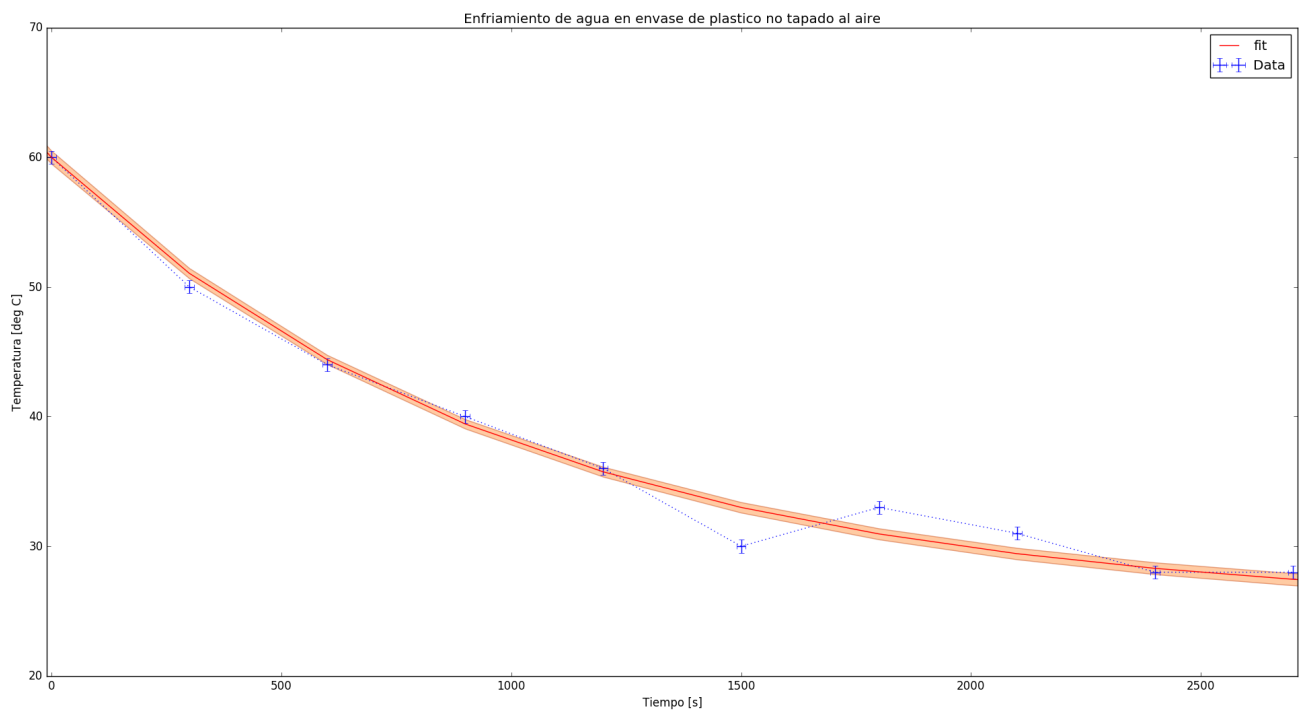


Figura 16: Experimento 6 (Vaso no tapado): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

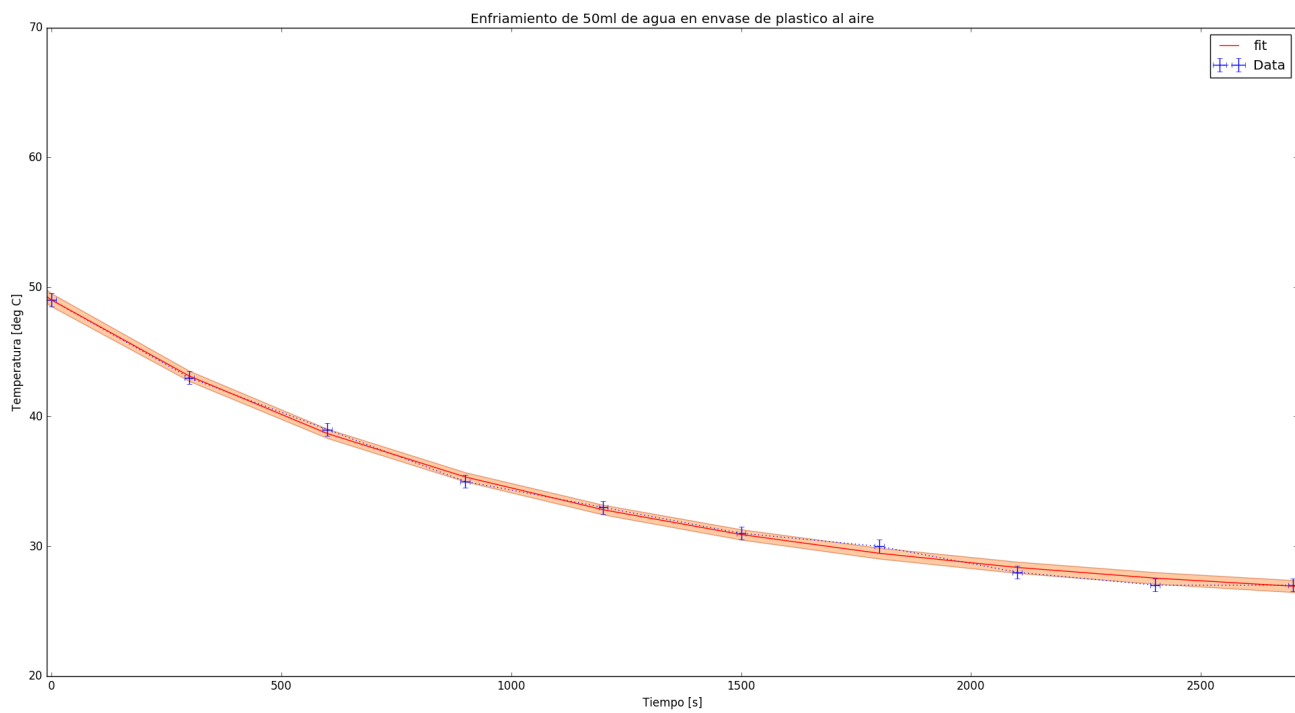


Figura 17: Experimento 7 (Vaso de plástico, 50ml): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton

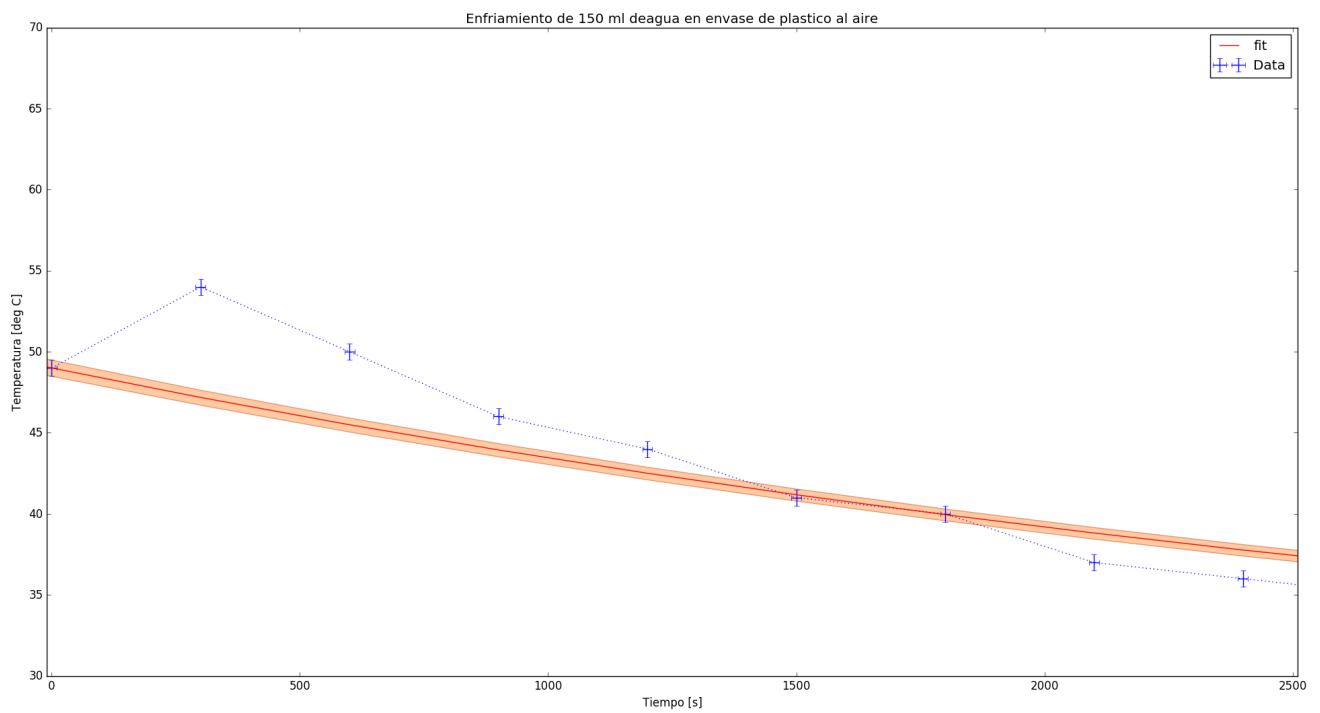


Figura 18: Experimento 7 (Vaso de plástico, 150ml): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton con primer dato

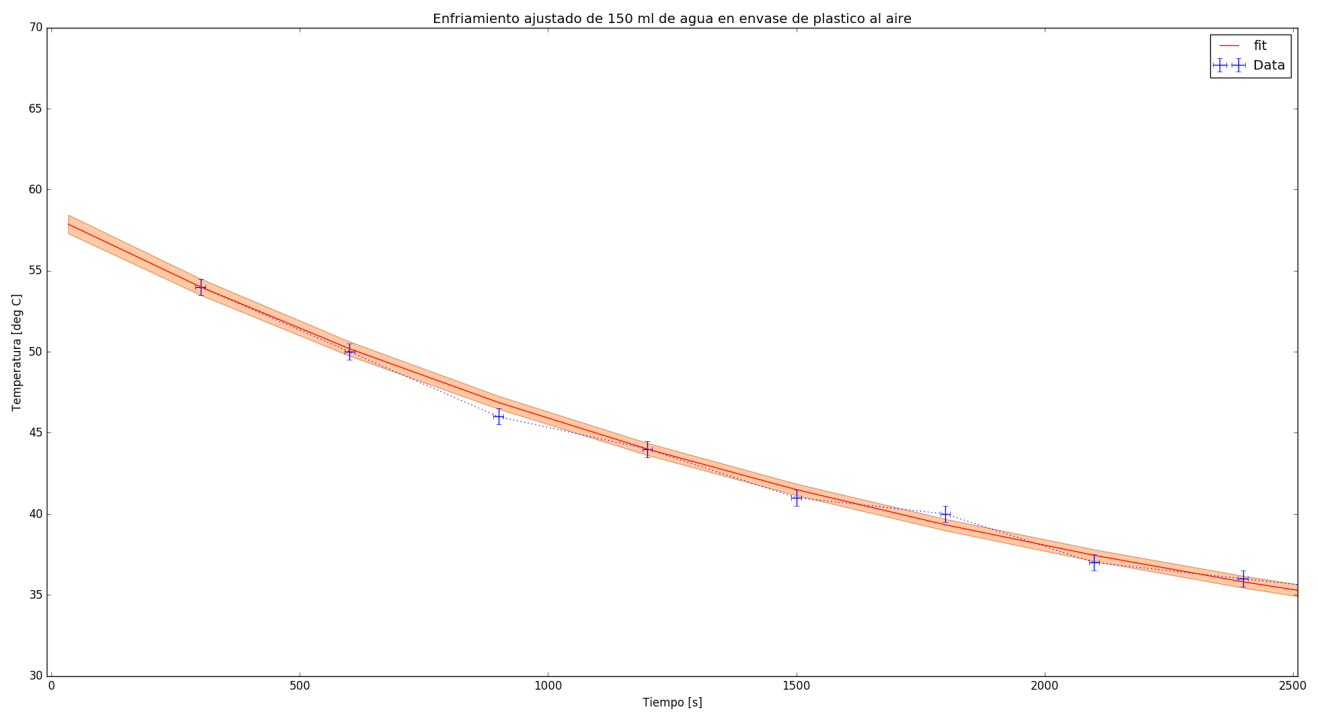


Figura 19: Experimento 7 (Vaso de plástico, 150ml): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton sin primer dato

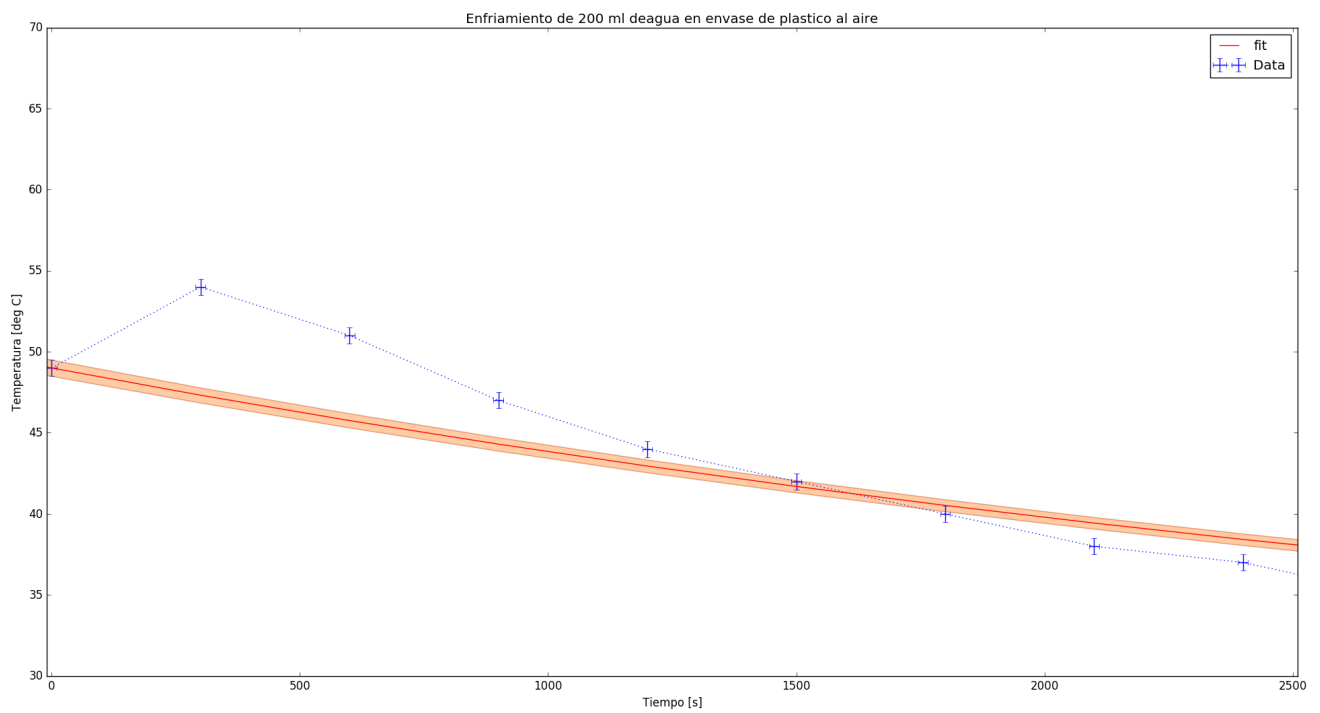


Figura 20: Experimento 7 (Vaso de plástico, 200ml): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton con primer dato

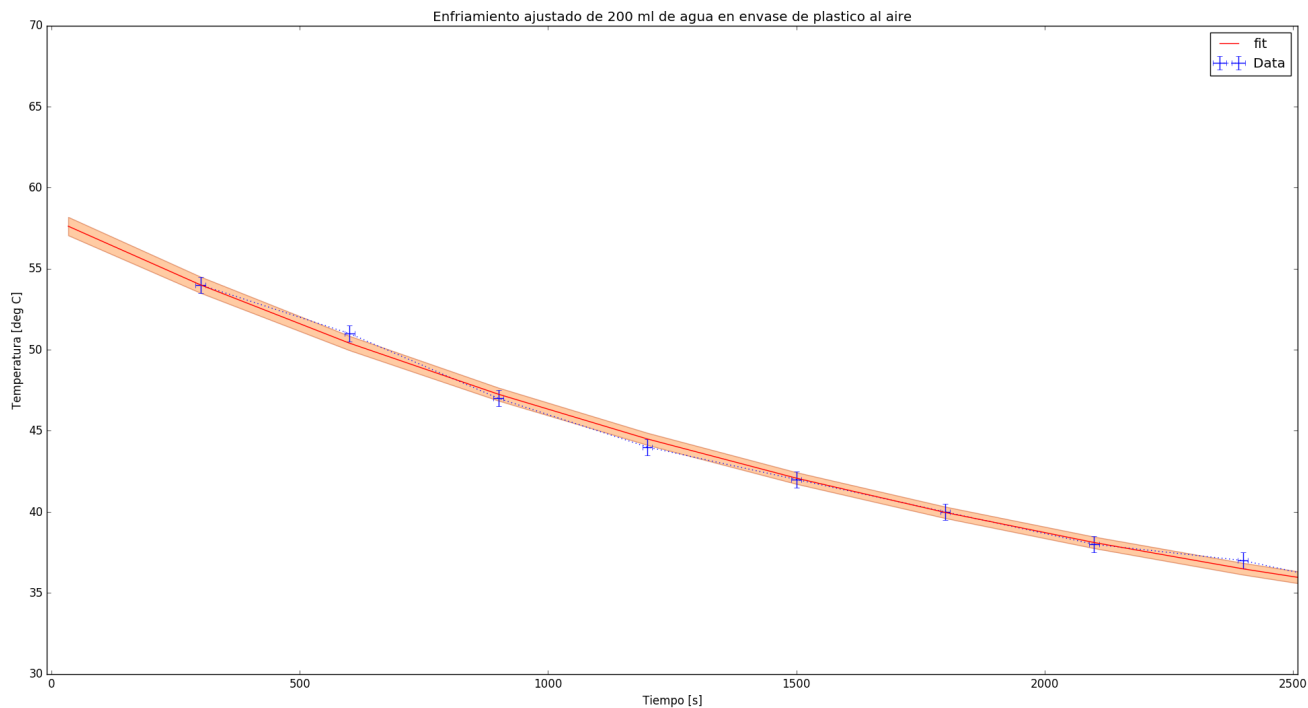


Figura 21: Experimento 7 (Vaso de plástico, 200ml): Ajuste a Ley de Enfriamiento de Newton sin primer dato

Experimento	$k[1/s]$	$dk[1/s]$
4(Precipitado)	4.6×10^{-4}	2.1×10^{-10}
4(Metal)	5.3×10^{-4}	1.3×10^{-10}
4(Unicel)	4.6×10^{-4}	2.3×10^{-10}
5(Sumergido_en_agua)	1.2×10^{-2}	4.9×10^{-7}
6(Con_tapa)	5.7×10^{-4}	8.3×10^{-9}
6(Sin_tapa)	9.8×10^{-4}	1.9×10^{-9}
7(50ml_con_1er_dato)	9.4×10^{-4}	2.1×10^{-10}
7(150ml_con_1er_dato)	2.6×10^{-4}	1.8×10^{-9}
7(150ml_sin_1er_dato)	4.7×10^{-4}	9.1×10^{-11}
7(200ml_con_1er_dato)	2.4×10^{-4}	1.8×10^{-9}
7(200ml_sin_1er_dato)	4.4×10^{-4}	3.8×10^{-11}

Figura 22: Tabla de k 's obtenidas mediante el ajuste