

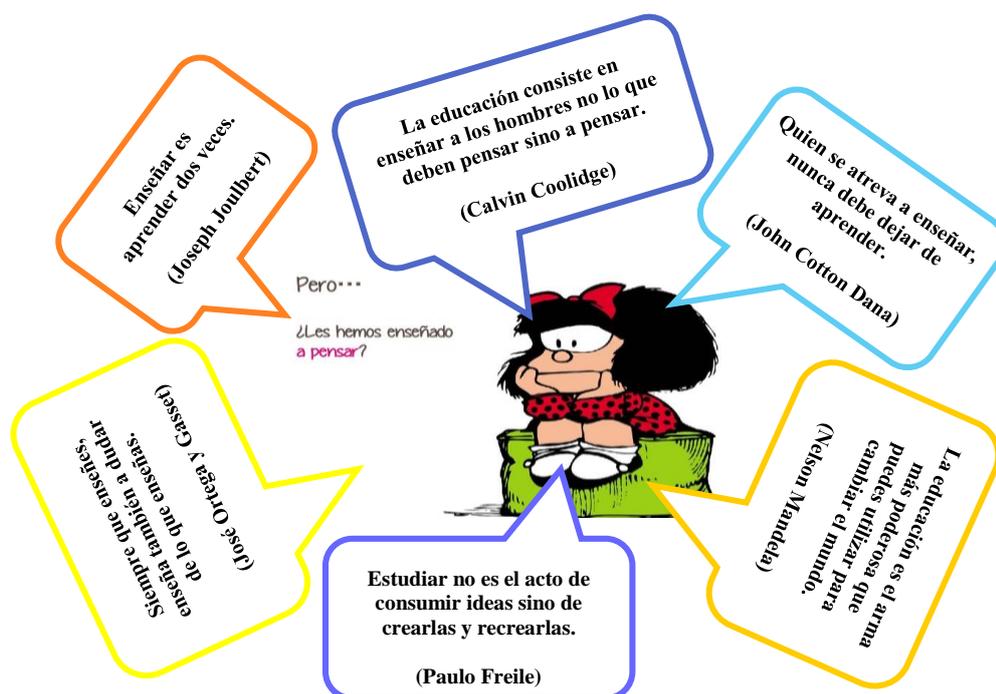


UNIVERSIDAD
DE GRANADA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS

UNIVERSIDAD DE GRANADA



ESTUDIO DEL MARCO HISTÓRICO DEL PRIMER
PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA Y SU APLICACIÓN
EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Elena Álvarez González

Tutor: Dr. Daniel Manzano Diosdado

GRANADA, 2017

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**MÁSTER PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS**

UNIVERSIDAD DE GRANADA



**ESTUDIO DEL MARCO HISTÓRICO DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA
TERMODINÁMICA Y SU APLICACIÓN EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

ELENA ÁLVAREZ GONZÁLEZ

GRANADA, 2017

**ESTUDIO DEL MARCO HISTÓRICO DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA
TERMODINÁMICA Y SU APLICACIÓN EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Memoria del Trabajo Fin de Máster por Elena Álvarez González

El Director de la Memoria,

Fdo. Dr. Daniel Manzano Diosdado
**Profesor del Departamento de
Electromagnetismo y Física de la
Materia de la Universidad de
Granada**

La alumna,

Fdo. Elena Álvarez González

Granada, 19 de Junio de 2017

Agradecimientos

Quisiera agradecer este trabajo a aquellas personas que lo han hecho posible. En primer lugar, quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a mi tutor Daniel Manzano Diosdado por todo su tiempo y dedicación durante este curso, y sobre todo por su paciencia y comprensión estos dos últimos meses. Durante este tiempo no solo me has facilitado tu ayuda para la realización de este trabajo, sino que me has proporcionado consejos que seguiré a lo largo de mi carrera profesional.

No quisiera pasar la oportunidad de agradecer a mi familia toda la ayuda proporcionada, pues de no ser por ellos no habría podido realizar este máster.

“La historia de las ciencias nos demuestra que las teorías son perecederas. Con cada nueva verdad revelada, tenemos una mejor comprensión de la naturaleza y nuestras concepciones, y nuestros puntos de vista, se modifican.”

Nikola Tesla

RESUMEN



Existen numerosas investigaciones que corroboran la necesidad y efectividad de incluir un enfoque histórico en el desarrollo de las asignaturas de ciencias. Sin embargo, en la actualidad, su inclusión en el temario de Educación Secundaria se encuentra en forma de biografías y anécdotas. Por otro lado, el tema de Termodinámica en 1º de Bachillerato, es un tema que contiene muchos conceptos abstractos y de gran dificultad de comprender por parte del alumnado.

Por ello, el objetivo de este Trabajo Fin de Máster es el diseño de material didáctico basado en el desarrollo histórico de los conceptos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica, así como indicaciones didácticas para su uso en el aula. Además, se ha desarrollado una experiencia práctica basada en una aplicación virtual que facilitará la integración de las TIC (competencia digital) como herramienta de aprendizaje.

Más allá de la relevancia curricular, otro objetivo que se persigue con el material didáctico y las actividades desarrolladas es proporcionar al alumnado herramientas para la construcción de su propio aprendizaje, conociendo de manera interdisciplinar, la importancia del trabajo científico desarrollado a lo largo de la historia, teniendo en cuenta la situación social, política y científica en cada momento, así como su relación con otras asignaturas estudiadas, como son historia y filosofía.

Esta forma de desarrollar el temario permitirá al alumnado desarrollar múltiples competencias, como son la competencia lingüística, matemática, aprender a aprender, competencia digital, autonomía personal, trabajo cooperativo con los compañeros, así como potenciar su capacidad para reflexionar y pensar de forma crítica.



ÍNDICE

1	JUSTIFICACIÓN.....	2
2	MARCO TEÓRICO	6
2.1	ASPECTO EPISTEMOLÓGICO	6
2.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA	9
2.3	INTERÉS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA	10
2.4	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA HISTORIA DE LA TERMODINÁMICA EN BACHILLERATO	12
3	METODOLOGÍA	14
4	PLANIFICACIÓN DE LA EXPERIENCIA DIDÁCTICA.....	17
4.1	ETAPA 1: IDEAS PREVIAS	20
4.2	ETAPA 2: INTRODUCCIÓN DEL TEMARIO DE ESTUDIO	21
4.3	ETAPA 3: HACIA EL APRENDIZAJE AUTORREGULADO	24
4.4	ETAPA 4: GENERANDO PENSAMIENTO CRÍTICO Y CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS APRENDIZAJES.....	28
4.5	ETAPA 5: EVALUACIÓN.....	40
5	CONCLUSIONES	41
6	ANEXOS.....	42
6.1	ANEXO I: CUESTIONARIO INICIAL	42
6.2	ANEXO II: MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL ALUMNADO.....	43
6.3	ANEXO III: CUADERNO DE PRÁCTICAS ELABORADO PARA EL ALUMNADO	53
6.4	ANEXO IV: PROPUESTA DE ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN	62
7	BIBLIOGRAFÍA.....	64

1 JUSTIFICACIÓN

El esfuerzo realizado por el ser humano a lo largo de la historia para comprender la naturaleza de la materia, su estructura, sus propiedades y sus transformaciones ha dado lugar al desarrollo de ciencias como la Física y la Química. La continua evolución de estas ciencias en la actualidad hace que sea necesaria la impartición de la materia de Física y Química en Bachillerato, facilitando la adquisición de una cultura científica.

De acuerdo con la *Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado* (Orden de 14 de Julio de 2016), que cumple con lo establecido en el *Real Decreto 1105/2015, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato* (RD 1105/2015), la Física y la Química, al ser disciplinas científicas, tienen la responsabilidad de proporcionar al alumnado las herramientas específicas que les permitan desarrollar su capacidad científica, tecnológica e innovadora. Estas capacidades estarán relacionadas, a su vez, con el desarrollo económico y social al que está sometida la sociedad.

Por ello, la enseñanza de la Física y la Química juega un papel central en el desarrollo intelectual del alumnado. Tienen además la responsabilidad, junto con el resto de disciplinas, de promover que dichos estudiantes adquieran las competencias que les permitan integrarse y desenvolverse activamente en la sociedad actual.

Sin embargo, esta asignatura es una de las que presenta mayor dificultad para el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. El principal motivo de esta dificultad radica en que los propios alumnos y alumnas la perciben como una materia abstracta. Esto ocurre a los tres niveles de representación que se emplean en la enseñanza de la química: nivel macroscópico, microscópico y simbólico (Johnstone, 1991). Como consecuencia, el alto grado de rechazo hacia esta materia, así como la falta de interés por parte de los alumnos, constituyen un problema en la actualidad que los docentes deben intentar solventar.

Por ello, se han llevado a cabo numerosas investigaciones educativas. En concreto, las llevadas a cabo en los últimos 40 años revelan la baja efectividad de los métodos de

enseñanza tradicionales, basados en la exposición de conocimientos mediante conferencias, en el desarrollo de aprendizajes significativos. Estos resultados, en el área de las ciencias, defienden que el aprendizaje más efectivo es aquel que el alumnado lleva a cabo de forma activa, mediante la construcción de su propio conocimiento y del sentido que se le otorga al mismo. En este sentido, el constructivismo defiende que el aprendizaje se adquiere a través de la interacción con los nuevos conocimientos, y no a través de la transmisión pasiva de los mismos del profesor a los estudiantes (Talanquer, 2015; Bueno Pérez & Manzano Diosdado, 2013; Freeman, y otros, 2014).

Dentro de la asignatura de Física y Química, de 1º de Bachillerato, la enseñanza tradicional de conceptos relacionados con la Termodinámica, como son la capacidad térmica, la conductividad térmica y la radiación del cuerpo negro, da gran importancia a sus representaciones matemáticas. Esto deja de lado la correlación con el entorno, su contextualización y manejo de conceptos, con el consecuente rechazo de los estudiantes hacia este tema, dificultando así su proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta la analogía causa-efecto con el proceso enseñanza-aprendizaje, en dicho proceso la enseñanza es el aspecto a revisar y optimizar, para conseguir desde la actividad docente una mejora en los índices de aprendizaje a través de una mejor comprensión de los conocimientos.

En este sentido, se han llevado a cabo estudios acerca del proceso enseñanza-aprendizaje en las materias de ciencias experimentales a nivel de educación secundaria. En 2006, se realizó un estudio acerca de cómo se explica la Termodinámica en Bachillerato, e incluso en estudios universitarios, mostrando que sólo un 16,7 % de los libros analizados tienen en cuenta el desarrollo de la historia. Como consecuencia, se transmite una visión ahistórica y aproblemática en la construcción de los conceptos científicos (Furió Gómez, Sobes Matarredona, & Furió Más, 2006).

Además, los conceptos históricos de los que se nutren la Física y la Química actuales no se conocen completamente, dando lugar a tergiversaciones y errores históricos. Esto hace que el alumnado tenga una imagen de los conceptos científicos que no se corresponde con la realidad.

Como consecuencia, en países como Estados Unidos, diversos organismos oficiales han recomendado la introducción de la historia de la Ciencia en la educación científica

con el objetivo de mejorar la comprensión de las características del conocimiento científico, la naturaleza de las investigaciones científicas y los aspectos sociales en los que se enmarcan (National Research Council, 1996)

Sin embargo, cuando se enseña Física y Química, el uso de recursos históricos es muy escaso. Éstos aparecen generalmente en forma de anécdotas o biografías de científicos importantes, pero no centrándose en los conceptos en sí y en cómo ha ido evolucionando. Además, se suele obviar todo el proceso que debe sufrir un nuevo concepto científico para romper con los paradigmas ya establecidos, mostrándose desde el principio como un concepto aceptado por la comunidad científica. Por último, también se obvia el contexto histórico y social que envuelve al concepto científico y a su descubridor, mostrando la ciencia como algo alejado de la sociedad (Solbes & Traver, 1996).

Por todo ello, el alumnado tiene una visión de la ciencia caracterizada por:

- Considerar la ciencia como un descubrimiento y no como una continua construcción de conocimientos.
- Ignorar el contexto histórico y social que envuelve al científico en cada época, y que en muchas ocasiones influye decisivamente en la aparición de un nuevo concepto o teoría.
- Pensar que todos los nuevos descubrimientos desbancan automáticamente a los anteriores, ignorando el conflicto con los paradigmas ya establecidos y la gran crisis que esto supone.
- Considerar que el trabajo científico es fruto exclusivamente de genios y no como una actividad humana colectiva que requiere de una participación activa en la sociedad.

Como complemento a lo mencionado, otras investigaciones han demostrado que el efecto conseguido al introducir conceptos históricos en el aula no es significativo si no se hace con un enfoque más reflexivo (Abd-El-Khalick, 1998). El alumnado necesita reflexionar sobre el relato histórico, de forma que pueda considerarlo interesante y mejorar su concepción de la naturaleza de la Ciencia (Abd-El-Khalick, 2013; McComas, 2008).

En este trabajo se propone una estrategia para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, basándose en la aplicación de la historia de la Ciencia a la enseñanza de la Termodinámica, materia que se imparte en primero de Bachillerato. Más específicamente, se va a llevar a cabo el desarrollo de material didáctico relacionado con el desarrollo histórico del principio de conservación de la energía, el cual engloba el primer principio de la Termodinámica.

Los objetivos principales de este material didáctico son:

- Desmontar las ideas previas que el alumnado tiene acerca de los conceptos que constituyen dicho principio (calor, trabajo y energía).
- Facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos relacionados con la Termodinámica.
- Facilitar al alumnado técnicas para la construcción de su propio aprendizaje y el empleo de un modelo explicativo más próximo al aceptado científicamente.

Para llevar a cabo este proyecto, en primer lugar se hará una investigación bibliográfica con el objetivo de conocer la situación e influencia de la historia de la Ciencia en la enseñanza. Asimismo, se tendrán en cuenta los contenidos, las competencias básicas y los estándares de aprendizaje evaluables establecidos por la legislación vigente, con el propósito de alcanzar los objetivos mencionados anteriormente.



2 MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTO EPISTEMOLÓGICO

En la actualidad, los sistemas educativos presentan una creciente atención hacia la enseñanza de las ciencias, recogiendo y estructurando las aportaciones de las investigaciones realizadas sobre la didáctica de las ciencias, disciplina surgida en los años 70 (Perales Palacios & Cañal de León, 2000).

Es muy importante conocer la historia de la Ciencia, debido a que el perfil de la enseñanza de una disciplina debe ser el reflejo de la misma. Por ello, si las características de dicha disciplina cambian, también lo hará su enseñanza. Así, con la irrupción de la física experimental, la enseñanza de esta disciplina dejó de guiarse de un manual como único recurso de enseñanza y la memorización de los contenidos como estrategia de aprendizaje. La nueva orientación de la enseñanza consistió en darle protagonismo a los instrumentos dentro de los contenidos de enseñanza (Fernández González, 2005).

Además, el hecho de que en el siglo XIX se le diera importancia a la utilización de las matemáticas dentro de la física dio lugar a que se empezara a valorar lo cuantitativo, lo cual se traduce en una enseñanza cuantitativa, ejercitando así la medida de las magnitudes (Solís & Sellés, 2005).

La teoría del aprendizaje, desde el punto de vista constructivista, se basa en que el ser humano está capacitado para construir su propia realidad y su propio conocimiento de la realidad. Dentro del pensamiento constructivista se pueden identificar diferentes tendencias (Gagliardi, 1988): Constructivismo formal, constructivismo material, constructivismo psicológico, constructivismo eficiente y constructivismo educativo.

Dentro de este último apartado, Flórez identifica cuatro corrientes (Araya, Alfaro, & Andonegui, 2007; Flórez, 1994):

- **Evolucionismo intelectual.** En esta corriente se establece como meta el progreso del individuo hacia etapas superiores de su propio desarrollo intelectual. El sujeto se concibe como un ser con motivación por el aprendizaje que interactúa con el ambiente desarrollando sus capacidades para comprender el mundo en el que vive.



Atendiendo a esta corriente, la educación se concibe como un proceso que emplea la explicación de los contenidos como medio para estimular el desarrollo de la capacidad del alumnado para pensar, deducir y sacar conclusiones. Esta postura está relacionada directamente con los planteamientos de Piaget.

- **Desarrollo intelectual con énfasis en los contenidos científicos.** Esta postura sostiene que el conocimiento científico es un excelente medio para el desarrollo de las potencialidades intelectuales. Para ello, los contenidos complejos se hacen accesibles a diferentes capacidades intelectuales atendiendo a los conocimientos previos del alumnado. Dentro de esta corriente se encuentran el *aprendizaje por descubrimiento* y el *aprendizaje significativo*.
- **Desarrollo de habilidades cognoscitivas.** Esta corriente centra su atención en el desarrollo de las habilidades para observar, clasificar, analizar, deducir y evaluar, prescindiendo de los contenidos. De esta forma, una vez alcanzadas las capacidades citadas, se podrán aplicar a cualquier ámbito.
- **Corriente constructivista social.** Esta corriente se basa en el desarrollo máximo y multifacético de las capacidades e intereses del alumnado. Para ello, hay que considerar al aprendizaje en el contexto de una sociedad. Dentro de esta corriente destacan los pensamientos de Vigotsky y Bruner, quienes defienden que la creación del conocimiento es una experiencia compartida y que la interacción entre un organismo y el ambiente posibilita que surjan nuevos caracteres y rasgos que propician una relación compleja entre el individuo y el contexto.

Muchas experiencias pedagógicas han demostrado que en la mayoría de los casos en los que se ha analizado la enseñanza de las ciencias no se obtienen buenos resultados, ya que el alumnado aprende parcialmente los conocimientos científicos transmitidos o directamente no los aprende (Gagliardi, 1988). Además, en la actualidad es conocido que, a pesar de la claridad con la que el profesorado explica el temario, el alumnado solo comprende el mismo tras haber construido su propio significado. Para ello, en muchos casos, se necesita la reestructuración y reorganización de los nuevos conocimientos, así como su vinculación con los conocimientos previos (Bueno Pérez & Manzano Diosdado, 2013).

Desafortunadamente, este fracaso no es un fenómeno aislado, sino que se da a diferentes niveles escolares, en diferentes países y en diferentes medios sociales. Aún en



la actualidad, muy pocos se construyen estructuras cognitivas que faciliten la continuación del aprendizaje de las ciencias.

El empleo de la historia de las ciencias y la epistemología en la enseñanza de las ciencias ha sido ampliamente propuesta como complemento en las aulas, ya que pueden ser utilizadas de varias maneras, entre las que destacan (Gagliardi, 1988):

- La determinación de obstáculos epistemológicos.
- La comprensión de cuáles son las teorías actuales y cuales han sido los obstáculos que dificultaron su aparición y por tanto, retrasaban el desarrollo de la Ciencia.
- Complementación de la enseñanza de otras disciplinas, como son la historia y la geografía.

Uno de los aspectos más importantes de la transformación de la enseñanza, en general, es la determinación de obstáculos epistemológicos. Esto permite enfrentarse a la enseñanza desde la construcción de conocimientos, en vez de a través de la memorización de información. Así, los resultados del aprendizaje del alumnado se miden en función de su propia transformación, es decir, superando aquellos obstáculos que les impiden construir nuevos conocimientos y no a través de los conocimientos que pueden memorizar.

Por otro lado, Allchin ha enumerado una serie de elementos narrativos que aparecen en los recursos de historia de la Ciencia que se emplean en la enseñanza, y que ayudan a mostrar con más precisión la naturaleza de la Ciencia desde un punto de vista histórico. Son los siguientes (Allchin, 2003):

- **Monumentalidad.** Se tiende a la mitificación del científico, mostrándole como un ser virtuoso, genial y casi sobrehumano; mientras que se ignoran tanto sus defectos, como sus errores y la cantidad de tiempo que emplea para desarrollar su conocimiento o las contribuciones de otros científicos.
- **Idealización.** Con el objetivo de simplificar el relato a los estudiantes, se enfatizan ciertos aspectos positivos, se minimizan los negativos o incluso se omiten. Esto da lugar a un relato engañoso, siguiendo la máxima de “que la realidad no estropee una ‘buena’ historia”.



- **Dramatismo afectivo.** El científico aparece triunfante, con un toque teatral y en ocasiones melodramático. Un ejemplo muy claro se muestra en el uso de la expresión “¡Eureka!” (Monk & Osborne, 1997).

Teniendo en cuenta lo tratado hasta el momento, resulta evidente la necesidad de desarrollar recursos didácticos basados en la historia de la Ciencia que desmitifiquen todas las versiones distorsionadas que el alumnado suele tener de los científicos. Además, se necesitan recursos que permitan identificar las ideas previas erróneas del alumnado para facilitar el aprendizaje de conceptos de gran dificultad e incentivar el desarrollo de nuevos aprendizajes.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA

A lo largo de la historia la idea de cambio en la educación ha sido constante, hablándose en la actualidad de una mejora en la calidad de la enseñanza y de reformas en los programas de educación que se adecúen a la realidad económica y sociocultural de nuestro país.

La palabra “innovar”, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua (1992) significa “mudar o alterar las cosas introduciendo novedades”. Sin embargo, el concepto de innovación, con el objetivo de lograr el desarrollo de la institución y del personal perteneciente a la misma, debe incluir la gestión de los cambios (De la Torre, 1994).

Debido a esto, la innovación educativa debe entenderse como un proceso que permite realizar cambios en el proceso enseñanza-aprendizaje produciendo mejoras en los resultados del alumnado en dicho aprendizaje. No obstante, para que se considere innovación educativa, el proceso debe hacer frente a las siguientes necesidades: ser eficaz y eficiente, ser sostenible en el tiempo y debe proporcionar resultados transferibles más allá del contexto particular donde surgió (Sein-Echaluze Lacleta, Fidalgo Blanco, & García Peñalvo, 2013).

En la actualidad, las tendencias en Innovación Educativa se pueden organizar en las cuatro regiones que se muestran a continuación (García Peñalvo, 2015):



- **Perspectiva institucional:** Recoge las tendencias más relacionadas con la toma de decisiones, planificación de estrategias, gestión de la tecnología y gestión de la propia innovación.
- **Perspectiva de profesorado:** Recoge aquellas innovaciones con un carácter ligado a la impartición de los contenidos curriculares, es decir, se centra en el contexto del profesor y su docencia.
- **Desarrollo de competencias transversales:** Se centra en potenciar las competencias transversales como son el trabajo en grupo y el pensamiento computacional entre otras tendencias.
- **Perspectiva de extensión institucional:** Se centra en el desarrollo de los aspectos más novedosos, relacionados con la extensión de la formación hacia la sociedad y formación permanente. Esta región se conoce normalmente como Tercera Misión de la Universidad, y se focaliza en las relaciones empresariales/laborales mediante la práctica, transferencia de conocimiento y labores sociales.

2.3 INTERÉS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA

En la literatura se pueden encontrar numerosos argumentos a favor de la introducción de la historia de la Ciencia en el currículum de asignaturas científicas en educación secundaria. Estos argumentos se basan en los beneficios que se han observado en alumnos que han cursado dichas asignaturas impregnadas de historia de la Ciencia. Algunos de los beneficios observados son la comprensión del modo de desarrollo la Ciencia, la generación de actitudes positivas hacia la misma, la comprensión de la relevancia sociocultural de la Ciencia y la mejora en la asimilación de los conceptos científicos aprendidos (Solaz Portolés & Moreno Cabo, 1998).

Es por ello que las investigaciones cada vez dan más importancia a que los conceptos estén encuadrados en un marco teórico, histórico y científico, con el objetivo de que el alumnado conozca el contexto de los conocimientos que se les están impartiendo. Además, se puede emplear la historia de la Ciencia como herramienta en el proceso enseñanza-aprendizaje, de tal forma que se permita centrar los objetivos en un



determinado obstáculo y se muestre al estudiante que el saber científico es el resultado de una construcción humana, con sus errores y sus correspondientes rectificaciones.

La conexión con la historia en los libros de texto españoles de Física y Química actuales a nivel de educación secundaria obligatoria se da principalmente mediante (Méndez & Slisko, 2014):

- Referencias al año o siglo de un descubrimiento o de un científico.
- Breves biografías de algún científico.
- Textos históricos auténticos escritos por una persona de ciencias.
- Historias de algún personaje científico de importancia.

No obstante, las apariciones de éstas suelen ser, principalmente, en las unidades didácticas de Teoría Atómica, Electricidad y Estados de Agregación de la Materia. Además, su aplicación es de poca importancia, teniendo un carácter anecdótico o de encuadrar el contenido con alguna fecha o siglo que ayude al alumno a comprender los contenidos.

Por ello, y teniendo en cuenta las investigaciones realizadas, la historia de la Ciencia posibilita la anticipación a las dificultades conceptuales del alumnado, ya que suelen tener concepciones previas, normalmente erróneas, y resistentes al cambio por métodos de enseñanza tradicional. Además, contribuye al modo de razonamiento de los mismos (Solaz Portolés & Moreno Cabo, 1998; Mathews, 1994). Es por esto, que su inclusión en el resto del temario de Física y Química es muy interesante y está siendo sugerida en muchos países, tanto en Europa como en Estados Unidos (EURYDICE, 2011; NGSS, 2013). Sin embargo, tan solo en Estados Unidos se recomienda explícitamente el uso de la historia de la Ciencia para el aprendizaje, estando la integración de la historia en este contexto aún muy lejos de lo deseado (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2015).

Ante estas dificultades para implantar la historia de la Ciencia como recurso didáctico, algunos autores han sugerido algunas formas alternativas de usar un enfoque histórico en la educación científica, como viñetas, confrontaciones, diálogos, estudios de caso, dramatizaciones y narraciones temáticas (Stinner, McMillan, Metz, Jilek, & Klassen, 2003). En el caso de las viñetas, se trata de descripciones breves de un aspecto histórico concreto. Por su parte, las confrontaciones narran conflictos entre teorías, la rotura de paradigmas y el establecimiento de nuevos conceptos como método de avance



científico, mientras que los diálogos narran conversaciones entre personas. Ambos casos muestran la evolución de la Ciencia por medio del debate. Los estudios de caso muestran contextos históricos que permiten la discusión de aspectos científicos más complejos que los que se muestran en las viñetas. Por último, las dramatizaciones suelen mostrar las interacciones entre la Ciencia y la sociedad, mientras que las narraciones temáticas son compendios de varios estudios de caso (Acevedo-Díaz, García-Carmona, & Aragón, 2016).

De acuerdo con lo tratado hasta el momento, parece evidente la variedad de formas que se pueden encontrar para enseñar conceptos científicos mediante un enfoque histórico. No obstante, los recursos son bastante limitados. Por ello, es necesario el desarrollo de materiales didácticos basados en la historia de la Ciencia que, además de facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos y de gran dificultad para el alumnado, permitan identificar las ideas previas y trabajar sobre las mismas.

2.4 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA HISTORIA DE LA TERMODINÁMICA EN BACHILLERATO

La termodinámica clásica es una disciplina que permite la comprensión y racionalización de un gran número de sucesos muy frecuentes en ciencias e ingenierías. Debido a su importancia y aplicabilidad, es necesario su estudio tanto en Bachillerato como a nivel de Universidad. Sin embargo, debido a que su campo de aplicación es muy amplio, la termodinámica se suele convertir en una materia muy abstracta, dificultando así su aprendizaje (Borge Álvarez & Álvarez-Rúa Álvarez, s.f.).

Los científicos que contribuyeron a su desarrollo, desde su origen, dieron especial importancia a la representación visual, tanto de los procesos que se estudian como de las ecuaciones matemáticas que los representan. Sin embargo, esta idea parece no haber calado demasiado en la mayoría de los docentes de termodinámica clásica. Aún faltan métodos para facilitar el aprendizaje de la misma que rompan con la idea de que la termodinámica tiene un carácter metafísico, ya que se trata de una ciencia experimental (McGlashan, 1979).

La enseñanza tradicional de conceptos relacionados con la Termodinámica, tales como la capacidad térmica, la conductividad térmica y el cuerpo negro, hace especial énfasis en sus representaciones matemáticas y se suele dejar de lado la correlación con el



entorno, su contextualización y el manejo de conceptos. Esto provoca el rechazo de los estudiantes hacia la temática, lo cual dificulta el proceso de aprendizaje.

Asimismo, entre otras deficiencias, se ha observado que la explicación de la Primera ley de la Termodinámica se produce de forma muy rígida, proporcionando directamente el algoritmo matemático en lugar de comenzar con una contextualización que dé sentido al concepto (Furió Gómez, Sobes Matarredona, & Furió Más, 2006; Barlet & Mastrot, 2000).

Algunas de las principales deficiencias didácticas que se presentan en el tema de Termoquímica en Bachillerato son las siguientes:

- No tener en cuenta la existencia de dificultades conceptuales en forma de concepciones alternativas sobre prerrequisitos conceptuales como la energía, el calor y el trabajo.
- Ausencia de críticas con respecto a formas de razonamiento de sentido común en las explicaciones de los estudiantes.

Por ello, se está haciendo hincapié en el desarrollo de estrategias de enseñanza acordes con los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias, evaluando las competencias de aprendizaje cuando dichas estrategias se aplican a una clase de Termodinámica en primero de Bachillerato.



3 METODOLOGÍA

Por lo general, los estudiantes llegan al aula con unas concepciones previas que no coinciden con las científicamente aceptadas y además son muy resistentes al cambio. Por ello, se necesitan propuestas didácticas que tengan en cuenta dichas concepciones, ya que éstas influyen en la interpretación que da el alumnado a algunos conceptos. Uno de los temas que más dificultad presenta en el alumnado de Física y Química es el de termodinámica química, siendo este tema de gran interés desde el punto de vista de la innovación e investigación docente, con el objetivo de posibilitar a dicho alumnado su aprendizaje (Martínez & Pérez, 1997).

En este trabajo se propone la elaboración de material didáctico basado en una construcción conceptual, partiendo de la contextualización histórica y social de términos relacionados con la termodinámica, diferente a las presentadas en la mayoría de los textos. El objetivo es hacer a los alumnos y alumnas conscientes de sus propias ideas y que inicien la construcción de un modelo explicativo más próximo al aceptado científicamente. Esto es importante debido a que son conceptos relativamente abstractos y que a su vez poseen un referente previo en las estructuras sociales de pensamiento cotidiano.

La secuencia conceptual normalmente utilizada por el profesorado es la misma que se propone en los libros de texto (**Imagen 1**), la cual coincide generalmente con el desarrollo histórico de los conceptos.

Imagen 1. Secuencia conceptual del tema de Termodinámica en primero de Bachillerato.



Por otro lado, un enfoque histórico permite contextualizar de forma explícita la enseñanza de conceptos científicos (Acevedo-Díaz, García-Carmona, & Aragón, 2016; Clough, 2010), ya que se sitúan los contenidos en un contexto humano, social y cultural. Esto favorece el conocimiento de la influencia de dichos factores sobre el pensamiento y las investigaciones de los científicos.

Además, el conocimiento científico es un producto cultural, y como todo producto



cultural, la comprensión de su naturaleza se ve reforzada por el conocimiento de su contexto histórico. Mediante un uso apropiado de la historia de la Ciencia se puede mejorar la comprensión de los conocimientos científicos.

Sin embargo, el uso de la historia de la Ciencia como herramienta dentro de un aula requiere una adaptación, ya que se suelen seleccionar fragmentos de textos y simplificaciones de hechos históricos. Hay que tener cuidado en que las omisiones no conduzcan a errores o a una pseudohistoria, dándose una imagen deformada de la Ciencia (Clough, 2010).

Este modelo de enseñanza-aprendizaje basado en acontecimientos históricos importantes desde el punto de vista científico debe funcionar bajo una serie de condiciones (Castro García, Gómez Fernández, & Llavona Díaz, 2012):

- Debe existir una especie de insatisfacción con las ideas previas por parte del alumnado, de forma que las nuevas dudas generen interés en ellos.
- Estas nuevas ideas deben ser entendibles, y estar basadas en las ideas previas. Para ello, se deberán usar metáforas y analogías históricas.
- Los nuevos conceptos deben ser considerados útiles por parte del alumnado, con el objetivo de tener más curiosidad por ellos.

En este contexto, se va a desarrollar como recurso didáctico el empleo de textos originales y algunas experiencias que muestren los esfuerzos y problemas que ha atravesado el ser humano hasta llegar al estado actual del conocimiento dentro de esta área.

Debido a todo lo desarrollado hasta el momento, en este Trabajo Fin de Máster se pretende desarrollar una alternativa didáctica que sea de utilidad para el profesorado de Física y Química de primero de Bachillerato. Este material está relacionado con el tema de Termodinámica, partiendo de un estudio histórico, que se centrará en la evolución conceptual de los estudiantes. De esta forma, se facilitará la secuenciación de los contenidos atendiendo a las dificultades que presenta el alumnado en la construcción de los conceptos relacionados con la termodinámica.

Con el objetivo de conseguir la construcción conceptual mencionada anteriormente, en este trabajo nos vamos a centrar en desarrollar los conceptos relacionados con el primer



principio de la termodinámica (calor, trabajo y energía interna) a través de una contextualización histórica, teniendo en cuenta el contexto sociocultural en el que tuvieron lugar los acontecimientos estudiados.

En concreto, el desarrollo de la alternativa didáctica se hará con los objetivos mencionados anteriormente y con el objetivo de alcanzar las competencias claves recogidas en la *Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado*, que para estos contenidos son la Competencia de Aprender a Aprender (CAA), Competencia Lingüística (CCL) y Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencias y Tecnología (CMCT).

A continuación se desarrollan las distintas etapas a seguir para la planificación de la experiencia didáctica propuesta.



4 PLANIFICACIÓN DE LA EXPERIENCIA DIDÁCTICA

Para llevar a cabo esta experiencia didáctica, en primer lugar, y de acuerdo con el **Esquema 1**, se le pasará al alumnado un cuestionario inicial, de una duración aproximada de 15 minutos. Dicho formulario tiene un doble objetivo. Por un lado, sirve al profesorado para tener una idea de las concepciones previas del alumnado acerca de los conceptos tratados. También va a servir a los propios alumnos y alumnas para que, con el desarrollo de la unidad, vayan corrigiendo dichas concepciones por sí mismos.

Debido a que la enseñanza de la Ciencia a través de su desarrollo histórico contribuye a que tengan lugar simultáneamente los modelos de aprendizaje constructivista definidos por Gilbert, **Tabla 1**, una vez realizado el cuestionario inicial se procederá a desarrollar históricamente los conceptos claves que dieron lugar al nacimiento de la Termodinámica. El objetivo será mostrar cómo la historia de la Ciencia puede contribuir a superar las distintas concepciones previas y a la construcción de los conocimientos científicos.

Tabla 1. Modelos de aprendizaje constructivista definidos por Gilbert (Gilbert & Watts, 1983).

Modelo paso a paso	Trata de jerarquizar los errores, con el objetivo de establecer una secuencia de aprendizaje que conduzca a los conceptos verdaderos.
Modelo evolutivo	El alumnado suele aceptar más aquellos conceptos con “mayor poder resolutivo”. Sin embargo, debido a las presiones del ambiente científico, los conceptos cambian gradualmente con el tiempo, constituyendo todos estos conceptos una disciplina científica.
Modelo de la catástrofe	El alumnado desarrollará la capacidad predictiva sobre nuevas experiencias. Para ello relacionará ideas pasadas y presentes, haciendo un esfuerzo para construir una idea nueva, presentarla a sus compañeros, defenderla de las críticas y finalmente evaluarla frente a otras posibilidades.

Posteriormente, se proporcionará al alumnado actividades, tanto individuales como grupales, con el objetivo de afianzar los conocimientos adquiridos, así como alcanzar las competencias clave que se establecen en la Orden ECD/65/2015.

Para terminar, con el objetivo de mostrar al alumnado visualmente algunos de estos conceptos, se llevará a cabo una experiencia práctica, que además, permita contextualizar

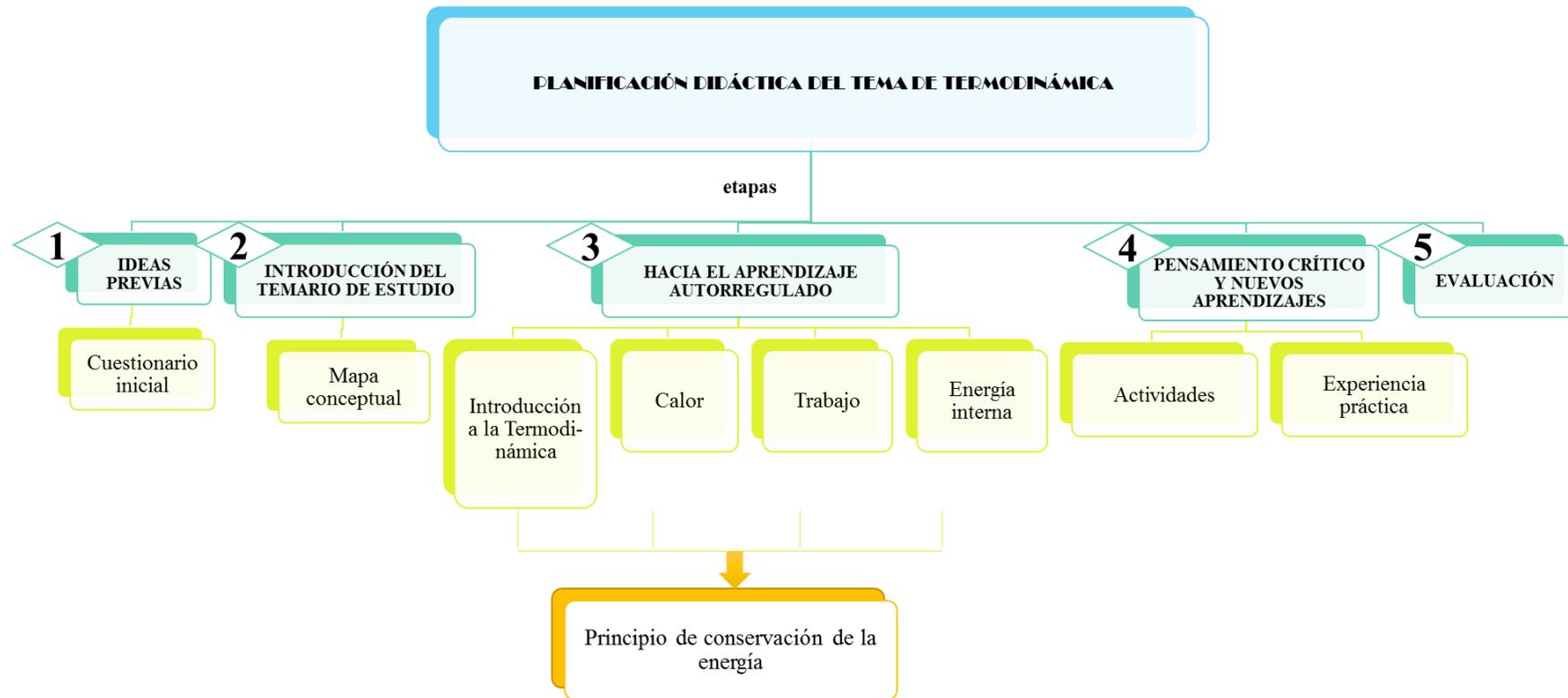


las investigaciones que se llevaron a cabo siglos atrás y hacer hincapié en que la Ciencia es una construcción que requiere el trabajo y la colaboración de los científicos en el tiempo. Además, se mostrará que para romper un paradigma y establecer uno nuevo han de pasar muchos años.

Por otro lado, de acuerdo con la Orden ECD/65/2015, en el proceso de enseñanza-aprendizaje basado en competencias, *“las competencias no se adquieren en un determinado momento y permanecen inalterables, sino que implican un proceso de desarrollo mediante el cual los individuos van adquiriendo mayores niveles de desempeño en el uso de las mismas”*.

Por ello, una vez desarrollada la unidad, se llevará a cabo la evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje basado en competencias. Para ello, se tendrán en cuenta diferentes actividades, atendiendo a la diversidad del alumnado, que recojan todos los estándares de aprendizaje evaluables y las competencias claves que el alumnado debe adquirir.

A continuación, en el **Esquema 1**, se muestra el procedimiento llevado a cabo para el desarrollo de la propuesta didáctica objeto de este trabajo.



Esquema 1. Procedimiento a seguir en el desarrollo de la propuesta didáctica. (ELABORACIÓN PROPIA DE LA AUTORA).



A continuación se discuten las etapas, nombradas en el **Esquema 1**, llevadas a cabo para contextualizar históricamente la enseñanza de las Ciencias ejemplificándose en el caso particular de la *Termodinámica* en 1º de Bachillerato.

4.1 ETAPA 1: IDEAS PREVIAS

El objetivo de esta etapa es conocer las ideas previas del alumnado con respecto a los contenidos que se van a desarrollar en el tema. Estas ideas previas pueden tener procedencia variada: académica, medios de comunicación, experiencias personales, etc. Su identificación es muy importante, ya que los estudiantes se aferran a ellas cuando se enfrentan a nuevos problemas.

Como herramienta para la identificación de los conocimientos de los cuales parten los alumnos y las alumnas, así como la relación de los mismos con la sociedad, la cultura y la tecnología, se les proporcionará a los mismos un cuestionario (Cuestionario Inicial), que se encuentra en el **Anexo I** de este trabajo. En él se abordarán cuestiones cotidianas relacionadas con los distintos conceptos termodinámicos más importantes, de manera que el profesorado pueda conocer sus concepciones previas, al mismo tiempo que le permita tener una idea del nivel de la clase.

Para analizar los conocimientos de los estudiantes a partir del cuestionario inicial, debemos entender los conocimientos que tienen dichos estudiantes sobre las teorías existentes en la realidad (más o menos distorsionada). Hay que tener en cuenta que los alumnos y alumnas de hoy en día viven una situación cultural, social y sobre todo, tecnológica, muy diferente a la que vivieron científicos tales como Newton, Galileo, Lavoisier o Joule. Sin embargo, no debemos olvidar que la sociedad en la que hoy vivimos existe y logramos comprenderla debido a los conocimientos ya elaborados.

Teniendo en cuenta lo dicho hasta ahora, se realizará un esquema en el cual se señalan las conexiones más importantes entre las ideas alternativas que se han identificado a partir del cuestionario inicial y las posibles causas. Este esquema, siguiendo las recomendaciones de Castro, Gómez y Llavona (Castro García, Gómez Fernández, & Llavona Díaz, 2012), recogerá:



- Las características de los conceptos que el alumnado utiliza, así como la medida en que se aproximan o alejan de los conceptos científicos.
- Las condiciones que han hecho que el alumnado presente las concepciones inestables y difusas. Para ello, se les hará preguntas a los estudiantes en clase acerca de los medios a través de los cuales han escuchado o leído (documentales, revistas científicas, otro tipo de revistas, noticias, etc.) acerca de conceptos tales como: calor, conservación de la energía y trabajo.
- Anotar, tras una breve investigación, los criterios que emplean los estudiantes para unir los hechos con sus explicaciones. Así, podremos conocer qué criterios utilizan para hacer sus esquemas mentales acerca del estudio de la Termodinámica.
- Establecer diferentes niveles que se observan en el conjunto de ideas detectadas en el alumnado, llegando a identificar una secuencia de “objetos-obstáculo” (Astolfi, 1987). Una vez identificada esta secuencia, podremos conocer los conceptos erróneos que debemos cambiar, los conceptos en los cuales sea necesario profundizar, así como los aciertos del alumnado.

4.2 ETAPA 2: INTRODUCCIÓN DEL TEMARIO DE ESTUDIO

Con el objetivo de mostrar al alumnado una secuencia lógica de los contenidos que se pretenden impartir, además de facilitar el proceso de aprendizaje autorregulado de los mismos, se les proporcionará el mapa conceptual que se muestra en el **Esquema 2**.

Este mapa conceptual se ha llevado a cabo siguiendo los siguientes pasos:

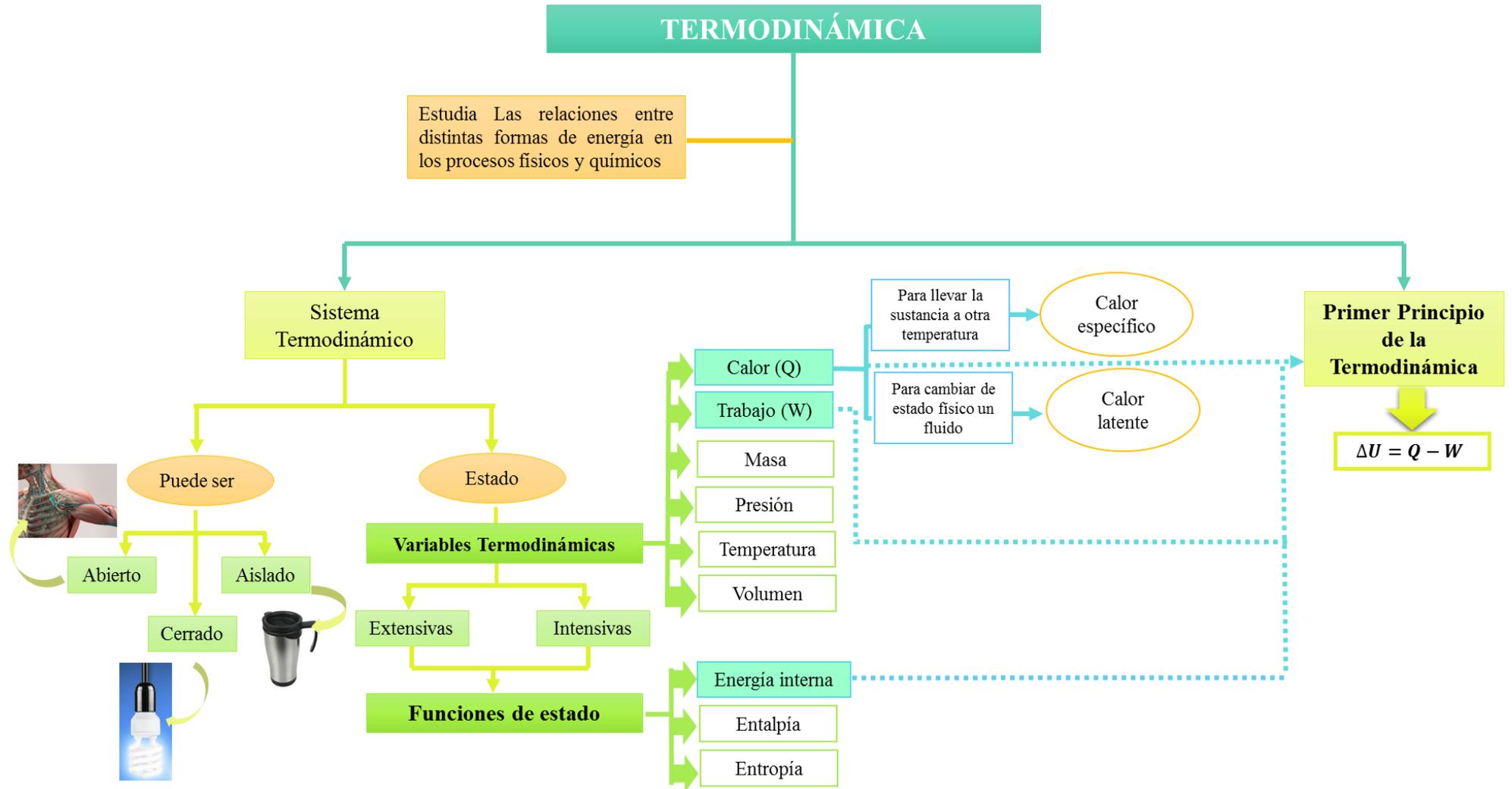
- Se han organizado los conceptos de tal manera que el alumnado pueda mejorar su capacidad de generar relaciones significativas con el resto de conceptos, es decir, generar estructuras de conocimiento.
- El mapa conceptual se ha elaborado de tal forma que permita posteriormente explicar los cambios cualitativos y metodológicos que han surgido en el desarrollo histórico de los conceptos, teniendo en cuenta el marco sociocultural que los causó.

Previo al desarrollo de los conceptos a estudiar, se realizará una contextualización histórica de los conceptos presentes en el mapa conceptual. Para ello, se pondrá énfasis en la evolución que dichos conceptos e ideas han sufrido a lo largo del tiempo hasta la



actualidad, con el objetivo de que los estudiantes comprendan que el conocimiento científico se consigue gracias a la contribución de muchas personas y que éste no es estático.

En el mapa conceptual del **Esquema 2** se han señalado los conceptos “calor”, “trabajo” y “energía interna” objeto de este Trabajo Fin de Máster, y los cuales contribuyen a la formulación del primer principio de la Termodinámica.



Esquema 2. Mapa conceptual para estudiar la unidad de termodinámica. (ELABORACIÓN PROPIA DE LA AUTORA).



4.3 ETAPA 3: HACIA EL APRENDIZAJE AUTORREGULADO

Tal y como se ha explicado en el apartado 4. **Metodología**, de acuerdo con los criterios de evaluación establecidos en la *Orden de 14 de Julio de 2016*, con el desarrollo del primer principio de la termodinámica, las competencias que el alumnado deberá alcanzar son: Competencia para Aprender a Aprender (CAA), Competencia Lingüística (CLL) y Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencias y Tecnología (CMCT).

Atendiendo a la Orden ECD/65/2015, la CAA exige al alumnado “la capacidad para motivarse por aprender”. Esta motivación depende de factores como la necesidad del alumnado por aprender, la curiosidad generada en los mismos, el protagonismo que el estudiante desea tener sobre su propio aprendizaje y por último, la adquisición de las metas de aprendizaje propuestas. Es por ello, que dentro de la actividad académica se deben aplicar estrategias de aprendizaje metacognitivo, es decir, estrategias para que el alumnado sea capaz de autorregular su propio proceso de aprendizaje (Castro García, Gómez Fernández, & Llavona Díaz, 2012).

De acuerdo con Araya (Araya, Alfaro, & Andonegui, 2007) y con la corriente constructivista social en la que destacan Vigotsky y Bruner, entre otros, para desarrollar al máximo las capacidades e intereses del aprendiz, “*hay que considerar el aprendizaje en el contexto de una sociedad, impulsado por un colectivo y unido al trabajo productivo, incentivando procesos de desarrollo del espíritu colectivo, el conocimiento científico-técnico y el fundamento de la práctica en la formación de las nuevas generaciones*”.

De acuerdo con estas recomendaciones, la interacción entre un organismo y el ambiente en el que se encuentre posibilita una relación recíproca entre el estudiante y el contexto. Asimismo, los problemas anteriores y actuales a los que la comunidad científica ha tenido que hacer frente son necesarios para despertar el interés de los estudiantes así como motivarlos en su aprendizaje.

En concreto, en la enseñanza de la termodinámica, se pueden encontrar situaciones problemáticas de interés social que en el siglo XIX despertaron el interés de los científicos de la época, pero que actualmente siguen siendo de gran interés para la sociedad. Por ejemplo, el funcionamiento de las máquinas térmicas en la Revolución Industrial despertó



el interés de los científicos de la época como Sadi Carnot (1796-1832) y otros, que vieron la necesidad de entender su funcionamiento para poder mejorar el rendimiento de las mismas. Asimismo, durante el proceso educativo se pretende despertar el interés de los alumnos y hacerles plantearse qué máquinas térmicas conocen ellos en la actualidad (coches, centrales térmicas, etc.) (Furió Gómez, Solbes, & Furió Mas, 2007).

Como se ha mencionado en el apartado **4.2. Etapa 2: Introducción al temario de estudio** de este trabajo, se imparten algunos conceptos relacionados con la termodinámica (calor, trabajo y energía interna) contextualizándolos en el momento histórico en el que se estudiaron, con el objetivo de que los estudiantes comprueben la analogía entre su propia forma de aprendizaje y la construcción del conocimiento que realizaron otros científicos en la historia. Asimismo, los estudiantes podrán conocer las motivaciones intrínsecas que movieron a dichos científicos propiciando la motivación de dichos estudiantes por ajustar su aprendizaje y obtener los resultados deseados.

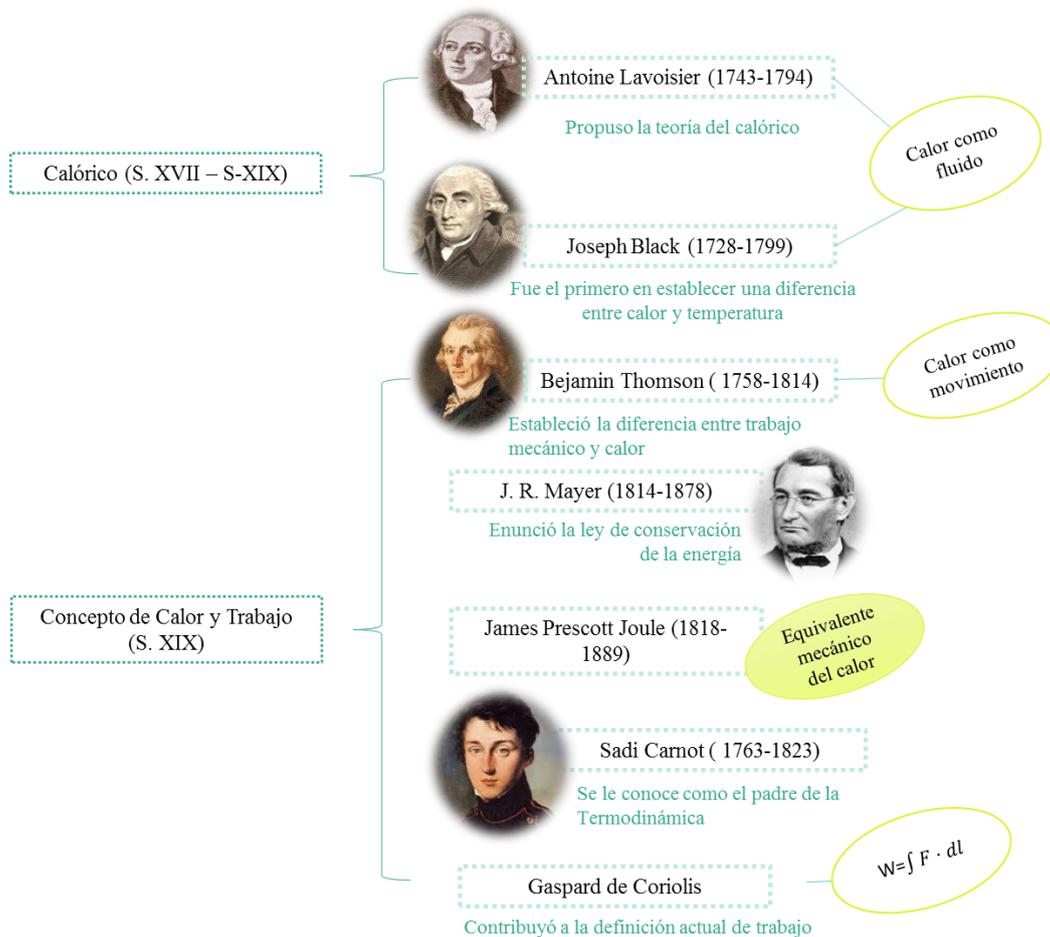
De acuerdo con el orden establecido en el mapa conceptual mostrado en el **Esquema 2**, en primer lugar, se explicará del nacimiento de la Termodinámica como Ciencia. Como medio para lograr este objetivo, se hará referencia al trabajo realizado durante muchos años por muchos científicos como Black, Joule, Thompson, etc.

Una vez que el alumnado conozca la definición de Termodinámica, se explicarán los diferentes sistemas termodinámicos (abiertos, cerrados y adiabáticos), las variables termodinámicas y las funciones de estado, desembocando en el conocimiento y la comprensión del principio de conservación de la energía como resultado del proceso de aprendizaje.

A continuación, se desarrollará el mapa conceptual mostrado en el **Esquema 2**. El desarrollo histórico de los conceptos de calor, trabajo y energía, relacionados con el primer principio de la termodinámica, se llevará a cabo para facilitar el aprendizaje de los conceptos relacionados con la termodinámica. Se hará énfasis tanto en los problemas conceptuales como epistemológicos que la Ciencia ha tenido que superar en el proceso de interpretación de los cambios energéticos que tienen lugar en los procesos químicos.



En el **Esquema 3** se muestra la evolución histórica de los conceptos que se van a desarrollar en este apartado, a través de algunos científicos que participaron en el conocimiento de la Termodinámica.



Esquema 3. Acontecimientos y científicos que se utilizarán para la explicación de los conceptos termodinámicos (ELABORACIÓN PROPIA DE LA AUTORA).

Todo el material didáctico que se le proporcionará al alumno se encuentra en el **Anexo II**.

1. Breve introducción histórica

El objetivo de esta introducción histórica es mostrar al alumnado las implicaciones de la Termodinámica y cómo tuvo lugar su nacimiento. Asimismo, se enfatizará en la importancia y aplicaciones que esta Ciencia ha tenido tanto en siglos pasados como en la actualidad.



2. Calor

El concepto de “Calor” suele traer asociado concepciones previas erróneas por parte del alumnado de Educación Secundaria. Por lo tanto, para explicar el calor como “fenómeno de transferencia de energía” y desmontar así las ideas previas se hará alusión a la importancia que este término tuvo en la Revolución Industrial del siglo XIX.

De los distintos modos de emplear un enfoque histórico dentro de la enseñanza de la Ciencia, en este caso se hará uso de confrontaciones y diálogos para mostrar las distintas concepciones que tienen los alumnos y que sean ellos mismos los que desmonten sus ideas previas y generen un nuevo conocimiento, a la vez que comprueban como la Ciencia ha ido evolucionando con los años.

Por otro lado, con estos textos se pretende desmontar la imagen que el alumnado suele tener de los científicos (“*valientes*”, “*genios solitarios*”, etc. (Allchin, 2003)). Por último, se hará hincapié en la gran cantidad de tiempo que hace falta para que la comunidad científica desarrolle el conocimiento y se establezca, derrotando así un paradigma y dando lugar al nacimiento de uno nuevo.

3. Concepto de trabajo y energía

Al igual que el concepto de “calor”, el concepto de “trabajo” ya sea mecánico o de expansión de un gas, suele traer asociado ideas previas erróneas por parte del alumnado. Para estudiar este concepto, al igual que con el término “calor”, se hará uso de la importancia que tuvieron estos conceptos en la Revolución Industrial del siglo XIX.

Debido a que la Revolución Industrial estuvo caracterizada por el estudio de la conversión de calor en trabajo mecánico, ambos conceptos se ven de forma simultánea. Por lo tanto, una vez visto el concepto de calor a lo largo de la historia, se pueden desmontar algunas de las ideas previas que puede tener el alumnado, así como generar curiosidad en el mismo y favorecer su aprendizaje.

Por ello, se les proporcionará al alumnado textos en los cuales se muestre la relación entre el calor (energía térmica) y el trabajo realizado sobre un sistema (energía mecánica) y la necesidad de introducir el término de “energía interna”. Entre el material que se le proporcionará al alumnado se encuentran textos que explican cómo diferentes científicos



calcularon un equivalente mecánico del calor mediante diferentes experimentos muy similar al determinado por Joule. De esta forma, se hará consciente al alumnado de que los descubrimientos no son llevados a cabo por una sola persona, sino que, en la mayoría de los casos, hay muchos científicos involucrados.

Finalmente, una vez estudiados los conceptos de “calor”, “trabajo” y “energía” se le proporcionará al alumnado una ficha de actividades, en la cual tengan que aplicar de forma razonada dichos conceptos relacionándolos con los diferentes sistemas termodinámicos.

4. Energía interna. Primer principio de la termodinámica.

Comprender que los conceptos de “calor” y “trabajo” no son una forma de energía, sino una forma de transferencia de energía, es uno de los aspectos que más trabajo cuesta a los estudiantes de bachillerato.

El aprendizaje de estos conceptos se facilita a través de un estudio basado en su desarrollo histórico, pues además de discutir las diferentes definiciones y puntos de vista a lo largo de la historia, se favorecerá el aprendizaje deductivo y la construcción de nuevos aprendizajes. Para conseguirlo, durante el desarrollo histórico de los conceptos estudiados, se hace hincapié en las experiencias clave que tuvieron lugar, como es la experiencia de Joule.

Finalmente el alumnado será capaz de hablar de calor y trabajo como formas de transferencia de energía. Se entenderá que es inapropiado hablar de calor o trabajo como formas de energía, debido a que de acuerdo con los paradigmas actuales el calor no se convierte en trabajo, sino que se produce una variación de energía interna del sistema, siendo necesario, por lo tanto, la introducción de nuevos términos capaces de explicar las observaciones realizadas.

4.4 ETAPA 4: GENERANDO PENSAMIENTO CRÍTICO Y CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS APRENDIZAJES

Explicar los diferentes conflictos que han surgido a lo largo de la historia y que han dado lugar a descubrimientos científicos puede dar lugar a situaciones de conflictos en el



desarrollo cognitivo del alumnado. Esto se debe a que el alumnado empieza a cuestionarse las ideas previas.

Un aspecto fundamental tanto en la enseñanza de Ciencias como en la vida en general es enseñar al alumnado a entender y pensar de forma crítica sobre las evidencias científicas. Para ello, es muy importante que el alumnado aprenda a identificar y comparar aquellos datos y conclusiones soportadas por evidencias con la finalidad de ser capaz de tomar decisiones de forma autónoma (Holmes, Wieman, & Bonn, 2015).

Por ello, con el objetivo de promover el pensamiento crítico del alumnado y desarrollar nuevos conocimientos, en este trabajo se proponen, atendiendo a la diversidad del mismo, tres modelos de fichas de actividades que incluyen ejercicios sobre el primer principio de la termodinámica para resolverlos mediante explicación razonada, numéricamente y gráficamente. Además, de acuerdo con la corriente constructivista, el debate es un componente crítico en el proceso de aprendizaje (Eggen & Kauchak, 2001). Por lo tanto, además de proponer actividades individuales, se propondrán actividades grupales. Finalmente, se llevará a cabo una experiencia práctica que afiance los contenidos aprendidos y permita al alumnado continuar con el desarrollo de su aprendizaje.

Actividades

En este trabajo se pretende aportar diferentes actividades que pueden realizarse dentro del marco del aprendizaje activo de manera individual, así como del aprendizaje cooperativo.

Las competencias que se pretenden alcanzar a través de estas actividades son:

- Comprobar que empleando recursos basados en la historia de la Ciencia se desmontan las concepciones previas erróneas de las que partía el alumnado.
- Motivar al alumnado a seguir desarrollando su aprendizaje, tanto en el ámbito de las ciencias como en otras disciplinas como la historia y la geografía.
- Comprobar que el alumnado es capaz de reflexionar sobre los contenidos impartidos, así como, ser capaces de defender una postura en un debate.



Como se comentó en la justificación de este Trabajo Fin de Máster, las actividades están orientadas a un nivel de primero de Bachillerato, con edades comprendidas entre 16 y 17 años.

Dentro de las actividades que se proponen, se pretende que aquellas orientadas a fomentar el aprendizaje cooperativo generen conflictos cognitivos, de tal forma que los mismos estudiantes puedan debatirlos a nivel de equipo. Además, estas fichas de actividades constarán de problemas abiertos que puedan dar lugar a diferentes interpretaciones y que requieren para su solución de un abordaje reflexivo y no automático.

**FICHA DE ACTIVIDADES N° 1****Actividad 1** (Müller, 2002):

Si uno hace hervir agua para preparar pasta, esta hierve un poco más rápido si se tapa la olla. Mencione por lo menos dos razones por lo cual esto es cierto.

**Nota: se discutirán en clase las respuestas propuestas por el alumnado.*

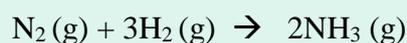
Actividad 2 (Laplace, s.f.):

Si un gas ideal se calienta a presión constante, ¿cómo se relacionan el calor que entra y la variación de la energía interna?

- $Q_{in} > \Delta U$
- $Q_{in} < \Delta U$
- $Q_{in} = \Delta U$
- Puede darse cualquiera de las tres situaciones anteriores.

Actividad 3:

En la reacción de obtención del amoníaco a volumen constante, cuando 1 mol de nitrógeno reacciona a 25 °C, el calor generado es 41 kJ. ¿Qué calor genera la reacción de 1 mol a presión constante de 1 atm y a la misma temperatura?

**Actividad 4** (Müller, 2002):

Si tenemos una olla de presión enfriándose, ¿Cuál es la cantidad de calor que se le debe retirar a una olla de presión de 10 L para enfriarla hasta temperatura ambiente?

**Nota: Este es uno de los definidos anteriormente “problemas abiertos”. Para su resolución, suponer que la olla se encuentra llena hasta la mitad y establecer diferentes valores de presión (1,2 atm, 1,5 atm, 2 atm).*



FICHA DE ACTIVIDADES N° 2

Actividad 1:

Discuta sobre la utilización de la mano (el sentido del tacto) como un termómetro. ¿Qué es lo que realmente mide el tacto cuando toca un objeto?

Actividad 2 (Müller, 2002):

Un vapor de amoníaco que está inicialmente a 30 °C se comprime dentro de un cilindro. Experimentalmente se han medido las siguientes condiciones dentro del cilindro:

P (atm)	4.93	6.44	7.92	9.33	10.86	12.24	13.82
V (L)	1.25	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60	0.50

Determine el trabajo requerido para efectuar el proceso y la temperatura final del vapor.

Nota:* Este ejercicio se realizará por grupos compuestos por tres o cuatro alumnos.

Actividad 3 (FISICALAB, 2017):

¿Qué calor se intercambia en un proceso cuando se realiza un trabajo de 850 J, sabiendo que la diferencia de energía interna entre sus estados inicial y final es de 3 kJ? Suponiendo que el trabajo lo realiza un gas a una presión de 2 atm, ¿qué variación de volumen tiene lugar en el proceso?

Actividad 4 (Laplace, 2017):

Un cilindro de 10 cm de diámetro está cerrado por un émbolo. La presión exterior es en todo momento de 0,99 atm. La cámara está llena de aire que se encuentra inicialmente a 300 K y el émbolo está a una distancia de 10 cm respecto del fondo. Se calienta hasta que su temperatura llega a 450 K. Calcule el calor que entra, el trabajo que se realiza sobre el gas, así como la variación de su energía interna.

- a) Si el émbolo está bloqueado de forma que no puede desplazarse (Volumen constante).
- b) Si el émbolo está libre y puede deslizarse sin rozamiento por el tubo (presión constante).

**FICHA DE ACTIVIDADES N° 3****Actividad 1:**

Las siguientes frases, empleadas a diario por las personas, ¿serían correctas desde el punto de vista termodinámico?

“Cierra la puerta para que no entre frío”.

“Qué calor hace hoy”.

**Nota: Debatir las respuestas en clase.*

Actividad 2:

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

- a) En la expansión de un gas a volumen constante, ¿Cuánto valdrá la variación de energía interna, el trabajo y el calor realizado sobre él?
- b) ¿Y en un sistema aislado?

Actividad 3 (FISICALAB, 2017):

Determina la variación de energía interna que experimentan 10 gramos de un gas, cuya temperatura pasa de 34 °C a 60 °C en un proceso a volumen constante, sabiendo que su calor específico viene dado por $C_v = 0,155 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$. ($1\text{cal} = 4,1868 \text{ J}$)

Actividad 4 (Müller, 2002):

Si tenemos aire, inicialmente a 0,740 atm y 1000 K que ocupa un volumen de 120 L. El sistema se comprime isotérmicamente hasta reducir su volumen a la mitad. Luego sufre un proceso a presión constante hasta disminuir de nuevo el volumen a la mitad. Suponiendo un comportamiento de gas ideal:

- a) Muestre el proceso en un diagrama P-v.
- b) Determine el trabajo en cada uno de los tramos y el trabajo total.



Experiencia práctica

Con el objetivo de aplicar los conocimientos aprendidos, y debido a que el estándar de aprendizaje 3.2. correspondiente al bloque 4 de la asignatura de Física y Química del curso de 1º de Bachillerato, según el RD 1105/2014 es “Explica razonadamente el procedimiento para determinar el equivalente mecánico del calor tomando como referente aplicaciones virtuales, interactivas asociadas al experimento de Joule”, en esta memoria se propone el empleo de la aplicación virtual “*The Physics Aviary*” con el objetivo de recrear la experiencia que realizó Joule para determinar el equivalente mecánico del calor.

La experiencia práctica se llevará a cabo en el orden que se muestra en el **Esquema 4**:



Esquema 4. Esquema de la experiencia práctica “El equivalente mecánico del calor”.

A continuación, atendiendo al **Esquema 4**, se va a desarrollar la experiencia práctica desde el punto de vista pedagógico. Se proporcionará al alumnado un cuaderno de práctica, necesario para desarrollar esta experiencia. Dicho cuaderno se muestra en el **Anexo III** de esta memoria.

1) Resolución de las preguntas iniciales.

Debido a que esta experiencia práctica se realizará una vez impartidos los contenidos correspondientes al primer principio de la termodinámica, las preguntas iniciales no estarán destinadas a la identificación de ideas previas, sino a contextualizar al alumnado a la práctica que se va a realizar, tratando cuestiones sobre “calor” y “trabajo”.



Se proporcionará al alumnado el cuaderno de prácticas con antelación, con el objetivo de al llegar a la sesión en la que se imparte la práctica, hayan respondido a las preguntas iniciales y éstas puedan ser comentadas en clase.

2) Explicación de la fundamentación teórica de la práctica.

Una vez resueltas las cuestiones iniciales se procederá a explicarle al alumnado la experiencia que realizó Joule para determinar el equivalente mecánico del calor. En esta fundamentación teórica se mencionarán:

- El *Julio* como unidad para definir el trabajo mecánico.
- Recordatorio de las fórmulas del calor (Q) y energía potencial (E_p) y la relación entre ellas (equivalente mecánico del calor) siguiendo el **Esquema 1** y **Esquema 2** de este trabajo.
- Explicación de las variables a tener en cuenta durante el desarrollo de la práctica.

Dentro del cuaderno de prácticas que se le proporciona al alumnado, y que se muestra en el **Anexo III** se incluye la fundamentación teórica que se ha elaborado para el desarrollo de la práctica.

3) Establecer los objetivos que se pretenden lograr con el desarrollo de la práctica.

El objetivo principal de esta práctica es, como se ha mencionado anteriormente, que el alumnado sea capaz de *determinar el equivalente mecánico del calor* recreando la experiencia de Joule mediante una simulación virtual. Por ello, en la fundamentación teórica se explica esta experiencia, además de los conceptos que el alumnado tiene que conocer para poder comprenderá.

Una vez que el alumnado conozca el procedimiento que siguió Joule para realizar su experimento se le explicará al alumnado cuál es el objetivo de esta práctica y cómo se va a lograr dicho objetivo.

4) Desarrollo experimental de la práctica.

Para desarrollar la experiencia práctica propuesta, se pueden emplear diferentes simulaciones virtuales. En concreto, como ya se ha comentado antes, en este Trabajo Fin



de Máster se va utilizar la aplicación *The Physics Aviary* como herramienta, debido a su facilidad para acceder a ella (es gratuita) y debido a su fácil manejo.

El cuaderno de trabajo que se le proporcionará al alumnado para la realización de dicha práctica se encuentra en el **Anexo III**.

En primer lugar, para desarrollar la experiencia práctica, una vez dentro de la aplicación (se accede introduciendo este enlace en el buscador: <http://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/MechanicalEquivalentOfHeatLab/index.html>), se fijan una serie de parámetros que serán diferentes para cada alumno.

A continuación, se va a desarrollar la práctica para los parámetros indicados en la **Tabla 2**, y mediante el botón de Inicio/Pausa se puede completar el resto de datos de la tabla.

Para poder calcular el equivalente mecánico del calor, el alumnado realizará seis experimentos variando la distancia de caída de una masa y anotando los datos de medida inicial y final de la Temperatura.

Para calcular la energía mecánica (en julios) y el calor (en calorías) será necesario aplicar las ecuaciones 1 y 2.

$$E_p \text{ (J)} = M \cdot g \cdot h \quad (\text{Ec. 1})$$

$$Q \text{ (cal)} = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_0) \quad (\text{Ec. 2})$$



Tabla 2. Plantilla para el alumnado en la que anotarán los datos de cada una de las seis experiencias. (ELABORACIÓN PROPIA).

Experiencia	Masa del peso que cuelga (kg)	Distancia de caída (m)	Volumen de agua (mL)	Masa de agua del calorímetro	Medidas (Inicio y pausas)	W= pérdida de Ep (J)	W= Calor absorbido (cal)	T (°C)	ΔT (K)
1	288	4	224	224	inicial final			6,50	
2	288	3,5	224	224	inicial final			6,50	
3	288	3	224	224	inicial final			6,50	
4	288	2,7	224	224	inicial final			6,50	
5	288	2,3	224	224	inicial final			6,50	
6	288	1,5	224	224	inicial final			6,50	

De acuerdo con la **Tabla 2**, la experiencia se va a realizar con un volumen de agua de 224 mL, siendo necesario calcular la masa en Kg, para el posterior tratamiento de datos. Además, se parte de una temperatura inicial de 6,50 °C y el peso que cuelga tiene una masa de 288 Kg. La experiencia consiste en ir variando la distancia de caída del peso y anotar la temperatura final del proceso. En la **Imagen 2** se muestra cada una de las partes que intervienen en el desarrollo de la experiencia.

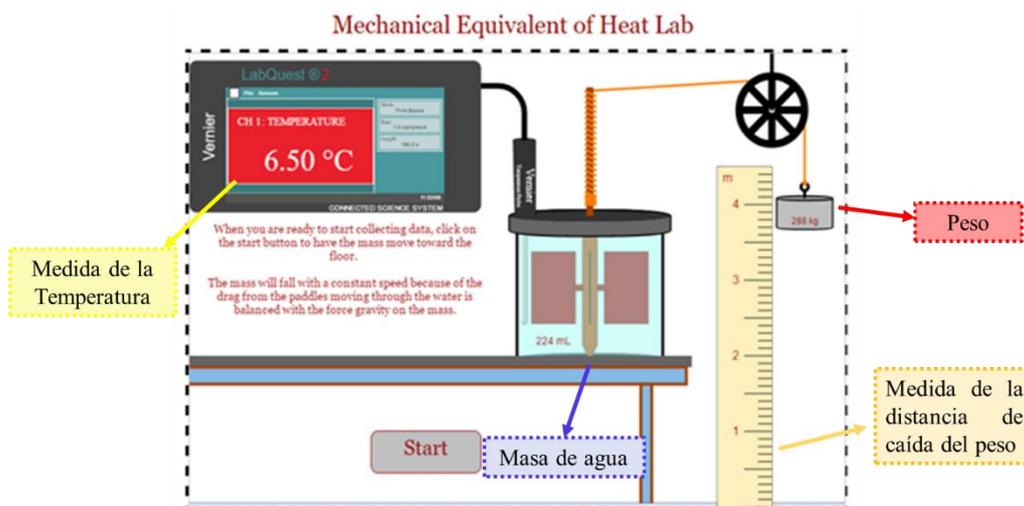


Imagen 2. Pantalla principal de la práctica “Cálculo del equivalente mecánico del calor” de la aplicación *The Physics Aviary*.

Los datos obtenidos de temperatura obtenidos al realizar esta experiencia, nos permiten calcular el trabajo mecánico (julios) y el calor (calorías) utilizando las ecuaciones 1 y 2, de tal forma que, la tabla de datos rellena queda de la siguiente forma:



Experiencia	Masa del peso que cuelga (kg)	Distancia de caída (m)	Volumen de agua (mL)	Masa de agua del calorímetro	Medidas (Inicio y pausas)	W= pérdida de Ep (J)	W= Calor absorbido (cal)	T (°C)	ΔT (K)
1	288	4	224	224	inicial	11289,6	2459,52	6,50	10,98
					final			17,48	
2	288	3,5	224	224	inicial	9878,4	2085,44	6,50	9,31
					final			15,81	
3	288	3	224	224	inicial	8467,2	1727,04	6,50	7,71
					final			14,21	
4	288	2,7	224	224	inicial	7620,48	1536,64	6,50	6,86
					final			13,36	
5	288	2,3	224	224	inicial	6491,52	1207,36	6,50	5,39
					final			11,89	
6	288	1,5	224	224	inicial	49,69	973,44	6,50	3,38
					final			9,88	

Una vez realizada la toma de datos para las seis experiencias, el alumnado irá respondiendo a una serie de pautas que se le plantean como guía para conseguir el objetivo planteado en esta práctica: *calcular el equivalente mecánico del calor*. Para ello, se representa en un gráfico, **Gráfico 1**, los valores del trabajo realizado (W-Julios), en el eje OY, frente al calor absorbido por el agua (Q-cal), en el eje OX.

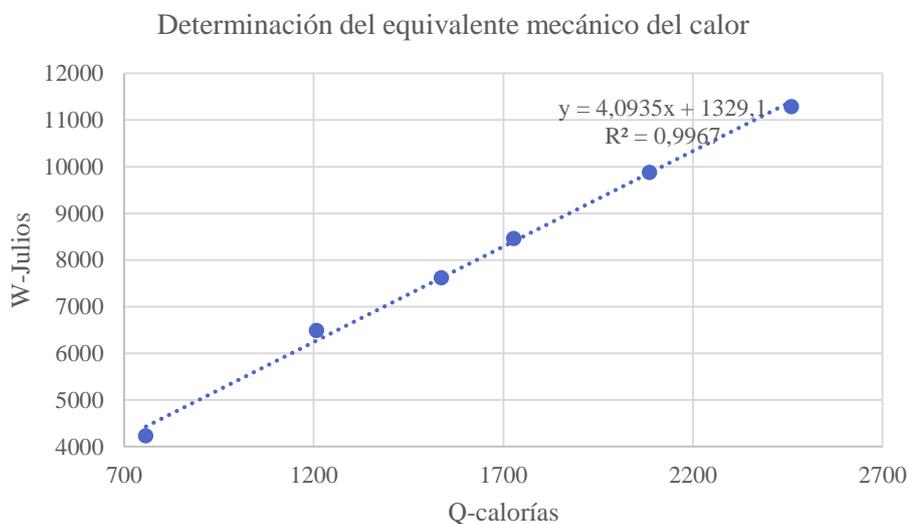


Gráfico 1. Representación gráfica de W-Julios frente al W-calorías.

Se puede calcular la pendiente de la recta obtenida a través de la representación gráfica anterior, y se le planteará al alumnado, en el cuaderno de prácticas incluido en el **Anexo III**, cuestiones que lo lleven a correlacionar la pendiente de la recta con el equivalente mecánico del calor.

$$\text{Equivalente mecánico del calor (J/cal)} = W/Q$$



5) Resolución de las preguntas de pensamiento crítico

Una vez realizada la experiencia práctica, el alumnado deberá responder una serie de preguntas orientada a estimular el pensamiento crítico y nuevos aprendizajes por parte del alumnado.

Con el objetivo de que el alumnado relacione los conceptos matemáticos explicados en la fundamentación teórica de la práctica, con los resultados experimentales, se les propondrá la actividad 1.

Por otro lado, con el objetivo de que razonen y busquen una explicación a los datos numéricos que se les proporcionan normalmente para poder realizar los problemas, se les propondrá la actividad 2.

Finalmente, con el objetivo de que el alumnado razone y cuestione sus propios resultados se les propondrá la actividad 3.

Actividad 1: Comprueba, haciendo uso de la siguiente ecuación y del factor de conversión medido, que el calor específico del agua dado es el correcto.

$$C_e = \frac{M \cdot g \cdot h}{m \cdot (T_f - T_0)}$$

Experimento	Calor específico del agua
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Actividad 2: Exactamente, ¿qué significa que el calor específico del agua es 4180 J/(kg·°C)?

Actividad 3: Compare el valor del equivalente mecánico, J, obtenido experimentalmente con su valor teórico. Justifique las posibles discrepancias.

6) Evaluación de la experiencia práctica

Finalmente, con el objetivo comprobar que el alumnado ha comprendido la práctica, además de evaluar la CCL y CMCT, el alumnado deberá realizar como tarea evaluable



un informe detallado del proceso que hay que llevar a cabo para determinar el equivalente mecánico del calor incluyendo los resultados obtenidos en su propia experiencia.

4.5 ETAPA 5: EVALUACIÓN

Está bastante extendida entre el alumnado la opinión de que la evaluación de una asignatura se basa casi exclusivamente en el examen final de dicha asignatura. Sin embargo, suele obviarse la contribución de los trabajos tanto individuales como en grupo, siendo este último precisamente uno de los aspectos más importantes en el trabajo científico.

Es por ello que en dicha evaluación deben aparecer cuestiones relacionadas con el trabajo que el alumnado ha ido realizando periódicamente, tanto de manera individual como en grupo, con el objetivo de alcanzar las competencias clave, establecidas en la *Orden de 14 de Julio de 2016*, que se conseguirán mediante la realización de actividades indicadas por el profesor. Según el nivel de dificultad de estas actividades, su número o el tiempo que se propone para su resolución, puede sustituirse el examen individual por la entrega individual de dichas actividades.

En el **Anexo IV** se proponen diferentes actividades que podrían emplearse para evaluar los conceptos relacionados con el primer principio de la Termodinámica.

Por ello, en este Trabajo Fin de Máster se propone, teniendo en cuenta la diversidad del alumnado, el sistema de evaluación propuesto en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Propuesta de evaluación.

Porcentaje sobre la nota final (%)	Actividad
50	Entrega de actividades individuales o examen final.
10	Entrega de actividades de clase.
20	Entrega del informe de prácticas.
20	Aprendizaje cooperativo: actitud, aptitud y objetivos alcanzados.

Este sistema de evaluación debe aplicarse de tal forma que asegure que cualquier alumno o alumna que apruebe la asignatura ha alcanzado las competencias básicas. Además, según su nota final se podrá decir que ha alcanzado las competencias más específicas de forma más o menos gradual.



5 CONCLUSIONES

La explicación de conceptos abstractos y que son de gran dificultad para el alumnado, se puede llevar a cabo de forma satisfactoria haciendo uso de la historia de la Ciencia. Sin embargo, el uso de recursos históricos para el desarrollo de conceptos relacionados con la Termodinámica es muy escaso y los pocos recursos que hay no suelen centrarse en el desarrollo histórico del propio concepto y en la evolución del mismo. Además, se obvia el proceso que debe sufrir un nuevo concepto científico para romper con los paradigmas ya establecidos y la relación del desarrollo de la Ciencia con la sociedad (Solbes & Traver, 1996).

Por otro lado, de acuerdo con la teoría constructivista del aprendizaje, el alumnado posee la capacidad para construir su propio conocimiento de la realidad.

Por todo ello, en este Trabajo Fin de Máster se ha desarrollado material didáctico basado en el desarrollo histórico de los conceptos relacionados con el primer principio de la Termodinámica. Además, se ha diseñado una experiencia práctica utilizando la aplicación virtual *The Physics Aviary*, como alternativa a la realización de experimentos que, en muchas ocasiones, no pueden llevarse a cabo en el laboratorio. Este trabajo se engloba en la modalidad de innovación educativa y elaboración de materiales didácticos, por lo que el material elaborado está orientado a que el profesorado pueda adaptarlo y emplearlo a sus clases, esperando que sea de gran utilidad para su aplicación didáctica.

Las actividades propuestas persiguen los objetivos fundamentales de este trabajo. En primer lugar se busca identificar las ideas previas del alumnado, para posteriormente desmontarlas y facilitar al alumnado técnicas para la construcción y autorregulación de su propio aprendizaje. No obstante, estas actividades se exponen a modo de ejemplo y no con el objetivo de limitarnos a ellas.



6 ANEXOS

6.1 ANEXO I: CUESTIONARIO INICIAL

CUESTIONARIO INICIAL

1. Imagina que tenemos tres vasos de agua marcados como A, B, C. Se introduce un termómetro de mercurio sin graduar observando la subida del mismo. Podemos observar que en A y B la altura del mercurio es la misma y a su vez B y C están también a la misma temperatura. ¿Qué conclusión podríamos sacar sobre la relación de temperaturas entre los vasos A y C? ¿Cómo explicarías este resultado?
2. Siempre que un cuerpo recibe calor, ¿aumenta su temperatura?
3. Imaginemos una cámara aislada, como es el caso de una nevera de playa, en la cual colocamos dos vasos de agua, uno de ellos a 20 °C y el otro a 40 °C. Después de un tiempo ¿Cuál será la temperatura final de los vasos? (Müller, 2002)
4. Cuando se calienta un vaso de leche en el microondas el foco del microondas ejerce sobre la leche: a) calor, b) trabajo, c) energía.
5. Para que las ruedas de un coche se muevan para que el coche circule es necesario que el motor ejerza sobre las mismas: a) trabajo, b) energía, c) trabajo.
6. Un tubo de ensayo, como el de la figura, se llena de agua a temperatura ambiente y se tapa con un tapón. Posteriormente se aplica calor a dicho tubo y el tapón sale disparado. ¿Cómo podrías explicar este hecho? ¿Qué explicación termodinámica podrías dar?





6.2 ANEXO II: MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL ALUMNADO

INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

La física del siglo XIX estuvo caracterizada por el proceso de unificación de los estudios del calor y de la mecánica, naciendo así, la *termodinámica* como ciencia moderna, que a su vez surgió de la Revolución Industrial.

A principios del siglo XIX, no había consenso en cuanto a la naturaleza del calor y tanto la teoría del calórico como la teoría que defendía que el calor es una forma de movimiento tenían sus afiliados.

La Revolución Industrial indujo a los físicos a investigar qué es lo que sucedía a las máquinas, proporcionándoles ejemplos del modo de actuación del calor, como fue el caso de la máquina de vapor. Además, también constituyó un avance en la construcción de máquinas más eficientes.

La termodinámica empezó a ser reconocida como una disciplina científica a mediados de la década de 1820, aunque el término “termodinámica” fue empleado por primera vez por William Thomson en 1849, siendo el concepto de energía y la constatación de la conservación de la energía, así como la comprobación de que el trabajo es una forma de energía, las claves para llegar a comprender la termodinámica y establecer las leyes de la definen, destacando que el orden de dichas leyes no se corresponden con el año en que se enunciaron (Gribbin, 2011).

El proceso de unificación del calor y la mecánica fue un proceso complejo, en el que se pueden destacar varios hitos importantes que marcaron su desarrollo hasta que, a principios del siglo XX se consolidara como una ciencia. Por lo tanto, la termodinámica, tal y como la conocemos hoy, es el resultado de más de un siglo de investigaciones teóricas y experimentales (Furió Gómez, Solbes, & Furió Mas, 2007).



EL CALOR: Hipótesis del calórico

Al considerarse el fuego uno de los cuatro elementos de la antigüedad comportamiento de los cuerpos calientes se explicaba de forma cualitativa siguiendo la teoría aristotélica por la cual la materia busca su sitio natural.

La naturaleza del calor recobró gran importancia en el siglo XVII, asociando el calor con un fluido denominado “calórico” (nombre proporcionado por Antoine Lavoisier (1743-1794)) que poseía la peculiaridad de ser “imponderable” y “sutil” pudiendo penetrar en los cuerpos (Solís & Sellés, 2005).

Joseph Black (1728-1799), aunque no defendió públicamente doctrina alguna sobre la naturaleza del calor, en manifestaciones privadas se inclinaba hacia la teoría del calórico, concluyendo mediante la realización de experimentos en los cuales se ponían en contacto dos cuerpos a diferente temperatura, que el calor no se creaba y tampoco se destruía. Esto implicaba que sólo podía transferirse de un cuerpo a otro.

“Comenté antes que, incluso sin la ayuda de termómetros, podemos percibir una tendencia del calor a difundirse de cualquier cuerpo más caliente a todas las partes de una heladera, hasta que es distribuido, de tal manera que ninguno de ellos está dispuesto a tomar más calor que el resto. El calor es causado por un estado de equilibrio. Este equilibrio es algo extraño (...) Debemos adoptar, por tanto, como una de las leyes más generales del calor, que: Todos los cuerpos se comunican entre sí libremente, y sin exponerse a la acción externa, adquieren la misma temperatura, como se demuestra con un termómetro. Todos adquieren la temperatura del medio circundante” (Black, 1803).

Black definió el *calor específico* de cada sustancia a través de diferentes experimentos. Uno de ellos es el siguiente: Mezcló mercurio a 150 °C con agua a 100 °C. La temperatura resultante fue de 120 °C en vez de obtenerse la temperatura media, por lo que Black pensó que el mercurio se volvía 20 °C menos caliente y el agua se hacía 20 °C más fría. De este experimento concluyó que cada sustancia captaba una cantidad propia de calor a la que llamó “calor específico” (Porras Contreras, 2006).

De esta forma se pensaba que el calórico estaba formado por “partículas minúsculas” que se repelían entre sí, pero estaban atraídas por los corpúsculos de la materia. Black



imaginó que las partículas que formaban el calórico formaban una atmósfera alrededor de los corpúsculos de la materia, tendiendo a dispersarse, lo que en esencia explicaría la dilatación de los cuerpos. Vinculó la capacidad para el calor con el calor latente, suponiendo que en los cambios de estado lo que se producía era una variación de la capacidad para el calor. Asimismo, Black definió el calor latente como el producto de su capacidad para el calor y su temperatura (Solís & Sellés, 2005), y lo distinguió del “calor sensible” en función del tipo de unión de los átomos de calórico con los átomos de los materiales, así el calor latente correspondía a la unión fuerte de los átomos del calórico con los átomos del material, mientras que en el caso del calor sensible, los átomos se rodeaban de una atmósfera de calórico.

La teoría del calórico alcanzó su máximo en la década de 1780, pero en 1798, Benjamin Thompson (1753-1814), conde de Rumford, que era el director del Arsenal Militar de Munich, al revisar los cañones, notó la gran cantidad de calor que se desprendía al taladrar un cañón, este calor que resultaba mayor cuanto menos afilado estaba el taladro empleado.

Encerró un cañón en proceso de taladrado dentro de un recipiente con agua y constató que esta llegaba a hervir con el calor generado, el cual parecía inagotable en tanto en cuanto el taladro siguiese actuando.

La teoría del calórico sugería que el calor se producía en la fricción a expensas del calórico fijado en el metal, en este caso bronce (el calor latente). Si la teoría del calórico se cumpliera, debería haber menos calórico en las virutas que en el mismo peso metal, ya que se había producido gran cantidad de calor durante la conversión.

Pero cuando Thompson midió el calor específico de las virutas arrancadas del metal encontró que este **no había cambiado**, por lo que concluyó que *“el calor no podía consistir en una sustancia material, sino que debía consistir en movimiento”*.



¿Qué es el calor? ¿Hay alguna cosa llamada fluido ígneo? ¿Hay algo que puede llamarse con decoro calórico? Hemos visto que una cantidad muy considerable del calor puede ser excitada en el rozamiento de dos superficies metálicas y dada en un torrente continuo o cambio continuo, en todas direcciones, sin la repetición o el intermedio, y sin alguna señal de disminución o agotamiento(...) ¿Fue suministrado por el agua que rodeó la maquinaria? Esto no pudo haber sido: primero, porque el agua estaba recibiendo el calor de la maquinaria continuamente y no podía estar dando calor al cuerpo y recibiendo calor del mismo cuerpo, simultáneamente y en segundo lugar, porque no había descomposición química de ninguna parte de esta agua (Thompson, 1798).

EL EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR Y DEFINICIÓN DE TRABAJO MECÁNICO

El siglo XIX se caracterizó por los estudios orientados a la medida del trabajo que se podía obtener a partir de una cierta cantidad de calor, es decir, a medir el “equivalente mecánico del calor”.



Figura 2. Julius Robert Mayer (1814-1873)

Dentro de este trabajo cabe destacar personajes como Julius Robert Mayer (1814-1878), quien describió la equivalencia y conservación de las distintas formas de energía dejando abierto un interrogante clave para la deducción de la equivalencia entre calor y trabajo (Porras Contreras, 2006).

“¿Qué cantidad de calor corresponde a una cantidad dada de energía cinética y potencial?”

Según la teoría del calórico al expandirse un gas en un recipiente su temperatura disminuye debido a que el calórico se distribuye de modo uniforme en un volumen mayor, permaneciendo invariable. Mayer, en 1840, en un viaje a las Indias Orientales a bordo de un buque holandés, al realizar sangrías a la tripulación comprobó que la sangre extraída de los mismos tenía un color rojo mucho más vivo de lo normal. Interpretó este hecho de acuerdo a las ideas de Lavoisier, quien concebía al calor animal como resultado de una combustión. Mayer lo explicó atendiendo a las necesidades de producción de calor del



organismo, cuanto menor es la tasa de pérdida de calor al medio ambiente, menor es la producción de calor del organismo y por tanto se produce un menor grado de oxidación.

Por otro lado, Mayer pensó que como el organismo también produce trabajo mecánico tenía que existir una relación cuantitativa fija entre este y el calor consumido para realizarlo, siendo el calor y el movimiento interconvertibles. Esta idea la trasladó desde el punto de vista animal al reino inanimado (Solís & Sellés, 2005).

Hay que destacar que la obra principal de Mayer “*Comentarios sobre las fuerzas de la naturaleza inorgánica*” tenía como objetivo explicar por qué el calor específico de los gases a volumen constante era menor que el mismo a presión constante. La explicación consistió en aceptar que el exceso de calor suministrado durante la expansión térmica de un gas a presión constante se convertía en trabajo realizado por el gas contra la presión atmosférica durante dicho proceso. De acuerdo con estas observaciones, Mayer en 1840 calculó un equivalente mecánico del calor muy parecido al que posteriormente Joule obtuvo por diferentes métodos.

Sin embargo, la formación en física y en matemáticas de Mayer no era muy buena, resultando difícil y confusa la interpretación de su concepto de fuerza, y debido a ello tuvo problemas a la hora de intentar publicar sus trabajos.

James Prescott Joule (1818-1889) un alumno de John Dalton, paralelamente en tiempo y siguiendo un camino muy distinto al de Mayer, en 1843 publicó un trabajo titulado “*On the Caloric Effects on Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat*” en el cual mostraba que en las máquinas eléctricas el trabajo mecánico se convertía en calor y además determinaba experimentalmente el valor de su equivalencia. De todos los experimentos que realizó, el más famoso lo publicó en 1850 y en el cual empleaba el trabajo mecánico de una rueda de paletas para calentar agua por fricción.

Muchos de estos experimentos tuvo que repetirlos muchas veces con aparatos cada vez mejores, llevándolo a enunciar, en 1849, dos grandes resultados (Cuaderno de cultura científica, 2017):

1. La cantidad de calor que se produce por la fricción de dos cuerpos, sólidos o líquidos, siempre es proporcional a la cantidad de energía gastada.



2. La cantidad de calor, medida en calorías, que es capaz de incrementar 1°C la temperatura de 1 Kg de agua, requiere una variación de la energía mecánica que viene representada por la caída de 1 m de un peso de 4,180 Newtons.

Con la primera afirmación, Joule demuestra que el calor es una forma de energía y no un fluido, tal y como defendía la teoría del calórico. Con la segunda afirmación, Joule proporciona una magnitud numérica de la proporción entre la energía mecánica (trabajo mecánico) y la cantidad equivalente de energía térmica (calor). Esta magnitud se conoce como equivalente mecánico del calor, estableciéndose a principios del siglo XX que su valor es de 4,186 Julios.

En estos experimentos que Joule realizó, ya demostraba **el principio de conservación de energía** (siendo Herman von Helmholtz en 1847 el que dio la primera redacción clara sobre este principio), y aunque le pidieron que hiciera una breve explicación del mismo, debido al poco interés que generaba, Joule escribió:



“Eso intenté hacer, y, sin que hubiese comunicación alguna, la información pudo haber pasado sin comentario, si un hombre joven no se hubiese levantado y creado, por sus inteligentes observaciones, un avivado interés sobre la nueva teoría. Este joven era William Thomson, lord Kelvin” (Bartell, 2001)

Lord Kelvin fue quien diferenció implícitamente y de forma temprana los conceptos de temperatura y calor.

Si dos cuerpos son puestos en contacto, y ninguno da calor al otro, sus temperaturas deben ser las mismas; pero si uno da calor a los demás, su temperatura debe ser más alta.

(Thomson. -Lord Kelvin-. 1852).

Cuando en 1847 Lord Kelvin conoció las ideas de Joule no podía aceptar que el calor se pudiera convertir en trabajo. Parece que podría aceptar que el trabajo se convirtiese en calor, debido a que los experimentos de Joule de generación de calor por fricción parecían bastante creíbles.

A la luz de los paradigmas vigentes en termodinámica, que consideran que tanto el calor como el trabajo pueden definirse solamente en términos de procesos. Así, cuando



“la energía de un sistema cambia como resultado de una diferencia de temperatura entre el sistema y el entorno, se considera que la energía ha sido transferida por calor”
(Atkins & de Paula, 2008)

Asimismo se define el trabajo como la ***“transferencia de energía a través de la frontera de un sistema asociada a un cambio en las variables macroscópicas”*** (Laplace, s.f.).



CONCEPTO DE ENERGÍA

Hasta el siglo XVII no se tenía una percepción clara de lo que era la energía, o de los distintos tipos de energía que hoy conocemos. En esa época la mayoría de los científicos se centraban en el movimiento de los cuerpos. Sin embargo, a medida que los experimentos fueron mejorándose, surgieron algunos problemas que requerían la introducción de nuevos conceptos.

Para resolver el problema de las variaciones de movimiento que tienen lugar cuando unos cuerpos chocan con otros, Christian Huygens (1629-1693) propuso en 1669, una regla que dice que la suma de la masa de los productos por el cuadrado de la velocidad de cada uno de ellos ($m \cdot v^2$) permanece constante antes y después del choque de una colisión perfectamente elástica. A este producto lo llamó *vis viva*.

El concepto de *vis viva* se empleó como base de la teoría mecánica de Gottfried Wilhelm Leibnitz, filósofo y científico alemán, quien años más tarde retomó este término para atacar la física de Descartes (1596-1660), manteniendo la *vis viva* como la verdadera medida del movimiento, lo cual contradecía el punto de vista geométrico de Descartes. Aunque Leibnitz se dio cuenta de que la *vis viva* dependía del peso del cuerpo y de la distancia recorrida, fue Sadi Carnot (1763-1823) quien la relacionó con el producto del peso por la altura, al que llamó *fuerza latente* (Solís & Sellés, 2005).

El primer pensador en emplear el término “energía” fue Thomas Young (1773-1829) quien escribió: “*El término energía puede aplicarse, con gran propiedad, al producto de la masa o peso de un cuerpo por el cuadrado del número que expresa su velocidad*” (Porrás Contreras, 2006).

Más tarde, en 1829, Gaspard de Coriolis en su obra “*Du calcul de l’effet des machines*” designó con el término “trabajo” al producto de la integral de la fuerza y la distancia, siendo la primera vez que aparece el nuevo concepto.



ENERGÍA INTERNA Y PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

La introducción del concepto de trabajo, en el siglo XIX, fue decisiva para el establecimiento de la conservación de la energía, ya que fue un gran paso para establecer la equivalencia entre calor y trabajo y la medida del equivalente mecánico del calor.

La transformación de unas formas de energía en otras en un sistema aislado o entre sistemas que interactúan fue lo que condujo al establecimiento del principio de conservación de energía, dando lugar al origen de la termodinámica como síntesis de dos ciencias: la mecánica y el calor.

Aunque distintos autores descubrieron este principio de forma autónoma con sus experimentos (Mayer, Joule y Helmholtz), fue Helmholtz en 1847 el primero en aplicarlo (Solbes & Tarín, 2008).

Teniendo en cuenta el análisis histórico de los conceptos de calor, trabajo y energía, sabemos que el trabajo y el calor no son formas de energía ya que, de acuerdo con el experimento de Joule, el trabajo no se convierte en calor, sino que se produce una variación de la energía interna del sistema. Por lo tanto, el calor no está contenido dentro de los cuerpos, es decir no es una función de estado (Porras Contreras, 2006).

Es necesario recalcar la importancia de los conceptos estudiados (calor, trabajo, energía y temperatura) para poder establecer un aprendizaje significativo de la termodinámica. Con el objetivo de establecer una relación entre la ley general de conservación de la energía y la teoría cinético-molecular, von Helmholtz dedujo el principio de conservación de la energía, que constituye el primer principio de la termodinámica. Para ello, partió de la teoría mecánica del calor, explicando que:

El calor libre podría interpretarse a través del movimiento térmico de los átomos y el calor latente como fuerzas de tensión acumulada entre ellos. El calor de las reacciones químicas podría asimilarse a una fuerza viva interpretadas como fuerzas de tensión producidas en el cambio de configuración entre el estado inicial y el estado final de la reacción química, por lo que el calor de reacción solo dependería de dichos estados y no dependería de los estados intermedios seguidos en la reacción. (Helmholtz, 1847).



Hoy en día, de acuerdo con el paradigma actual, sabemos que el calor no es una función de estado. Algunos autores, como Duhem (1910) afirmaban que el calor no es una forma de energía, poniendo como ejemplo concreto que la energía interna puede depender de tres términos: energía fisicoquímica (asociada a la temperatura, estado físico y constitución química), energía eléctrica y energía magnética (Furió Gómez, Solbes, & Furió Mas, 2007).

Teniendo en cuenta las afirmaciones anteriores, la primera ley de la Termodinámica viene dada por la definición de la variación de la Energía Interna del sistema que se define como el resultado de la suma del calor (Q) transferido durante el proceso y el trabajo (W) realizado sobre el sistema durante dicho proceso.

$$\Delta U = Q + W \quad (1)$$

A la vista de la Ecuación 1, podemos deducir que los cambios en un sistema están asociados a cualquiera de los tres términos que aparecen. Esta primera ley, muy general, puede precisarse mostrando la igualdad en el cambio de energía interna de un sistema y la energía intercambiada con otro sistema. Esta explicación puede ayudar a comprender mejor el concepto de energía interna mediante la adición de un nuevo término. De esta manera:

$$\Delta U = Q + W + R \quad (2)$$

Donde el término R describe la radiación absorbida por las partículas del sistema. De esta forma, mientras que el calor Q se asocia con el cambio de energía cinética de las partículas (generalmente mediante choques entre las propias partículas del sistema y las del entorno) y el trabajo W se asocia con un cambio en la interacción del sistema con el entorno (que puede abarcar un cambio de volumen, de orientación, etc.); la radiación R se asocia con un cambio en la propia energía de la partícula, que mediante absorción o emisión de radiación, en forma de fotones, puede afectar a los otros dos términos (Porrás Contreras, 2006), (Alonso & Finn, 1997).

Este modelo permite entender mediante el uso de partículas el concepto de energía interna, proporcionando un concepto completo de energía, dando explicación a los problemas que se plantearon durante los siglos anteriores.



6.3 ANEXO III: CUADERNO DE PRÁCTICAS ELABORADO PARA EL ALUMNADO

EXPERIENCIA PRÁCTICA

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR: Experimento de Joule

Asignatura: Física y Química

Curso: 1º Bachillerato

Unidad: Procesos termodinámicos

Elaborado por: Elena Álvarez González

1 PREGUNTAS INICIALES

1. Realiza las siguientes transformaciones de unidades.

a) 12 KJ \rightarrow cal

b) 30 cal \rightarrow J

c) 27 °C \rightarrow K

d) 120 mL de agua \rightarrow gramos

**Nota: densidad del agua: 1,00 g/cm³; 1 cal= 4,28 J*

2. Define con tus palabras el término “caloría”. ¿Son las calorías buenas o perjudiciales para nuestro organismo?

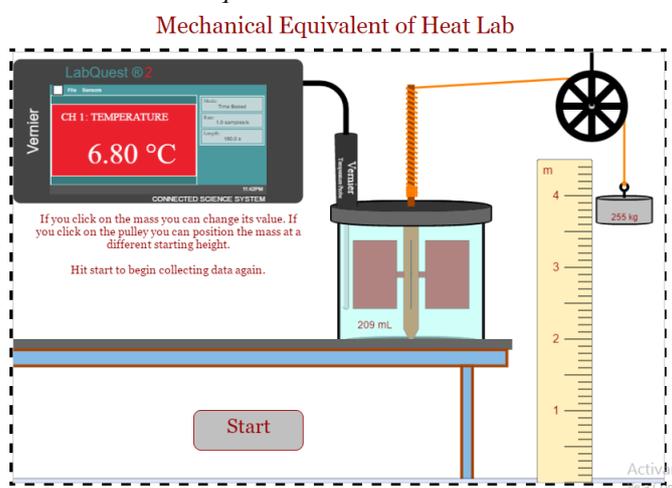


2 OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

El objetivo de esta práctica es explicar de forma razonada el procedimiento a realizar para la determinación del equivalente mecánico del calor.

Para conseguir este objetivo, en esta práctica se va a emplear como referencia una aplicación virtual “*The physics aviary*” en la cual se pueda simular el experimento de Joule, de tal forma que, a través de esta aplicación los estudiantes sean capaces de calcular el equivalente mecánico del calor y poder proponer así un procedimiento para la determinación del mismo.

Imagen 1. Simulación del cálculo del equivalente mecánico del calor usando “*The physics aviary*”.



3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La energía puede presentarse de diferentes formas (cinética, eléctrica, calorífica, etc.), las cuales pueden transformarse unas en otras.

El calor es una forma de energía en tránsito entre dos cuerpos. La comprobación de que el calor es una forma de energía fue uno de los pilares que gobernó en el siglo XIX, y se comprobó a través de diferentes experimentos basados en transformar la energía mecánica en calor. Por ello, la transformación de energía mecánica (trabajo, medido en julios) en calor (Q), se denomina ***equivalente mecánico del calor***.

Fue James Prescott Joule (1818-1889), en 1843 publicó un trabajo titulado “*On the Caloric Effects on Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat*” en el cual mostraba que en las máquinas eléctricas el trabajo mecánico se convertía en calor y que

esta transformación siempre ocurría en la misma proporción. Además determinó experimentalmente el valor de su equivalencia.

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} // 1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

**Un julio es la energía que se obtiene cuando una fuerza de un newton produce un desplazamiento de un metro.*

Por lo tanto, se puede definir el equivalente mecánico del calor como la cantidad de energía mecánica (trabajo) necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado Celsius.

Esta práctica está diseñada para estudiar la transformación de energía mecánica en calor a través de simulaciones del experimento de Joule.

En el experimento que Joule realizó utilizó una masa de agua (m) a una temperatura inicial T_0 , cuyo calor específico es $1 \text{ cal}/^\circ\text{C}\cdot\text{g}$, esta masa de agua se calienta hasta una temperatura final T_f , cuando unas paletas agitan el baño. El calor necesario es:

$$Q \text{ (cal)} = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_0) \quad (\text{Ec. 1})$$

Para mover estas paletas se aprovecha la energía mecánica (trabajo, W) de una masa (M), que cae desde una altura (h) mediante un hilo que acciona del movimiento de giro. La energía mecánica implicada es energía potencial E_p que se libera en el proceso

$$E_p \text{ (J)} = M \cdot g \cdot h \quad (\text{Ec. 2})$$

Joule demuestra mediante este experimento que entre ambas formas de energía existe una relación constante: el ***equivalente mecánico del calor***.

$$\text{Equivalente mecánico del calor (J/cal)} = W/Q \quad (\text{Ec. 3})$$

3.1 VARIABLES:

- M es la masa del bloque que cuelga.
- h es el desplazamiento vertical de la masa que cuelga.
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- m es la masa de agua del calorímetro.
- T_0 es la temperatura inicial del agua ($^\circ\text{C}$)
- T es la temperatura final ($^\circ\text{C}$)

- c es el calor específico del agua (por definición $c = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$)

4 DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Se llevará a cabo una simulación del experimento de Joule en un calorímetro con el objetivo de que los alumnos sean quienes desarrollen en proceso a seguir para la determinación del equivalente mecánico del calor, es decir, la relación entre la unidad de energía ($J = \text{Julio}$) y la unidad de calor ($\text{cal} = \text{caloría}$).

Para ello se va a emplear un calorímetro que es un recipiente aislado térmicamente (no intercambia ni materia ni energía con el entorno). Dicho calorímetro contiene:

- Cierta cantidad de agua, cuya temperatura se mide con un termómetro.
- Un eje con unas paletas que se ponen en movimiento por la acción de una pesa.

5 PROCEDIMIENTO

1. Introducir en el buscador el enlace que nos llevará a la aplicación:

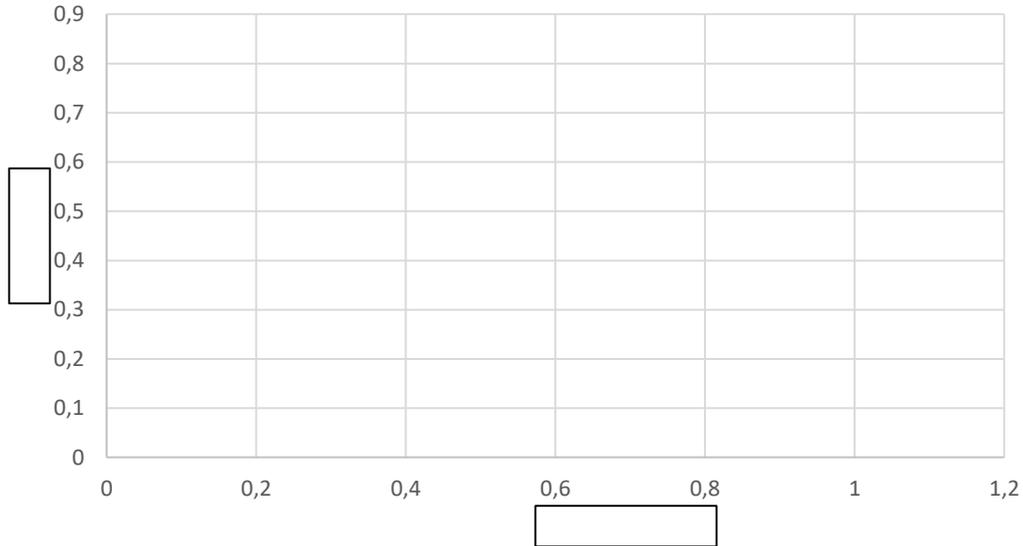
<http://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/MechanicalEquivalentOfHeatLab/index.html>

2. Fijar las condiciones que se indican en la siguiente tabla, y mediante el botón de **Inicio/Pausa** completar el resto de datos de dicha tabla. Se realizarán 6 experiencias, en las que se anotarán los datos de la medida inicial y de la medida final.

Experiencia	Masa del peso que cuelga (kg)	Distancia de caída (m)	Volumen de agua (mL)	Masa de agua del calorímetro	Medidas (Inicio y pausas)	W = pérdida de Ep (J)	W = Calor absorbido (cal)	T ($^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)
1	255	4	209		inicial			6,80	
					final				
2	255	3,5	209		inicial			6,80	
					final				
3	255	3	209		inicial			6,80	
					final				
4	255	2,5	209		inicial			6,80	
					final				
5	255	2	209		inicial			6,80	
					final				
6	255	1	209		inicial			6,80	
					final				

3. Para las 6 experiencias llevadas a cabo, representa los valores del trabajo realizado (W-Julios), en el eje OY, frente al calor absorbido por el agua (W-cal) en el eje OX.

Gráfico W/Q



4. Calcular la pendiente de la recta. Tened en cuenta que para calcular la pendiente de la recta sólo se necesitan dos puntos de la misma (intentad que no sean muy próximos).

$$\text{pendiente } (m) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (\text{Ec.4})$$

Cuestión 1: Teniendo en cuenta los datos representados en el gráfico y la ecuación 4, ¿qué representa la pendiente?

5. Comprueba, haciendo uso de la siguiente ecuación y del factor de conversión medido, que el calor específico del agua dado es el correcto.

$$C_e = \frac{M \cdot g \cdot h}{m \cdot (T_f - T_0)}$$

Experimento	Calor específico del agua
1	
2	
3	
4	
5	
6	

6 CUESTIONES

2. Exactamente, ¿qué significa que el calor específico del agua es 4180 J/(kg·°C)?

3. Compare el valor del equivalente mecánico, J, obtenido experimentalmente con su valor teórico. Justifique las posibles discrepancias.

7 TAREA

1. Describir de forma detallada el procedimiento a seguir para determinar el equivalente mecánico del calor, tomando como ayuda la experiencia realizada.





6.4 ANEXO IV: PROPUESTA DE ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Questiones de razonamiento

Actividad 1:

Para los siguientes procesos termodinámicos indica razonadamente el signo del calor, el trabajo y la energía interna.

Proceso termodinámico que tiene lugar cuando un sistema formado por una esfera metálica a 100 °C se introduce en un baño de agua a 0 °C.	Q W U
Proceso termodinámico que tiene lugar cuando un sistema formado por un termo que contiene café a 40 °C, se introduce en una nevera a 5 °C.	Q W U

Actividad 2:

Un día caluroso de verano, Ana está estudiando en su habitación, perfectamente aislada, y pretende hacer frente al calor encendiendo un ventilador. Al cabo de tres horas, la temperatura de la habitación es superior a la inicial. ¿Cómo explicarías este hecho?

Actividad 3:

Expresa con tus palabras qué se entiende por variables termodinámicas, diferenciando entre variables extensivas e intensivas.

- b) ¿Cuándo se consideran éstas funciones de estado?
- c) Clasifica las siguientes magnitudes según sean variables extensivas o intensivas:
Temperatura, energía interna, calor específico, pH, concentración molar y trabajo.



Problemas numéricos

Actividad 1 (Müller, 2002):

Un mol de un gas a 25 °C y una presión de 1 bar se calienta y comprime en un sistema cilindro-pistón hasta 350 °C y 5 bar. Suponiendo que el proceso se puede llevar a cabo de las siguientes tres maneras:

- compresión isotérmica hasta 5 bar seguido de un calentamiento isobárico hasta 350 °C;
- calentamiento isobárico hasta 350 °C seguido de una compresión isotérmica hasta 5 bar;
- compresión adiabática hasta 5 bar seguido por un enfriamiento o calentamiento, si es necesario hasta 350 °C.

Calcule el trabajo y el calor por cada camino y muestre los procesos en diagramas P-V. Considere el gas de comportamiento ideal con $C_p = 38 \text{ J/mol K}$.

Actividad 2:

Cuando se pone agua a hervir en una olla, tiene lugar un proceso termodinámico a presión constante de 0.987 atm. Si en este proceso se realiza un trabajo de 850 J:

- ¿Cuál será la variación de energía interna del proceso termodinámico, si durante el mismo se desprende un calor de 2150 J?
- ¿Qué variación de volumen tiene lugar en el proceso?

Datos: 1 atm = 101325 Pa.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F. (1998). *The influence of history of science course on students' conceptions of the nature of science*. Oregon.
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2015). Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1-20.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. d. (2016). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422.
- Allchin, D. (2003). Scientific Myth-Conceptions. *Science & Education*, 329-351.
- Alonso, M., & Finn, E. (1997). On the notion of internal energy. *Physics Education*, 4(32), 256-264.
- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. *Revista de Educación*, 13(24), 76-92.
- Astolfi, J. (1987). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas*. Valencia.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2008). *Química Física* (8ª ed.). Editorial Médica Oanamericana.
- Barlet, R., & Mastrot, G. (2000). L'algorithmistion-refuge, obstacle a la conceptualisation. L'exemple de la thermochimie en ler cycle universitaire. *Didaskalia*(17), 123-159.
- Borge Álvarez, J., & Álvarez-Rúa Álvarez, C. (s.f.). *Recursos didácticos para la enseñanza de la termodinámica clásica*. Recuperado el 24 de 01 de 2017, de <http://www.unioviado.es/jborge/materiales-didacticos/recursos-didacticos-para-la-ensenanza-de-la-termodinamica-clasica/>
- Bueno Pérez, F., & Manzano Diosdado, D. (2013). Técnicas Montecarlo para la enseñanza de la estadística. *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*, 579-585. Granada.
- Castro García, E., Gómez Fernández, P., & Llavona Díaz, L. (2012). La historia de la ciencia como recurso didáctico en Física y Química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y Sociedad*(8), 68-88.
- Clough, M. (2010). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7), 701-717.
- Cuaderno de cultura científica*. (2017). Recuperado el 29 de 05 de 2017, de Los experimentos de Joule: <https://culturacientifica.com/2017/05/09/los-experimentos-joule/>
- De la Torre, S. (1994). *Inovación curricular: Proceso, estrategias y evaluación*. Madrid: Dykinson.

- Eggen, P., & Kauchak, D. (2001). *Educational psychology: windows on classrooms*. Upper Saddle River, N.J. : Merrill Prentice Hall.
- EURYDICE. (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Obtenido de <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>
- Fernández González, M. (2005). Contenidos procedimentales en los textos de física del siglo XIX. *Enseñanza de las Ciencias*, 1-4.
- FISICALAB. (19 de 04 de 2017). Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/primer-principio-termo#contenidos>
- Flórez, O. (1994). *Hacia una pedagogía del conocimiento*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., Smith, M., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415.
- Furió Gómez, C., Sobes Matarredona, J., & Furió Más, C. (2006). Análisis crítico de la presentación del tema de Termodinámica en libros de texto de Bachillerato y Universidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*(20), 47-68.
- Furió Gómez, C., Solbes, J., & Furió Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(4), 461-475.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- García Peñalvo, F. (2015). Mapa de tendencias en Innovación Educativa., 16, págs. 6-23.
- Gilbert, K., & Watts, M. (1983). Conceptions, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*(10), 61-98.
- Gribbin, J. (2011). *Historia de la ciencia 1543-2001*. Crítica.
- Holmes, N. G., Wieman, C. E., & Bonn, D.A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(112), 11199-11204.
- Johnstone. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*(7), 75-83.
- Laplace. (s.f.). (D. d. III, Productor, & Universidad de Sevilla) Recuperado el 29 de 3 de 2017, de Trabajo en termodinámica (GIE): [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Trabajo_en_termodin%C3%A1mica_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Trabajo_en_termodin%C3%A1mica_(GIE))
- Laplace. (s.f.). (D. d. III, Productor, & Universidad de Sevilla) Recuperado el 19 de 04 de 2017, de [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Problemas_del_primer_principio_de_la_termodin%C3%A1mica_\(GIE\)#Calor_en_el_calentamiento_de_un_gas](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Problemas_del_primer_principio_de_la_termodin%C3%A1mica_(GIE)#Calor_en_el_calentamiento_de_un_gas)
- Laplace. (19 de 04 de 2017). (U. d. Sevilla, Productor, & Departamento de Física Apliada III) Obtenido de http://laplace.us.es/wiki/index.php/Calentamiento_de_un_gas_a_volumen_y_a_presi%C3%B3n_constante#Enunciado
- Martínez, J., & Pérez, B. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(15), 287-300.

- Mathews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*(12), 255-277.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263.
- McGlashan, M. (1979). Chemical thermodynamics. London, UK: Academic Press.
- Méndez, D., & Slisko, J. (2014). La historia en los libros de texto de física y química para secundaria: las diferentes formas de presentar la información histórica y las opiniones relacionadas de los alumnos. *Revista Mexicana de Física E*(60), 66-74.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science & Education*, 81(4), 405-424.
- Müller, E. (2002). *Termodinámica Básica*. Publidisa SA.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.
- NGSS. (2013). *The Next Generation Science Standards: For States, by States*. National Academy of Sciences, Washington.
- Perales Palacios, F., & Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Porras Contreras, Y. (2006). El análisis histórico, epistemológico y didáctico como una concreción del modelo de aprendizaje de la termodinámica por investigación. *Tecne, Episteme y Didaxis*(20), 17-41.
- Sein-Echaluze Lacleta, M., Fidalgo Blanco, Á., & Garcia Peñalvo, F. (2013). Buenas prácticas de innovación educativa. *II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*.
- Solaz Portolés, J., & Moreno Cabo, M. (1998). Enseñanza/aprendizaje de la ciencia versus historia de la ciencia. *Educación Química*, 9(2), 80-85.
- Solbes, J., & Tarín, F. (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*(22), 155-180.
- Solbes, J., & Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias*, 1(14), 103-112.
- Solís, C., & Sellés, M. (2005). *Historia de la Ciencia*. Espasa-Calpe.
- Stinner, A., McMillan, B., Metz, D., Jilek, J., & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in science education. *Science & Education*, 12(7), 617-463.
- Talanquer, V. (2015). La importancia de la evaluación formativa. *Educación Química*(26), 177-179. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.001>

