

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIA**  
**Departamento de Física**



**Propuesta de refinamiento de un material didáctico desde un diseño tradicional hasta un diseño que modelice el concepto de energía en el contenido de termodinámica**

**Melissa Nicole Calderón Sagredo**  
**Carlos Matías Núñez Quitral**  
**Loreto De Los Ángeles Vergara Bello**

**Seminario de Grado para optar al Grado de Licenciado en Educación de Física y Matemática**

**Profesores Guías:**  
**Nicolás Andrés Garrido Sánchez**  
**Macarena Belén Soto Alvarado**

**Santiago – Chile**

**2015**

265596 © Melissa Nicole Calderón Sagredo, 2015.

Carlos Matías Núñez Quitral, 2015.

Loreto De Los Ángeles Vergara Bello, 2015.

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial Chile 3.0

**PROPUESTA DE REFINAMIENTO DE UN MATERIAL DIDÁCTICO DESDE UN  
DISEÑO TRADICIONAL HASTA UN DISEÑO QUE MODELICE EL CONCEPTO DE  
ENERGÍA EN EL CONTENIDO DE TERMODINÁMICA**

MELISSA NICOLE CALDERÓN SAGREDO  
CARLOS MATÍAS NÚÑEZ QUITRAL  
LORETO DE LOS ÁNGELES VERGARA BELLO

Este trabajo de graduación fue elaborado bajo la supervisión de los profesores Nicolás Garrido Sánchez y Macarena Soto Alvarado y ha sido aprobado por los miembros de la Comisión Calificadora, Sra. Leonor Huerta Cancino y Srta. Bárbara Ossandón Buljevic.

---

Leonor Huerta Cancino  
Comisión Calificadora

---

Bárbara Ossandón Buljevic  
Comisión Calificadora

---

Nicolás Garrido Sánchez  
Profesor Guía

---

Yolanda Vargas Hernández  
Directora

---

Macarena Soto Alvarado  
Profesora Guía

## Resumen

Uno de los conceptos físicos que está presente frecuentemente en nuestro entorno es el de la energía, pudiéndose ocupar en una infinidad de contextos, tanto cotidianos como escolares y que por esta misma razón es que se le asocia una dificultad inherente al momento de estudiarla y enseñarla, llevando a preguntarnos en qué nos tendríamos que basar para hablar correctamente de ella. Este Seminario de Grado persiguió potenciar un modelo de energía basado en tres ideas claves, acordes con el conocimiento científico vigente, entendiéndola como una propiedad asociada a la configuración de un sistema, transfiriéndose por medio de dos mecanismos llamados calor y trabajo, y además degradándose en sistemas abiertos y conservándose en los aislados.

Para tal fin, se realizó la optimización iterativa de un material didáctico, intentando que cada vez se acercara más a un diseño modelizador de las ideas recién mencionadas. En base al Paradigma de la Investigación Basada en el Diseño, se efectuaron distintas instancias de diseño, aprobación, análisis y rediseño, dando como resultado una propuesta didáctica sustentada tanto teórica como empíricamente. A través de análisis cualitativos e interpretativos, se encontró que sólo un 8% de los estudiantes, que participaron en el estudio, no lograron apropiarse de las ideas de energía aludidas, mientras que un 92% finalizaron las implementaciones hablando en términos referentes a, por lo menos, una de las tres ideas, fortaleciendo y acercando sus modelos de energía al que se pretendía fomentar.

**Palabras claves:** Energía. Termodinámica. Modelización. Investigación Basada en el Diseño, Transferencia de energía a través de calor y trabajo. Sistema. Degradación de Energía.

## **Abstract**

One of the physical concepts that is often present in our environment is the energy and it can be used in several contexts such as quotidian or in schools. Therefore, it is associated with an inherent difficulty when it is studied and taught, leading us to wonder what we must base on in order to speak about it properly. This Seminar pursued to enhance an energy model based on three key ideas related to the current scientific knowledge. So, it is understood as property associated to a system configuration that is transferred by two mechanisms called heat and work, and also, it is degraded in open systems and preserved in isolation.

To this aim, we did an iterative optimization of a didactic material, trying that each time it gets closer to a renderer design of the ideas just mentioned. We based this work on the Design-based Research, where there were constant instances of design, approval, analysis and redesign, and finally we presented a proposal supported both theoretically and empirically. Through qualitative and interpretative analysis, we found that only 8% of students who participated in the study failed to appropriate the mentioned ideas about energy, while 92% of them finished the implementations speaking in terms related to at least one of the three ideas, strengthening and closing their energy models to the one we intended to foster.

**Keywords:** Energy. Thermodynamics. Modelling. Design-based Research. Transfer of Energy through heat and work. System. Energy degradation.

## **Agradecimientos**

Cumplida esta etapa, me gustaría comenzar agradeciendo a mis padres y hermanos, por acompañarme en todos los momentos importantes de mi vida, apoyarme en mis locuras y enseñarme que siempre debo perseguir, independiente de su dificultad, el camino que me haga completamente feliz.

También, a todas aquellas personas que participaron en este trabajo, en especial a Macarena y Nicolás, por guiarnos de manera comprometida, profesional y acogedora.

Finalmente, a Matías y Loreto, por su paciencia, aguante y sincera amistad.

*Melissa Calderón Sagredo*

Es mi deseo, como un gran gesto de agradecimiento, dedicarles este Seminario de Grado a las personas más importantes en mi vida: mi familia. A mis padres, Julia Quitral y Carlos Núñez, a mi hermana Paula y a mi hermano Oscar, por su apoyo incondicional, por estar ahí siempre que los necesitaba, por soportarme en los días buenos, en los malos y en los peores. El amor y cariño que me entregan día a día es lo que me permitió seguir adelante para lograr una de las primeras grandes metas en mi vida. Sé que puedo contar con ustedes para lo que necesite y que siempre me respaldaran en las decisiones que tome. Los amo con todo mi corazón.

Agradecer de todo corazón a las personas que me ayudaron y con las que logramos realizar este proyecto, como lo son mis compañeras de tesis, Melissa y Loreto. Son años de amistad que han ido fortaleciéndose en el paso de estos; los días y las tardes de trabajo, estudio y sacar la vuelta nos hicieron valorar aún más la amistad que ya teníamos, ya que si bien podíamos pelear por tonteras en ciertos momentos, yo por mi parte me sentía a gusto compartiendo y pasando el tiempo con ustedes. Por esto, y mucho más, es que espero que nuestra amistad perdure y podamos recordar este tiempo juntos como algo inolvidable.

Mis profesores guías, Macarena y Nicolás, sobre todo mi Maquita, se merecen el cielo por ayudarnos, soportarnos y comprendernos en todo momento, defendiéndonos a morir como si fuéramos sus cachorros. Sin ustedes esto quizás no hubiera sido lo mismo, ni habría salido tan bien como lo fue. Solo me queda darles mis gratitudes, por ser tan buenos profesores y amigos dentro de lo que compartimos.

Gracias también a las personas que, de una u otra forma, aportaron en mi vida profesional y personal, por lo que me gustaría mencionar a personas como: Matías Mesías, Cristopher Ríos, Alex Medina por ser mi grupo incondicional de amigos. Sin olvidar a personas que pusieron su granito de alegría en mí día a día, le agradezco de todo corazón a Camila González, Paula Astorga, Mario Candía, Ignacia Galli, Nayareth Quirola, Cyntia Huerta, Osvaldo Tapia, entre otros, por compartir momentos importantes que fueron influyentes en algún aspecto de mi vida universitaria.

Quiero entregar un reconocimiento y gesto de afecto a las distintas personas que fueron parte de mi ciclo futbolístico universitario, como los de mi primer equipo, Sábanas Mojadas, que me recibieron siendo cachorro y con los cuales compartimos muchas alegrías. Por otro lado, a los jugadores pertenecientes a Newton F.C y a mi generación LEFM 2011, que me brindaron momentos inolvidables al jugar con ellos. Mil gracias, no podría pedir mejores amigos y compañeros para compartir esta pasión que tengo por el fútbol.

Muchas gracias a toda esta gente y más, por brindarme la alegría y fortaleza, que me hicieron disfrutar a concho lo que fueron estos 5 años en mi amada USACH.

Matías Nuñez Quitral

*“Al final del viaje está el horizonte,  
Al final del viaje partiremos de nuevo,  
Al final del viaje comienza un camino,  
Otro buen camino...”*

En primer lugar agradecer a Dios por estar finalizando esta etapa que en algún momento vi tan lejana. Agradezco a toda mi familia, en especial a mis padres, Marty y Leo, y mi hermano Javier por todo el apoyo brindado, no sólo ahora, si no que durante toda mi vida y en todas mis decisiones, por darme su confianza y entregarme las herramientas que han permitido que en este momento esté aquí, sin lugar a duda este logro es de todos nosotros.

Agradecer también a nuestros profesores guías Macarena y Nicolás por acompañarnos en todo este proceso, por la paciencia, los consejos y el apoyo brindado durante el desarrollo de este Seminario de Grado. Y a nuestras profesoras correctoras, Srta. Bárbara Ossandón y Sra. Leonor Huerta, por sus acotaciones y buena disposición hacia nuestro trabajo.

Gracias a todas y cada una de las personas que formaron parte de mi vida en el transcurso de estos cinco años, a los que se quedaron atrás y a los que siguen en el mismo camino (Gerald, Cony, Carlos, Rodrigo, Diego, Maka y Thania). Y gracias querida USACH por poner en mi camino a personas tan lindas como lo son mis amigos Camila, Geraldine, Mesías, Poli, Yasna y Cristofher.

Finalmente, agradecer a quienes han permitido que en este momento esté finalizando esta hermosa etapa, mis compañeros de tesis, Melissa y Matías gracias por su amistad, paciencia infinita, contención en momentos difíciles y risas el resto del tiempo, los quiero montones.

*Gracias totales por las mil horas*  
**Loreto Vergara Bello**

## Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Planteamiento del Problema .....	3
1.1 Preguntas de investigación .....	4
Capítulo 2. Marco Teórico.....	5
2.1 Estudio de la energía en la termodinámica.....	5
2.2 Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de energía .....	7
2.3 Propuesta de enseñanza en torno a la energía.....	9
2.4 Prácticas científicas .....	11
2.5 Modelización .....	14
2.6 Investigación Basada en el Diseño (Design-Based Research, DBR) .....	16
Capítulo 3. Metodología de la Investigación .....	17
3.1 Paradigma y enfoque de la investigación .....	17
3.2 Contexto y participantes.....	18
3.3 Con respecto al Trabajo Práctico.....	18
3.4 Descripción del Material Didáctico.....	19
3.5 Proceso de refinamiento y etapas de recogida de datos.....	21
3.6 Estrategias e instrumento de recolección de datos .....	23
3.7 Metodología de Análisis de Datos .....	24
3.7.1 Redes Sistémicas para el análisis de las respuestas de los estudiantes.....	24
3.7.2 Categorías de las redes sistémicas .....	25
3.7.3 Proceso de refinamiento del material didáctico .....	27
Capítulo 4. Resultados .....	29
4.1 Primer Bloque .....	30
4.1.1 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico finalizada la primera etapa .....	30
4.2 Segundo bloque .....	37

4.2.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la segunda etapa .....	37
4.2.2 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico.....	49
4.3 Tercer bloque .....	54
4.3.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la tercera etapa .....	54
4.3.2 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico.....	64
4.4 Cuarto Bloque .....	72
4.4.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la cuarta etapa	72
4.5 Resultados globales respecto a las tres ideas .....	74
Capítulo 5: Conclusiones .....	75
5.1 Respecto a las estrategias metodológicas .....	75
5.2 Respecto al refinamiento del material didáctico .....	76
5.3 Respecto a las ideas del modelo de energía a potenciar .....	78
5.4 Respecto al ejercicio docente .....	79
5.5 Respecto a los aportes y las proyecciones de este Seminario de Grado .....	79
Referencias Bibliográficas.....	81
Apéndice .....	85
Apéndice 1. Diseño didáctico N°1 .....	85
Apéndice 2. Diseño didáctico N°2.....	95
Apéndice 3. Diseño didáctico Final.....	105
Apéndice 4. Indicaciones al docente .....	117
Apéndice 5. Instrumentos de recolección de datos .....	130
- Preguntas seleccionadas del diseño didáctico N°1 .....	130
- Preguntas seleccionadas del diseño didáctico N°2.....	133
- Preguntas seleccionadas del diseño didáctico Final .....	137
Anexo .....	138
Anexo 1. Diseño Inicial Tradicional.....	138

## Índice de tablas

### Capítulo 2

Tabla 2.1 Aprendizajes esperados que aborda el programa de estudio referente a termodinámica en cuarto año de enseñanza media. (MINEDUC, 2009, pp. 35-49) .....	6
---	---

### Capítulo 3

Tabla 3.1 Etapas de recogida de datos del material didáctico. ....	23
Tabla 3.2. Transferencia de materiales de Pintó y otros (2013) .....	28

### Capítulo 4

Tabla 4.1. Tabla de cambio N°1, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la primera etapa .....	31
Tabla 4.2. Análisis porcentual de las respuestas con respecto al origen de la energía .....	40
Tabla 4.3. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transformación de energía. ....	41
Tabla 4.4. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transferencia de energía. ....	42
Tabla 4.5. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la degradación de energía. ....	44
Tabla 4.6. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la conservación de energía. ...	45
Tabla 4.7. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a procesos y observables. ....	46
Tabla 4.8. Tabla de cambio N°2, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la segunda etapa .....	50
Tabla 4.9. Análisis porcentual de las respuestas con respecto al origen de la energía. ....	57
Tabla 4.10. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transformación de energía. ....	58
Tabla 4.11. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transferencia de energía. ....	59
Tabla 4.12. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la degradación de la energía. ....	60
Tabla 4.13. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la conservación de la energía. ....	61
Tabla 4.14 Tabla de cambio N°3, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la tercera etapa .....	65

## Índice de figuras

### Capítulo 3

Figura 3.1 Montaje experimental del Diseño Didáctico. .... 19

Figura 3.2. Proceso de refinamiento del material didáctico en los distintos diseños. .... 22

### Capítulo 4

Figura 4.1. Red sistémica N°1. Respuestas de los estudiantes al inicio de la primera implementación ..... 38

Figura 4.2. Red sistémica N°2. Respuestas de los estudiantes al final de la primera implementación. .... 39

Figura 4.3. Red Sistémica N° 3. Respuestas de los estudiantes al inicio de la segunda implementación ..... 55

Figura 4.4. Red sistémica N°4. Respuestas de los estudiantes al final de la segunda implementación ..... 56

Figura 4.5. Esquema de resumen de la progresión de las tres ideas claves de energía..... 74

## Introducción

Tanto dentro como fuera de las aulas, existe una diversidad de conceptos relacionados con la física, tales como: masa, peso, luz, electricidad, tiempo, fuerza, energía, entre otros; que son comúnmente utilizados en la sociedad, en una amplia gama de contextos y que por ende tienen asociadas múltiples definiciones, que se encuentran alejadas de lo que señala el conocimiento científico vigente.

A partir de lo anterior, en este Seminario de Grado se ha seleccionado el concepto de energía para su estudio, considerado como uno de los pilares de la física clásica (Solbes y Tarín, 2004) y cuyo proceso de enseñanza - aprendizaje se encuentra acompañado de diversas dificultades, dentro de las cuales, se puede destacar la no existencia de un modelo científico socializado entre la comunidad educativa, ni tampoco una definición única del concepto (López y Pintó, 2012).

La variada gama de definiciones en torno a la energía, puede generar la existencia de múltiples concepciones alternativas de ésta en los estudiantes, las cuales pueden llegar a ser verdaderos obstáculos para la comprensión de este concepto (Soto, 2013); también pueden ocasionar problemas en el proceso de su enseñanza en las aulas, considerando que algunos autores como Pintó, Couso y Gutiérrez (2005) han evidenciado en su investigación, que los profesores también son agentes que fomentan este espectro de ideas. Otros autores como Doménech, Menargues y Limiñana (2013), han constado que otra dificultad asociada al proceso de enseñanza, es que los actuales y futuros profesores de física reconocen no trabajar con profundidad los temas en torno a la energía, así como también Solbes y Tarín (2004) señalan que los profesores presentan el contenido de energía ante los estudiantes, sin considerar sus ideas previas asociadas a dicho concepto.

Por lo anterior, este Seminario de Grado tiene la intención de contribuir tanto al aprendizaje como a la enseñanza de la energía, específicamente en el contenido de termodinámica, a través del diseño de un material didáctico en enseñanza media que potencie y enriquezca las ideas en torno a la energía como una propiedad que se asocia a las configuraciones de un sistema, su transferencia, degradación y conservación, las cuales tienen concordancia con el conocimiento científico vigente expresado por López y Pintó (2012); Doménech, Menargues y Limiñana (2013); entre otros.

El material con el que este Seminario de Grado aporta, tuvo como punto de partida un formato tradicional (diseñado bajo la mirada del método científico), el cual fue modificado hasta llegar a una versión mejorada con la mirada de la modelización. Se escogió esta estrategia de

enseñanza, ya que contempla que los estudiantes puedan expresar sus modelos<sup>1</sup> iniciales respecto a un tema, evaluarlos, revisarlos con sus pares, consensuarlos y finalmente aplicarlos en un contexto diferente, de modo que con este tipo de tareas se acerquen a tareas propias del quehacer científico (Osborne, 2014).

Con la intención que el material didáctico contribuya a la enseñanza de la energía y acerque de manera favorable a los estudiantes al conocimiento científico vigente, es que éste ha sido sometido a un proceso de refinamiento iterativo, sustentado en el Paradigma de la Investigación Basada en el Diseño, el cual consiste en relacionar directamente la teoría educativa con el artefacto que se diseña.

Para el sustento empírico del paradigma y la obtención de información necesaria para realizar el proceso de refinamiento del material didáctico, se recolectaron datos en tres sesiones de dos horas pedagógicas cada una, con la ayuda de tres grupos de distintos estudiantes de 4° enseñanza media, pertenecientes a la asignatura de física diferenciada, en un establecimiento científico-humanista.

Los expertos del campo de la didáctica de las ciencias, como Hernández (2012) y DBRC (2003), han mostrado que un material didáctico diseñado y refinado en base a la investigación educativa, permitirá obtener ideas de los estudiantes más sofisticadas y cercanas a los modelos científicos, por lo que pretendemos que este material sea un aporte, tanto para estudiantes y como profesores, en donde ambos tengan la posibilidad de utilizar esta herramienta en las aulas y estudiar la energía de una manera activa con nuevas metodologías y actuales ideas en relación a la energía.

---

<sup>1</sup>Modelo: representación de teorías científicas que se pueden manifestar utilizando diferentes lenguajes (Giere, 1999 cit. en Martínez y Del Mar Aragón-Méndez, 2009)

## Capítulo 1. Planteamiento del Problema

Hablar de energía hoy en día es muy común, lo escuchamos en las noticias, lo leemos en diarios y revistas, medicina alternativa o incluso lo utilizamos para referirnos al estado anímico de una persona; tal como dice Mans (2008, cit. en López y Pintó, 2012):

Pocas palabras encontraríamos que usen al mismo tiempo el científico y la persona de la calle, el publicista y el esotérico, el psicólogo y el político, el dietista y el artista de circo, lo más interesante del caso es que en la mayor parte de usos para los que se emplea esta palabra sus significados son bastante similares y homologables, pero quizás habría que ser un poco más precisos cuando la usamos. (p.10)

Esta amplia gama de definiciones y conceptos, si bien se asemejan entre ellas, no son aplicables en todos los contextos, por lo que tienden a alejarse del conocimiento científico vigente basado en el modelo de energía propuesto por López y Pintó (2012), que será expuesto en el marco teórico. La ambigüedad que genera la polisemia de este concepto, tanto al momento de enseñar como de aprender sobre la energía, se ve reflejada en el nulo o bajo progreso conceptual de la mayoría de estudiantes al finalizar su etapa escolar científica (Millar, 2005 cit. en López y Pintó, 2012) quienes terminan su escolarización con las mismas ideas con respecto a la energía que poseían cuando empezaron, repercutiendo finalmente en las diferentes áreas de estudio de la física, como por ejemplo en la termodinámica.

La termodinámica es una rama de la física que algunos autores definen como el estudio de la energía sus formas y transformaciones, así como de sus interacciones con la materia (Sidrach y Molina, 2005). Está inmersa en temas importantes e influyentes en la sociedad actual, como son las transferencias de energía, mecánica de fluidos, máquinas térmicas, consumo de energía, entre otras.

El contexto en el que se desarrolla este Seminario de Grado será específicamente el de los procesos termodinámicos de una máquina térmica, lo cual llama la atención del grupo de investigación puesto que es en esta rama de la física en donde se abarcan temas energéticos que se relacionan con la enseñanza de la energía, como los que plantean Ogborn (1986), Doménech y otros (2003), López y Pinto (2012), Soto (2013), entre otros, y que comprenden la asociación de la energía a la configuración de un sistema, sus mecanismos de transferencia, la degradación y conservación de esta.

Con la finalidad de facilitar el estudio de la energía en termodinámica a estudiantes de enseñanza media, surge la intención de diseñar un material didáctico modelizador (Schwarz (2006), Garrido y Couso (en prensa), Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, y Zhan(2005)) con el cual se espera potenciar la comprensión del concepto de energía en estudiantes de educación

media, de modo que se genere una concepción consensuada, acorde a las ideas que se potenciarán en este Seminario de Grado y que mejore la representación de fenómenos científicos complejos o difíciles de observar directamente (Adúriz y Morales, 2002).

Además, persiguiendo el objetivo que los estudiantes dimensionen cómo trabaja la ciencia y no sólo aprendan ideas y teorías científicas, es que se pretende desarrollar dentro del material didáctico la participación de estos en una de las ocho prácticas científicas que menciona Osborne (2014) que corresponde a la modelización, incentivando así la alfabetización científica (Pérez y Aleixandre, 2012) lo que implica una visión crítica y humanista del modo en el cual las tecnologías dan forma a nuestra manera de pensar, de organizarse y de actuar (Fourez, 1997). Como ya se ha mencionado, la diversidad, polisemia y complejidad de los distintos conceptos relativos a la energía generan problemas en el aprendizaje de los alumnos, ya que éstos se encuentran en las diferentes ramas de estudio de la ciencia. Es por esto que una de las principales tareas que recae en el docente y que promueve este Seminario de Grado es la de generar un material didáctico que facilite el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes, generado por refinamientos iterativos a partir de análisis teóricos, implementaciones y consensos entre los integrantes del grupo de seminario, de tal manera que sea de utilidad para profesores del área de física, con actividades significativas e innovadoras y acordes con las finalidades de la educación científica actual (Sanmartí, 2002).

A partir de lo señalado en este capítulo surgen las siguientes preguntas de investigación y objetivos:

### **1.1 Pregunta de investigación**

1. ¿El material didáctico refinado, dificulta o contribuye a la apropiación de los estudiantes a un modelo de energía más cercano al propuesto por López y Pintó, 2012?

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Refinar el material didáctico de manera iterativa, a través del análisis de los resultados obtenidos en cada implementación, notas de campo, consensos de los integrantes del Seminario de Grado y revisiones de expertos; de tal manera que permita a los estudiantes expresar un modelo cercano a las tres ideas claves de energía que se pretenden potenciar en este Seminario de Grado.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar los problemas relativos al diseño didáctico, a partir de análisis teóricos y empíricos de los integrantes del grupo de Seminario, revisiones de expertos, notas de campo y consensos del grupo.
- Construir tablas de cambios para caracterizar el refinamiento del material didáctico, en base a los problemas identificados.
- Realizar un diseño final del material didáctico a partir del refinamiento iterativo de éste.
- Evaluar el logro de la apropiación del conocimiento científico de los estudiantes, según las tres ideas claves sobre energía que se escogieron en este Seminario de Grado.

## **Capítulo 2. Marco Teórico**

En este capítulo se abordarán las temáticas en las que se sustenta esta investigación. Se comenzará mencionando aspectos en torno a la enseñanza de la energía en la termodinámica, luego se describirán algunas de las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje de la energía, posteriormente se dará a conocer la importancia de las prácticas científicas, en especial de la modelización y se finalizará explicando el paradigma que sustenta nuestro estudio correspondiente a la Investigación Basada en el Diseño.

### **2.1 Estudio de la energía en la termodinámica**

La termodinámica, como se mencionó en el capítulo 1, es una rama de la física que se relaciona con la energía. Es un contenido presente en los currículos de enseñanza media y puede ser aplicado en áreas como la mecánica de fluidos, la generación y transferencia de energía en las plantas de potencia (combustibles fósiles, fisión y fusión nuclear, energía solar, etc.), el funcionamiento de las maquinarias (de vapor, gasolina, diesel y turbinas de gas), los sistemas de acondicionamiento de aire (Sidrach y Molina, 2005) e incluso en otras áreas científicas como la química.

En particular, para la unidad de termodinámica en el currículum chileno se plantean los siguientes aprendizajes esperados: “reconocer que la materia posee cierta cantidad de energía interna, señalar la condición que deben cumplir dos cuerpos para encontrarse en equilibrio térmico, enunciar y aplicar la primera y segunda ley de la termodinámica, comprender, desde el punto de vista de la física, el significado del estado caótico de un sistema y reconocer la entropía como una medida del desorden” (MINEDUC, 2009, p.35). Estos se abordan, en la unidad, a lo largo de cinco ejes: energía interna y equilibrio térmico, primera ley de la termodinámica, segunda ley de la termodinámica, entropía y caos, de los cuales en los cuatro

primeros se puede observar una conexión con las ideas que se pretenden potenciar en este Seminario de Grado.

Estos ejes y sus respectivas descripciones se presentan en la siguiente tabla:

<b>Energía interna y equilibrio térmico</b>	<b>Primera ley de la termodinámica</b>	<b>Segunda ley de la termodinámica</b>	<b>Entropía</b>
<p>En relación a la energía interna discuten de qué forma es posible cambiar la energía interna de un sistema, ya sea variando su masa, calentándolo o enfriándolo, y realizando trabajo sobre él.</p> <p>En relación a la ley cero de la termodinámica, analizan las condiciones de equilibrio térmico de dos objetos, estén o no en contacto térmico.</p>	<p>Enuncian la primera ley de la termodinámica y la analizan sus términos en función de las siguientes situaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo mecánico ejercido sobre un gas, por ejemplo un gas contenido en una jeringa.</li> <li>- Un sistema aislado, donde no hay intercambio de calor con el medio y el trabajo externo que se realiza es nulo, por ejemplo café en un termo.</li> <li>- Un proceso cíclico, donde la variación de energía interna es 0, por ejemplo la descripción de una máquina térmica.</li> </ul>	<p>Describen situaciones en que el calor fluye desde un cuerpo más caliente a uno más frío</p>	<p>Interpretación de la segunda ley de la termodinámica desde el punto de vista de la degradación de la energía, es decir como la naturaleza impide que toda la energía disponible pueda ser completamente aprovechable si no es en forma de calor.</p> <p>La segunda ley de la termodinámica puede expresarse diciendo que en todos los sistemas físicos aislados la entropía permanece constante o crece, de esta forma no sería posible la degradación.</p>

**Tabla 2.1 Aprendizajes esperados que aborda el programa de estudio referente a termodinámica en cuarto año de enseñanza media. (MINEDUC, 2009, pp. 35-49)**

Si bien algunos de los contenidos que se trabajan en los ejes descritos en la tabla 1 entregan bastante información con respecto al estudio de la energía, existen otros que se contraponen y dificultan la correcta apropiación de los términos energéticos que establece el conocimiento científico vigente, por ejemplo: cuando se señala que un cuerpo posee energía si tiene capacidad para realizar un trabajo; el estudio del trabajo y el calor en función del efecto que tienen sobre la energía interna de un objeto y no como mecanismos de transferencia de energía

y el calor como “algo” que fluye de un cuerpo a otro. Por lo anterior, se hace necesario contribuir con el conocimiento científico vigente, en pro de una homogeneización del estudio de la energía, con el diseño de un material didáctico modelizador que potencie las tres ideas claves que consideran la energía como una propiedad que se asocia a la configuración del sistema; el trabajo y calor como mecanismos de transferencia de energía y que la energía se degrada en sistemas abiertos y conserva en los aislados, ideas que se profundizarán en el apartado 2.3.

Al ser un contenido transversal y cuyos principios pueden ser aplicados a diferentes tópicos, como se mencionó en un inicio, el estudio de la termodinámica permite la realización de un análisis en torno a la eficiencia de distintos procesos, incentivando así la reflexión en torno al consumo de energía y la responsabilidad que implica la utilización y consumo de ésta, así como también su influencia e impacto en el medio ambiente (Sidrach y Molina, 2005).

No obstante lo anterior, y tal como se señaló en la introducción, el estudio y la enseñanza de la termodinámica presenta graves obstáculos en su comprensión, tal y como lo evidencian investigaciones de Alona y Mala ver (2007), asociados en general a la transmisión errónea de conceptos asociados a la energía (como por ejemplo el uso que se da a los términos trabajo o calor); al abuso de la idea de conservación de la energía dejando de lado las ideas de transferencia y degradación de ésta; e incluso a la relevancia que se le da al análisis cuantitativo sobre el análisis cualitativo de los fenómenos que ocurren en los diferentes procesos o cadenas energéticas.

Ante las dificultades de comprensión de la energía y a las ideas que surgen en torno a esta es que se generan dificultades al momento de enseñarla y aprenderla, las cuales se presentarán en el siguiente apartado.

## **2.2 Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de energía**

Existe en la investigación de la didáctica de las ciencias una búsqueda constante de una enseñanza de la energía más consensuada (Doménech, 2000 cit. en Doménech, Menargues y Limiñana, 2013), para fortalecer o revertir (dependiendo del caso) aquellas concepciones e ideas en torno a la energía que predominan en la mayoría de los estudiantes al finalizar su etapa escolar (Millar, 2005 cit. en López y Pintó, 2012) y que se alejan del conocimiento científico vigente.

Algunos aspectos que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la energía y que son mencionados por López y Pintó (2012) se presentan a continuación:

- La energía es un concepto difícil de definir. A pesar de ser un término universal, del cual todos hablan y conocen, no hay un consenso científico al momento de definirlo, lo que genera la existencia de una gran diversidad de concepciones en torno a ella.

- No existe una representación consensuada de la energía, sin embargo podemos encontrar numerosas ecuaciones que intentan determinar su valor, sin entender realmente su significado y mucho menos relacionan estos cálculos a lo que realmente se puede medir: las diferencias o cambios (de altura, presión, temperatura, entre otras) asociadas a transferencias de energía en los sistemas.

- Se suelen confundir tipos de energías (química, luminosa, verde, calorífica, entre otras) con procesos físicos o fuentes de energía, es decir, en general se utilizan múltiples adjetivos (energía limpia) o contextos esotéricos (energía lunar) a procesos que pueden ser descritos en términos de energías cinéticas o potenciales.

- En la escuela los maestros suelen centrarse en la idea de conservación de la energía, siendo que esto ocurre sólo en sistemas aislados y la mayoría de los fenómenos cotidianos no son conservativos, llegando a pensar que la disipación de energía es un “efecto secundario” que carece de importancia.

- De forma general, se presenta la energía como causa de cambios, siendo que estos no son más que una consecuencia de la tendencia natural al equilibrio.

Así mismo, Sevilla (1986) considera dos lineamientos que dan cuenta de este problema, los que se relacionan directamente con los aspectos que fueron descritos por López y Pintó (2012) en el párrafo anterior. En primer lugar menciona las amplias y diversas concepciones que poseen los estudiantes con respecto al término energía y en segundo lugar destaca una contradicción entre el principio de conservación de energía y las leyes de la termodinámica (conservación de energía y degradación).

Por otro lado, Alomá y Malaver (2007) consideran que las concepciones alejadas del conocimiento científico vigente en los estudiantes pueden estar influenciadas por la existencia de explicaciones y conceptos con características que corresponden a ideas espontáneas o no formales presentes en varios textos universitarios de termodinámica. Feynmann (1971) cit. en López y Pintó (2012); López y Pintó (2012) y Sevilla (1986) mencionan que uno de los principales problemas en la enseñanza de la energía es su definición, la cual en muchos casos no está presente, es poco clara o corresponde a diferentes aproximaciones que tienen enfoques distintos, siendo algunas de las ideas más recurrentes las que se presentan a continuación:

- La energía es una especie de sustancia que se almacena en los objetos, por ejemplo en los alimentos.
- La energía es un combustible.
- La energía es la capacidad para realizar un trabajo.
- La energía es un fluido que va de un cuerpo a otro.
- La energía es un agente causal, algo que los cuerpos poseen y que les permite realizar alguna acción o algún cambio en el entorno.
- Asociar la energía con objetos animados, considerando que los cuerpos que se mueven poseen energía (Duit, 1984; Pintó 1991 y Driver, 1999 cit. en Soto, 2013).

Según Bolívar y De Cardona (2005) una definición de energía ampliamente aceptada dentro de la comunidad científica es aquella que la considera como la propiedad que tiene un sistema que le confiere la capacidad de realizar cambios sobre sí mismo o sobre su entorno, sin embargo, esta definición sigue potenciando la idea de la energía como un agente causal, por lo que para este Seminario de Grado se ha considerado la definición de Pintó (1991) que se acerca más al modelo energético consensuado por autores como Garrido y Couso(en prensa), López y Pintó (2012), Doménech y otros (2003), entre otros, la cual señala lo siguiente:

La energía es una propiedad que asociamos al estado de un sistema, que nos resulta adecuada para analizar los cambios a los que pueda estar sometido y que tiene la peculiaridad de que el valor numérico que podemos atribuirle a un sistema aislado no se modifica a pesar de los múltiples cambios que experimente.

Ante estas dificultades en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje de la energía es que surge la intención de presentar una propuesta de enseñanza que abarque un modelo de energía acorde al conocimiento científico vigente.

### **2.3 Propuesta de enseñanza en torno a la energía**

Dado que el estudio de la termodinámica, debido a su campo de estudio, proporciona una base sólida para el análisis de fenómenos desde un punto de vista energético, es necesario entonces aclarar algunos aspectos en torno a la energía con los cuales el grupo de investigación está de acuerdo y que se pretenden potenciar en el diseño didáctico que ésta investigación propone, sin embargo, es esencial mencionar que no existe un modelo único que nos explique cómo debe ser enseñada o aprendida la energía en las aulas (López y Pintó, 2012).

Algunas de las ideas que han sido desarrolladas por diversos autores en el campo de la didáctica de las ciencias para lograr una mejor enseñanza en torno a la energía, entre las cuales se encuentran: la energía no es una especie de fluido, ni constituye el “combustible”

necesario para producir cambios (Ogborn, 1986; Trumper y Gorsky, 1993); el calor es un mecanismo de transferencia de energía de un sistema asociado a las diferencias de temperatura (Pintó, 2013); la energía interna es un concepto distinto del calor; la energía se degrada (Doménech, Menargues y Limiñana, 2013), entre otras.

De lo anterior, se presentan las tres ideas claves escogidas que se esperan potenciar en esta investigación, y que se plasmarán en el material didáctico para su estudio:

***Idea clave 1. La energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no es algo almacenado en los cuerpos.***

El programa de estudio de termodinámica (MINEDUC, 2009, p.36) propone la siguiente definición en relación a la energía: “un cuerpo posee energía si tiene capacidad para realizar un trabajo”. Esta idea, por un lado se aleja del modelo energético consensuado por la comunidad científica y por otro lleva a pensar a los estudiantes de forma errónea que los cuerpos almacenan energía. Es por ello que para hablar de energía diremos que es una propiedad asociada a la configuración de un sistema, así nos referiremos a su posición, temperatura, velocidad, entre otros, es decir, a cómo está (Couso y López, En Prensa; López y Pintó, 2012). Esa visión de la energía permite que visualizar su configuración a aquellos estados que se encuentran más propensos a experimentar cambios y por ende a transferir energía. Por ejemplo: la energía que asociamos a un condensador cargado y otro descargado no es igual, porque no tienen asociada la misma configuración, a pesar de que ambos son condensadores, y por ende los cambios que experimentan o pueden ser aprovechados para generar otros cambios son distintos.

***Idea clave 2. El trabajo y el calor son mecanismos de transferencia de energía de un sistema.***

Al mirar el programa de estudio de física electivo, unidad de termodinámica (MINEDUC, 2009, p.36), podemos observar que tanto el trabajo como el calor son conceptos que se encuentran presentes y se tratan a lo largo de la unidad, sin embargo bajo una mirada un tanto distinta a lo que plantea el conocimiento científico vigente. El trabajo se describe en relación al efecto que tiene sobre la energía de un objeto, y el calor se da a entender como una sustancia que fluye de un cuerpo a otro, lo que de forma indirecta perjudica el acercamiento de los estudiantes a la idea 1 descrita anteriormente.

Con el fin de establecer una unificación en cuanto a la energía y sus transferencia es que la comunidad científica intentan dar explicación a cómo se transfiere la energía de un sistema a

otro mencionando dos mecanismos: Trabajo, el cuál es un mecanismo de transferencia de energía en el que intervienen fuerzas y desplazamientos y Calor, que corresponde al mecanismo de transferencia de energía entre dos o más cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas e interaccionan, ya sea de forma directa o a través de la radiación (Pintó, 2013).

***Idea clave 3. La energía se conserva en sistemas aislados y se degrada en sistemas abiertos.***

La mayoría de los procesos que ocurren en ciertos sistemas de la naturaleza es posible observar que a medida que estos se realizan, la capacidad que tienen para generar nuevos cambios va disminuyendo. Sin embargo, si nos centramos en lo que menciona el plan de estudio de física electivo (MINEDUC, 2009, p.36) esto no se estudia de forma directa y se da principal énfasis a la conservación, siendo que esto ocurre solo en condiciones ideales. Esta idea apunta principalmente a introducir la degradación de energía durante los procesos en sistemas abiertos. Esta degradación hace referencia a la pérdida de la calidad y utilidad de la energía, es decir que la energía que queda disponible, en las diferentes etapas de la cadena energética, cada vez se puede utilizar para menos procesos, y además los cambios que se producen son de menor calidad, ambos con respecto a las etapas anteriores.

Finalmente, estas tres ideas componen la propuesta de enseñanza que se plantea en este Seminario de Grado, e irán siendo analizadas y estudiadas a través de todo el cuerpo del material didáctico que se diseñó. Según Duschl (1997) investigadores y profesores coinciden en señalar que si los alumnos aprenden cómo se trabaja en ciencias, ello facilitará el aprendizaje de los conceptos, en este caso de las ideas en torno a la energía. Por lo anterior, se escogió como estrategia de enseñanza-aprendizaje lo que se denomina Prácticas Científicas.

#### **2.4 Prácticas científicas**

Algunas investigaciones educativas que abarcan las complejidades en torno a la energía, se enfocan solo en describir aspectos conceptuales de ésta, otras critican los métodos de enseñanza que se han efectuado para abordarlas y finalmente algunas proponen estrategias que faciliten su comprensión.

Dentro de ésta última línea, algunas investigaciones se orientan a propuestas de enseñanza que preparen a estudiantes como un tipo de científico o especialistas en áreas de física, química o biología (Pfundt y Duit, 1998 cit. en Doménech y otros, 2003). Sin embargo, a pesar de que consideramos que las investigaciones que proponen estrategias y soluciones para abarcar temas tan complejos como la energía u otros contenidos científicos abstractos, son

contribuyentes al campo, no compartimos la visión de los estudiantes como científicos, sino que consideramos que es necesario que estas propuestas enfatizen los aspectos didácticos de la enseñanza y analicen de qué manera benefician el aprendizaje, haciendo participar a los estudiantes en prácticas científicas (Osborne, 2014), para darles a conocer aspectos de la naturaleza de las ciencias.

Las prácticas científicas corresponden a:

Las formas específicas en que miembros de una comunidad proponen, justifican, evalúan y legitiman enunciados de conocimiento en un marco disciplinar... un aspecto importante de participar en las ciencias es aprender las prácticas epistémicas asociadas con la producción, comunicación y evaluación del conocimiento. (Kelly (2008, pp. 99-100 cit. en Crujeiras y Jiménez, 2012).

Por un lado, la necesidad de que la enseñanza de las ciencias considere cómo se genera y valida el conocimiento científico es un tema que se encuentra ampliamente aceptado en la didáctica de las ciencias (Osborne, 2014). Por ejemplo, Golombek en el marco del IV Foro Latinoamericano de Educación del año 2008 se refiere específicamente al carácter social que esta posee, destacando en su publicación que el conocimiento científico se construye socialmente, mediante interpretaciones que se van consensuando y refinando periódicamente, por lo que una ciencia individualista no es válida, sino que nace cuando se comunica entre pares. En las aulas generalmente se trabajan los modelos científicos a nivel conceptual, lo que provoca que los estudiantes sólo den respuestas en torno a los “qué” o los “por qué” ocurren los fenómenos, dejando de lado que aprendan también algunos aspectos “sobre” la ciencia y cómo ésta trabaja (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012), como por ejemplo el trabajo en equipo, la importancia del análisis cualitativo, entre otras.

Así, persiguiendo lo dicho anteriormente, es que nacen ciertos objetivos de la enseñanza de las ciencias con los cuales el grupo de investigación está de acuerdo y pueden resumirse tal como lo señala Millar (2004):

Ayudar a los estudiantes a obtener una comprensión de la mayor cantidad del cuerpo establecido del conocimiento científico y cómo éste es integrado a sus necesidades, intereses y capacidades y desarrollar la comprensión de los estudiantes de los métodos por los cuales este conocimiento se ha ganado, y nuestros motivos para la confianza en él (conocimientos sobre ciencia). (p.2)

Ambos objetivos buscan que los estudiantes conozcan los rasgos de cómo trabaja la ciencia y su significado, concibiéndola como una generación de explicaciones, es decir, como una

producción y revisión de modelos a través de la participación en prácticas científicas (Duschl y Grandy, 2008 cit. en Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012).

Relacionado a ello, Osborne (2014) presenta ocho prácticas científicas que deberían desarrollar los estudiantes, las cuales son:

1. Hacer preguntas
2. Desarrollar y usar modelos
3. Construir explicaciones
4. Argumentar en base a evidencias
5. Planificar y realizar investigaciones
6. Analizar e interpretar datos
7. Usar el pensamiento matemático y computacional
8. Obtener, evaluar y comunicar la información.

Tanto Millar como Osborne coinciden en señalar que este tipo de actividades potencia la independencia y autosuficiencia de los estudiantes para el logro de buenos resultados de aprendizaje, apoyando algunos objetivos generales en educación tales como el desarrollo de la capacidad de los individuos para la acción decidida y autónoma en el mundo.

Además, el conocimiento que se construye participando de estas prácticas se realiza a través de un proceso de carácter activo, donde el alumnado evalúa ideas a la luz de evidencias, propone explicaciones o modelos y también escribe y discute sobre cuestiones científicas, tomando parte en la argumentación, producción de conocimiento y comunicación de éste, respectivamente (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012). Así, para trabajar en ellas, son de vital importancia las ideas del alumnado, destacando primero si son productivas, es decir, si ayudan a progresar en el aprendizaje, más que si son correctas o no (Elby y Hammer, 2001 cit. en Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012) y segundo si son puestas a prueba a través de la interacción personal con los pares, tomando en cuenta sus consolidaciones cuando estas coinciden con los demás y sus desafíos cuando difieren (Millar, 2004).

Si bien estas nociones se encuentran claras en el programa de estudio de termodinámica (MINEDUC, 2009) este también menciona que debido a la baja posibilidad, en algunos casos, de realizar actividades experimentales en los liceos y colegios se hace necesario que los docentes organicen sus actividades complementando la teoría, observación y experimentación en sus clases de física.

Weiss (2003), (cit. en Osborne 2014) por su parte, en su estudio observacional de la enseñanza de la ciencia y las matemáticas en los Estados Unidos, encontró que el porcentaje de clases que poseen un clima de rigor intelectual, incluyendo la crítica constructiva, es sólo de un 14%,

por lo que sugiere que la integración de los estudiantes en las prácticas científicas traería amplios beneficios cognitivos al estudio de la ciencia.

En base a todo lo mencionado anteriormente, una de las prácticas científicas que se pretende potenciar en esta investigación y que se abordará en el próximo apartado corresponde a la de desarrollar, utilizar y comunicar modelos, es decir, la modelización.

## **2.5 Modelización**

De acuerdo con Justi (2006) y Pozo y Gómez Crespo (1996) se pueden establecer diversos motivos para justificar las dificultades en el aprendizaje de la ciencia, por ejemplo: se presentan las ciencias tanto en el colegio como en los medios de comunicación como un área difícil, a la que solo pueden acceder las personas inteligentes; se evidencia poca contextualización en clases por parte de los profesores y planteamientos de problemas en libros de texto generalmente cuantitativos, cuyos resultados son poco significativos para los estudiantes y por tanto no despiertan el interés de estos; y también se presenta a la ciencia como una verdad absoluta, por lo tanto no está sujeta a críticas, donde la memorización de hechos y las afirmaciones que realiza el profesor no deben ser cuestionadas, entre otros. Además, debido a la importancia que tiene la enseñanza de la ciencia en la actualidad, principalmente en la necesidad de formar ciudadanos capaces de analizar y tomar decisiones que involucran conocimientos científicos o habilidades técnicas, es necesario promover un método de enseñanza que ayude a los estudiantes a desarrollar una comprensión coherente, flexible y principalmente crítica de ésta (Justi, 2006). Una de las formas de trabajar estos aspectos y dar a conocer elementos de la naturaleza de las ciencias puede ser a través de las prácticas científicas, como la modelización.

El método de la modelización consiste en la enseñanza de la ciencia basada en actividades de construcción de modelos, cuyo objetivo es evaluar y poner a prueba la representación de una idea en la vida cotidiana (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008).

Diversos autores han definido lo que son los modelos. Para la mayoría de ellos, son instrumentos que median la realidad y la teoría (Morrison y Morgan, 1999 cit. en Justi2006); Ingham y Gilbert (1999) y Giere (1993) hablan de “representaciones simplificadas de los sistemas físicos”; Harrison y Treagust (2000) afirman, por su parte, que los modelos son productos de la ciencia, sus métodos y herramientas de trabajo y por otra parte Gober y Buckley (2000) cit. en Baek y otros (2011) clasifican los modelos en dos grupos: mentales y expresados, donde los primeros hacen referencia a representaciones internas de explicaciones personales o patrones de predicción y leyes que acompañan a fenómenos naturales y los segundos corresponden a representaciones externas de los modelos mentales. Sin embargo, el significado más entendido de la palabra modelo es: “representación concreta de una idea,

objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico” (Justi, 2006; Gilbert, Boulter y Elmer, 2000), simbolizando aspectos visuales o estructurales de lo que se está modelando, de esta forma se aprecia como una “copia de la realidad” (Justi, 2006) que se pueden utilizar para generar explicaciones y predicciones, como por ejemplo, el modelo atómico de Bohr o el modelo del ciclo del agua (Windschitl, Thompson, y Braaten, 2008). Esta última definición corresponde a la que se utilizará a lo largo de este Seminario de Grado para referirse a los modelos.

Como los modelos nos ayudan a representar la teoría científica, estos se pueden manifestar utilizando diferentes lenguajes, por ejemplo el matemático, el conceptual, el analógico (Giere, 1999 cit. en Martínez y Del Mar Aragón-Méndez, 2009). Sin embargo y debido a que estos modelos pueden ser complejos y difíciles de comprender por parte de los estudiantes, en las clases de ciencias se utilizan representaciones simplificadas de lo anterior, lo que minimiza estas dificultades utilizando recursos como maquetas, dibujos, metáforas, analogías, entre otras (Justi, 2006). Dichas herramientas se denominan modelos curriculares, que son diferentes de los modelos para la enseñanza que se encuentran presentes en el contexto escolar, teniendo en cuenta que los modelos para la enseñanza son representaciones creadas con un objetivo específico, el cual consiste en ayudar a los estudiantes a aprender algún concepto o aspecto de un modelo curricular en particular. Es importante destacar que en cualquiera de estos casos, los modelos deben adaptarse, presentarse e incluso, de ser necesario, reestructurarse de acuerdo a la ciencia escolar y al contexto en el que se desarrolla (Sanmartí, 2000; Izquierdo, 2005 cit. en Martínez y Del Mar Aragón-Méndez, 2009).

Teniendo en cuenta que las ideas presentes en cada alumno son distintas entre sí y que los procesos de razonamiento son diferentes para cada uno de ellos, no es de esperar que un único método o estrategia aplicada para la enseñanza sea totalmente efectiva, en el sentido de que los alumnos desarrollen el mismo modelo, al mismo tiempo y de la misma forma (Halloun, 2004 cit. en Justi 2006). Sin embargo, se puede considerar que la construcción de estos ayuda a mejorar de forma progresiva la estructura cognitiva y emocional de cada estudiante, por lo que la estrategia de enseñanza de modelización, que se postula en este Seminario de Grado, permitirá un análisis que contribuirá en el aprendizaje de cada uno de ellos.

A modo de resumen, las ideas en torno a la energía que se trabajarán en este Seminario de Grado, se realizarán a través de la elaboración de un material didáctico en base a la modelización, por ser una estrategia de enseñanza avalada y utilizada actualmente, que permitirá a los estudiantes dar sentido a lo que se está estudiando poniendo a prueba sus modelos y describiendo un fenómeno en relación a lo que establece el conocimiento científico vigente. Ahora bien, la manera en que se llevará a cabo el trabajo de refinamiento del material

didáctico el cual corresponde al paradigma que sustenta esta investigación se presenta a continuación.

## **2.6 Investigación Basada en el Diseño (Design-Based Research, DBR)**

El trabajo de refinamiento del material didáctico propuesto en este Seminario de Grado se inscribe bajo el paradigma de la Investigación Basada en el Diseño<sup>2</sup> o DBR por sus siglas en inglés, que permite relacionar directamente la teoría e investigación educativa con el artefacto que se diseña.

El Colectivo de la Investigación Basada en el Diseño (DBRC, 2003) señala que este paradigma ofrece una nueva visión de la teoría sobre la construcción de instrumentos que contribuyan al aprendizaje, considerando de manera significativa la relación entre el diseño, desarrollo y refinamiento.

Las principales características que se le atribuyen a este tipo de investigaciones es que son intervencionistas, iterativas e interactivas, actuando sobre el mundo educativo para explorarlo, considerando ciclos continuos de diseño, aprobación, análisis, y rediseño y otorgando un énfasis especial en la colaboración constante entre los integrantes de la investigación.

La importancia de las interacciones de los integrantes del grupo de seminario, dentro de este paradigma como una herramienta de refinamiento para la comprensión de problemas de aprendizaje involucrados, radica en que éste se encuentra regularmente en las dos funciones intelectuales presentes, como indagador teórico y también como agente activo en el contexto educativo, promoviendo así la objetividad de la investigación.

La fiabilidad de este tipo de investigaciones se puede promover a través de la triangulación de las múltiples fuentes de datos que se pueden obtener, la repetición de los análisis a través de los ya mencionados ciclos de aprobación, y el uso (o creación) de medidas o instrumentos estandarizados. Sin embargo, no se debe pensar que el fin de la Investigación Basada en el Diseño se trata sólo de perfeccionar un producto, sino que se enfoca en profundizar en la naturaleza del aprendizaje y refinar las teorías que hay detrás de ésta (DBRC, 2003). Además, el DBR considera el estudio del aprendizaje en contextos concretos, explorando el mundo educativo, actuando sobre él y posibilitando una mejor comprensión de las prácticas educativas (Hernández, Couso y Pintó, 2013).

Lo anteriormente mencionado constituye las características del trabajo realizado para presentar un material didáctico al final de este Seminario de Grado que considere un trabajo colaborativo, y basado tanto en la experiencia como en la teoría. Autores como Kelly (2004) cit. en Crujeiras y

---

<sup>2</sup>DBR de ahora en adelante

Jiménez (2012) señalan que parte de la metodología de este tipo de investigaciones consiste en aclarar en qué momentos y con qué fin son apropiados (o no) la utilización de determinados métodos, por lo que la información extraída de cada implementación como las decisiones de los integrantes del grupo de seminario al momento de preguntar o responder a las inquietudes de las y los estudiantes también son consideradas bajo la mirada del DBR.

Según Pintó, Hernández y Constantinou (2013), en la mayoría de sistemas educativos los profesores basan sus clases en libros de texto, manuales de laboratorio y en los ejercicios prácticos, no obstante señala que estos recursos promueven mayoritariamente la memorización antes que el pensamiento crítico y/o ignoran importantes resultados de la investigación a la hora de ser diseñados.

Es por todo lo anterior que para este Seminario de Grado se considera que el paradigma del DBR contribuye con el logro de los objetivos que se han planteado, permitiendo en primer lugar reducir la incertidumbre en la toma de decisiones al diseñar y evaluar intervenciones educativas (van den Akker, 1999, p.5 cit. en Hernández 2012) y en segundo, la teoría resultante ante este tipo de investigación haría el proceso un poco más científico y técnico y, de este modo, algo menos propenso al fracaso (Ogborn, 2010, p.69).

## **Capítulo 3. Metodología de la Investigación**

### **3.1 Paradigma y enfoque de la investigación**

Este Seminario de Grado corresponde a un estudio de tipo cualitativo interpretativo, donde se analizarán las ideas de los estudiantes en las distintas etapas de la investigación aplicando diversos diseños del material didáctico que se realizarán según el paradigma del DBR, planteada por The Design Based Research Collective (2003) y expuesta en el marco teórico.

Se categorizarán las ideas de los estudiantes, y en base a estos resultados se identificarán fortalezas en torno al diseño que acercan a los estudiantes a las tres ideas claves de energía que se potencian con el material didáctico como también se evidenciarán aspectos débiles de la práctica científica, los cuales serán refinados para obtener un nuevo diseño del material didáctico sustentado en análisis teóricos y empíricos. Por lo anterior, nuestro Seminario de Grado tomará una perspectiva transformadora, ya que tiene como objetivo trabajar e influir directamente en la práctica docente (Soto, 2013).

Utilizando la estrategia de enseñanza de la modelización y teniendo en cuenta el paradigma del DBR, enfocados en los modelos de la energía, se plantea realizar un trabajo en ciclos continuos de diseño, aprobación, análisis, y rediseño. Son cuatro los diseños presentes en el material

didáctico, contruidos en base a las ideas de los estudiantes, análisis y notas de campo de los integrantes del grupo de seminario y opiniones de expertos, todo esto con el fin de ayudar a los estudiantes a acercarse al modelo de energía consensuado en este Seminario de Grado, basado en las tres ideas claves señaladas anteriormente.

### **3.2 Contexto y participantes**

El material didáctico diseñado en este Seminario de Grado se aplicó a tres grupos de estudiantes de un establecimiento educacional de niñas de la comuna de Santiago. El cual posee formación científico - humanista y es de dependencia administrativa municipal. Los tres grupos de estudiantes con los que se trabajó constan de 11, 10 y 26 alumnas, pertenecientes a los 4° medio de enseñanza media, específicamente del electivo de física.

Cada grupo de estudiantes participó de una sesión que tuvo una duración de dos horas pedagógicas. Cada una de las implementaciones fue guiada por dos de los tres integrantes del grupo de seminario y con la presencia de la profesora de física del curso con el fin de obtener sugerencias o apreciaciones que pudiesen ayudar en el análisis de la práctica o bien en el refinamiento del material didáctico.

Las sesiones realizadas tuvieron lugar en el laboratorio del colegio, el cual consta de mesones con computadores para grupos de cuatro estudiantes, cada uno con una interfaz (Pasco) que posibilitó la recogida de los datos a través de sensores de presión y temperatura, los cuales son necesarios para la experimentación. Los restantes instrumentos utilizados como pistones, masas, entre otros, fueron proporcionados por los propios integrantes del grupo de seminario.

Cada una de las estudiantes registró todas sus respuestas en el diseño didáctico que reflejan parte de sus modelos personales que traen implícitos, teniendo la oportunidad de plasmar tanto sugerencias como comentarios que tenían respecto al desarrollo de la actividad.

### **3.3 Con respecto al Trabajo Práctico**

El diseño del material didáctico consideró un trabajo práctico, cuyo objetivo es comprender el principio de funcionamiento de máquinas térmicas que operan mediante transferencias de energía. Para lograr este objetivo se simuló un ciclo termodinámico mediante un montaje experimental como el mostrado a continuación.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.1 Montaje experimental del Diseño Didáctico.**

El montaje experimental consiste en un pistón, el cual está conectado a un tubo de aluminio y a sensores de presión y temperatura, un tubo de aluminio que será transportado entre dos vasos precipitados, uno con agua caliente y el otro con agua fría, y finalmente masas que aplicarán presión al pistón.

Los procesos termodinámicos que se simularán tendrán lugar en los momentos en que el pistón se encuentra con o sin masa, y el tubo de aluminio se encuentra en un vaso de precipitado con agua fría o caliente, lo cual opera mediante mecanismos de transferencia de energía. De forma paralela se analizarán aspectos en torno a las configuraciones de los sistemas, cambios asociados a las transferencias de energía y las ideas de conservación y degradación de esta.

Cabe destacar que para los diseños didácticos N°1 y N°2 (ver Apéndice 1 y 2) este trabajo práctico engloba las tres ideas principales a potenciar, mientras que en el diseño didáctico Final se utiliza para la idea de mecanismos de transferencia de energía y para la idea de conservación y degradación de ésta (Ver apéndice 3).

### **3.4 Descripción del Material Didáctico**

El material didáctico que se diseñó tuvo como punto de partida una guía de laboratorio tradicional diseñada en base al método científico y que es utilizada en la asignatura de termodinámica de la carrera de Pedagogía en Educación de Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile (Anexo 1). Este material didáctico fue diseñado con el objetivo de que los estudiantes experimenten en torno a los ciclos termodinámicos a través de una serie de indicaciones a seguir y preguntas en general asociadas a cálculos, pero que en sí misma no permite abordar aspectos del modelo energético que en este Seminario de Grado se pretenden

potenciar. Por ello, se rediseñó el material didáctico estableciendo una estructura de actividades con una secuencia lógica y que promueve la construcción de modelos por parte de los estudiantes.

Este material didáctico busca potenciar las ideas de energía, en cuanto a la configuración de sistemas, transferencias y degradación de esta, planteadas en el marco teórico a través de la estrategia de la Modelización, dándole a los estudiantes la posibilidad en las fases iniciales de sentir la necesidad de un modelo e incentivar a su expresión, para luego evaluarlo, revisarlo, consensuar las ideas y aplicarlo a otros ámbitos. La estructura general del material didáctico considera las fases de la modelización que fueron planteadas por Garrido y Couso (en prensa) en base a un análisis de las planteadas por Windschitl y otros (2008); Baek y otros (2011).

El material didáctico incluye diferentes tipos de preguntas, donde algunas generan instancias de activación de ideas previas, otras promueven la reflexión de alguna situación y también las hay de comparación con lo antes realizado. Además se consideran dos tipos de trabajo: el individual y el grupal, en donde existen espacios para que el estudiante plasme sus respuestas, luego las pueda compartir con su grupo y posteriormente adjunte otros puntos de vista que le hayan llamado la atención.

A continuación se describirán las fases del proceso de modelización y las etapas que posee el material didáctico, en base a Garrido y Couso (en prensa):

- **Fase 1: Sentir la necesidad de un modelo. “Activando tus conocimientos”:** Se presenta un fenómeno a explorar (se analiza qué pasa, se realizan las primeras predicciones, se exploran las partes del modelo...), relacionado en un contexto cotidiano que resulte interesante para los estudiantes y que promueva el análisis, la formulación de hipótesis y el dar explicaciones a ciertas interrogantes.

Por ejemplo para el diseño didáctico N°1, con el propósito de activar los conocimientos de los estudiantes, se presenta una central termoeléctrica y se plantean tres preguntas en donde deben expresar sus ideas en cuanto a la configuración del sistema, transferencias de energía y degradación.

- **Fase 2: Expresar/Utilizar el modelo inicial individualmente. “Aplicando los conocimientos”:** Se presenta un fenómeno a explorar, generalmente relacionado con un fenómeno natural que resulte interesante para los estudiantes y que promueva el análisis, la formulación de hipótesis y explicaciones a ciertas interrogantes.

Por ejemplo para el diseño didáctico N°1, para abordar esta fase, se presentan imágenes que se asocian al ciclo termodinámico de un motor, donde se les pide a los estudiantes que las caractericen, respondiendo a cómo se encuentra cada parte del sistema. Una vez analizadas,

deben intentar relacionarlas y asociarlas a un gráfico, formulando así una idea respecto a cómo creen que se desarrolla el ciclo termodinámico y de esta manera expresar su modelo inicial.

- **Fase 3: Evaluar y/o analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba el modelo inicial. “Poniendo a prueba tus ideas”:** Se realizan observaciones que permitan poner a prueba el modelo a través de la observación y la obtención de pruebas.

Por ejemplo para el diseño didáctico N°1, a partir del montaje experimental que se describió en el apartado 3.3, en conjunto a la toma de datos y las posteriores preguntas que se plantean, los estudiantes evalúan y ponen a prueba sus modelos de energía iniciales, es decir, comprueban sus ideas en relación a la configuración del sistema, transferencia de energía y su degradación.

- **Fase 4: Revisar y/o sofisticar y mejorar aspectos concretos inadecuados del modelo. “Contrasta tus respuestas”:** Se identifican las limitaciones del modelo para sofisticarlo, generando o agregando nuevos puntos de vistas, ideas científicas y/o teorías relacionadas con el fenómeno, promoviendo discusión entre los estudiantes.

Por ejemplo, en esta fase se plantean preguntas que tienen como objetivo que los estudiantes analicen lo que sucedió en la experimentación anterior, a su vez compartan las ideas con sus compañeros y profesor en un plenario. Se otorga el espacio para que estos consensos queden registrados.

- **Fase 5: Expresar y/o Consensuar un modelo final. “Considerando lo aprendido”:** A partir de las diversas ideas que expresan los estudiantes se genera un modelo final consensuado que predice y explica el fenómeno.

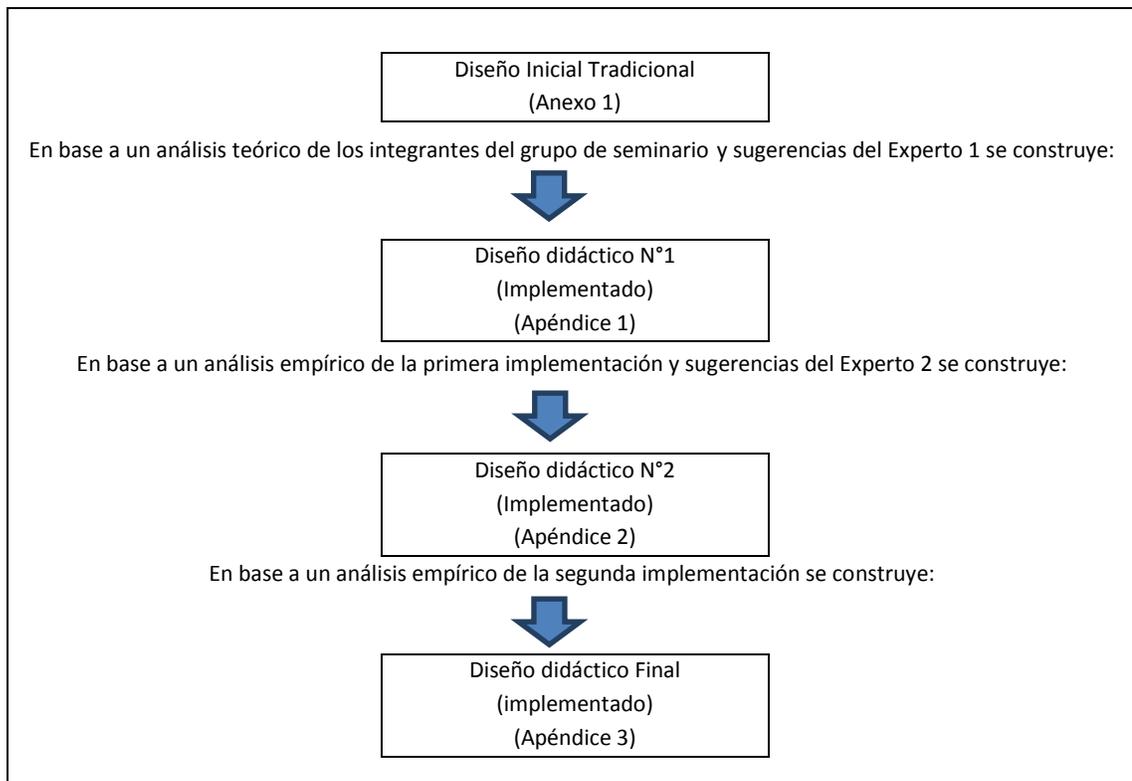
Por ejemplo, esta fase contempla realizar una comparación entre los modelos energéticos que los estudiantes expresan en la fase 1 y las ideas que surgen luego del plenario realizado en la fase 4, cuyo propósito es construir un modelo energético final acorde con lo observado y analizado en las fases anteriores.

- **Fase 6: Utilizar el modelo para explicar un nuevo fenómeno. “Aplicando lo aprendido”:** Se utiliza el modelo consensuado en la fase 5 para explicar un fenómeno diferente al estudiado.

Por ejemplo, en esta fase los estudiantes deberán aplicar el modelo consensuado dando explicación dos fenómenos que pueden ser analizados desde las ideas de configuración del sistema, transferencia de energía y degradación de ésta.

### **3.5 Proceso de refinamiento y etapas de recogida de datos**

El siguiente esquema representa el proceso de refinamiento del material didáctico, desde un diseño Inicial Tradicional a un diseño didáctico Final modelizador.



**Figura 3.2. Proceso de refinamiento del material didáctico en los distintos diseños.**

El proceso de refinamiento y construcción del material didáctico comienza con un diseño Inicial Tradicional basado en el método científico, el cual se refina bajo un primer análisis de carácter teórico y del grupo de investigación, éste a su vez se entrega al primer experto y gracias a sus comentarios y posterior análisis se obtiene un diseño didáctico N°1, el cual es implementado en el aula. Los resultados de los estudiantes y las reflexiones y notas de campo de los integrantes del grupo de seminario posteriores a la implementación permiten construir un avance en un nuevo diseño, que posteriormente es presentado ante un segundo experto, permitiendo refinar el material hacia un diseño didáctico N°2, siendo este el material didáctico a trabajar en la segunda implementación. El último paso consiste en tomar los datos de la instancia anterior y construir un diseño didáctico Final como resultado del trabajo de refinamiento iterativo, en el cual se implementó solo la primera actividad de las tres presentes, debido al limitado tiempo de la investigación.

La recogida de datos se dividió en cuatro etapas, siendo la primera de carácter teórica, transformando el diseño Inicial Tradicional a uno modelizador, mientras que la segunda, tercera y cuarta de carácter empírico, abarcando el análisis de las implementaciones, las notas de campo y las respuestas de las estudiantes.

Antecedentes	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Diseño del material didáctico	Se analiza teóricamente el diseño Inicial Tradicional en base a expertos y consensos de los integrantes del grupo de seminario para obtener un diseño modelizador.	Se implementa el Diseño N°1	Se implementa el Diseño N°2	Se implementa la Actividad 1 del Diseño Final
Fecha		28 Octubre 2015	17 Noviembre 2015	03 Mayo 2016
Participantes		Seminarista 1 Seminarista 2 Profesor de física	Seminarista 1 Seminarista 2 Profesor de física	Seminarista 2 Seminarista 3 Profesor de física
Número de Estudiantes		11	10	26

Tabla 3.1 Etapas de recogida de datos del material didáctico.

### 3.6 Estrategias e instrumento de recolección de datos

Como instrumento de recogida de datos se han escogido ciertas preguntas (ver Apéndice 5), presentes en los diseños didácticos N°1, N°2 y Final del material didáctico entregado a los estudiantes, considerando aquellas que permiten evidenciar con mayor profundidad sus nociones en torno a las tres ideas de energía que éste persigue potenciar y así, a partir de sus respuestas, poder complementar el refinamiento del material didáctico.

Con el fin de comparar y analizar las ideas que surgen, se modifican o se mantienen a lo largo de la implementación en cada estudiante, se han seleccionado estratégicamente preguntas que aparecen tanto al inicio como al final de los diseños didácticos N°1 y N°2. En el caso del diseño didáctico Final se seleccionaron preguntas que permitieran evidenciar las conclusiones a las que llegaron los estudiantes finalizada la actividad planteada.

A partir del espectro de respuestas dadas a estas preguntas, relacionadas con las tres ideas claves que se pretende potenciar en el material didáctico y obtenidas en cada una de las implementaciones, se pudo analizar y posteriormente tomar decisiones, respecto al refinamiento de las interrogantes, palabras o enfoques que estaban dificultando la correcta apropiación y

acercamiento de los estudiantes hacia el modelo de energía propuesto en este Seminario de Grado.

Finalmente se ha de especificar que a pesar de no considerar todas las preguntas presentes en los distintos diseños didácticos para la recolección de los datos, las restantes igualmente se utilizaron y sirvieron de apoyo para los análisis realizados. Las interrogantes no seleccionadas en los tres diseños complementan el trabajo de los estudiantes en el material didáctico, en general a partir del cálculo, y como el enfoque de la investigación es de tipo cualitativo se ha priorizado una selección acorde a este fin.

### **3.7 Metodología de Análisis de Datos**

#### **3.7.1 Redes Sistémicas para el análisis de las respuestas de los estudiantes**

Una de las propuestas metodológicas que ayudarán a organizar y analizar la amplia gama de respuestas obtenidas por parte de los estudiantes son las redes sistémicas. El método propuesto por Bliss y Ogborn (1985), se enfoca en recolectar los datos cualitativos a partir de cuestionarios abiertos, entrevistas y/o observaciones en el aula (Jorba y Sanmartí, 1996), que en este Seminario de Grado recaerá en las preguntas abiertas de los diferentes diseños didácticos, planteadas en el capítulo anterior como instrumento de recolección de datos.

Bliss y Ogborn (1985) señalan que detrás de cada palabra escrita en el contexto de una frase, existe un significado no directamente expresado por las palabras. Esto, combinado con las distintas concepciones presentes en los estudiantes, puede que no permita encontrar de manera concreta una respuesta consensuada para alguna situación en particular. Todo esto conlleva a realizar un análisis de carácter inductivo y deductivo, con tal de categorizar de mejor manera las distintas concepciones e ideas de energía que surgen de los estudiantes.

Con las respuestas de los estudiantes, obtenidas en las etapas 2 y 3, que corresponden a la implementación de los diseños N°1 y N°2 del material didáctico respectivamente, se generaron las redes sistémicas. Existirán, para cada una de estas etapas, dos redes sistémicas: las iniciales, que corresponden a las respuestas a las preguntas planteadas al inicio del material didáctico y las finales, que contienen las respuestas a las mismas preguntas pero planteadas al final del material. En ellas se destacaron las respuestas que dan los estudiantes en relación con las tres ideas claves que se pretenden potenciar, correspondientes a la energía como propiedad de la configuración de un sistema, la transferencia de energía y la degradación de esta.

Por otro lado, para el análisis de las respuestas de la etapa 4, en la cual se implementó solamente una de las tres actividades presentes en el diseño didáctico Final correspondiente a la relacionada con la configuración del sistema, se realizó un análisis de tipo cualitativo e

interpretativo, sin la creación de redes sistémicas, estudiando qué tanto se acercan o alejan de esta idea, obteniendo así resultados que pueden dar pie a lo que se podrá ver en una implementación completa del diseño didáctico Final planteado para una próxima investigación.

A continuación, se darán a conocer las categorías de las redes sistémicas que se relacionan directamente con las tres ideas principales antes mencionadas.

### **3.7.2 Categorías de las redes sistémicas**

De acuerdo a las ideas de los estudiantes presentes en las preguntas seleccionadas de cada uno de los diseños didácticos, en conjunto con las ideas que se potencian en el material didáctico, es decir la energía como propiedad de la configuración del sistema, mecanismos de transferencia de energía y degradación y conservación de esta, se logró identificar dos categorías generales: la primera en donde se alude a aspectos energéticos y en segundo lugar aquellas que consideran aspectos no energéticos. Las distintas categorías se ejemplifican a través de algunas respuestas de los estudiantes, y se denominarán con una AX o BX para representar a cada uno de los en la primera y segunda implementación respectivamente. Por ejemplo, A8 corresponderá a lo que el estudiante número 8 respondió en la primera implementación, y B1 representa lo que el estudiante número 1 respondió en la segunda implementación.

Si bien las respuestas de los estudiantes de la tercera implementación no se categorizaran a través de redes sistémicas, ya que solo realiza un análisis interpretativo de ellas, se denominará como un CX al momento de citar algún ejemplo, es decir, C5 corresponderá a lo que el estudiante número 5 de la tercera implementación respondió.

**Aspectos energéticos:** Dentro de esta categoría surgen cinco subcategorías en relación a lo que las estudiantes mencionan en torno a la energía, estas son su origen, transformación, transferencia, degradación y conservación.

#### **- Origen**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que mencionan de donde proviene la energía. En función de los resultados obtenidos surgen dos sub-categorías que abarcan aquellas ideas referentes a que la energía se crea en procesos a lo largo del ciclo termodinámico y que se crea en las cosas (objetos del ciclo). Por ejemplo A8 “Energía cinética por el movimiento de partículas”, A10 “energía calórica generada por el carbón”, respectivamente.

- **Transformación**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que hablan de transformaciones de energía a lo largo del proceso haciendo referencia a tipos de energía. Por ejemplo, A2 menciona una transformación de energía cinética en energía eléctrica y A7 lo hace de energía eléctrica a lumínica.

- **Transferencia**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que describen los caminos de la energía a través de mecanismos, desde una parte a otra del sistema o se asocia a cambios en el sistema. Por ejemplo A6 “La energía cinética pasa al generador que produce electricidad”, A5 menciona “movimiento de la correa provoca que se transfiera energía”, A9 “La energía eléctrica es entregada al entorno como luz a través de la radiación”.

- **Degradación**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que evidencian la idea de que la energía se degrada a través del sistema mencionando aspectos que tienen relación con la disipación (como forma de degradación), cantidad de energía, capacidad para realizar nuevos cambios y la calidad de los cambios que se pueden realizar. Por ejemplo A3 “La ampolleta transmite energía en forma de luz y calor al entorno”, A6 “La calidad disminuye a medida que disminuye la cantidad de energía”, A4 “siendo un sistema real hay disipación de energía y eso puede influir en la calidad final de la energía que utilizamos para hacer funcionar la ampolleta, que definitivamente es menor a la inicial”.

- **Conservación de energía**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que identifican qué sucede con la energía a través de los procesos del ciclo termodinámico, refiriéndose a que si ésta “aumenta (se crea)”, “se gasta (disminuye)”, “se mantiene” o se “pierde”. Por ejemplo A9, en la pregunta 3, asocia un aumento en la energía a algunos procesos del ciclo, siendo el más significativo el de energía infinita en el tendido eléctrico. A5 habla en términos de “La ampolleta no ocupa toda la energía inicial, debido a que los procesos intermedios también gastan energía”.

**Aspectos no energéticos:** Dentro de esta categoría se pueden observar aquellas respuestas de los estudiantes que hacen referencia a aspectos energéticos a través de cambios mecánicos u observables.

- **Procesos observables y cambios**

Esta categoría surge de las respuestas de los estudiantes que describen a grandes rasgos procesos o cambios que se observan en el ciclo termodinámico, asociándolos a cambios mecánicos que ayudan a hilar las ideas que se mencionan de energía, pero sin embargo no los relacionan con el origen, transferencia o degradación de energía. Por ejemplo, A2 menciona “se

mueve el pistón”, “carbón encendido”, “se enciende la ampolleta”.

El espectro de respuestas que los estudiantes dan ante las preguntas que se les plantean en el material didáctico y que quedan plasmadas en las redes sistémicas, son un aporte importante en el proceso de refinamiento de este, así como también todas las decisiones, análisis, discusiones y debates llevados a cabo por los integrantes del grupo de seminario. Todos estos detalles y avances que se realizaron a lo largo de este Seminario de Grado se presentarán en tablas, las cuales se explican en el siguiente apartado.

### **3.7.3 Proceso de refinamiento del material didáctico**

En base al modelo energético que se pretende potenciar en el material didáctico y enfatizado en el marco teórico de este Seminario de Grado, existen aspectos del diseño Inicial Tradicional (basado en el método científico) que no permitía acercar a los estudiantes a una visión energética de los fenómenos analizados en torno a los ciclos termodinámicos, es por este motivo que se hizo necesario efectuar un refinamiento en dicho diseño, de tal manera que permitiera a los estudiantes comenzar a expresar los modelos conceptuales que poseen en relación a la energía y trabajar en base a ellos.

Con el objetivo de sintetizar de manera clara los cambios que se realizaron en el material didáctico, se construyeron tablas de refinamiento que reflejan, en detalle, el proceso de optimización del material diseñado. Éstas incluyen las etapas por las que pasaron las diferentes preguntas y el contenido del material hasta lograr el diseño didáctico Final, es decir, desde las opiniones de expertos y reflexiones realizadas luego de cada implementación con los estudiantes hasta el análisis de los integrantes del grupo de seminario.

Las modificaciones presentes en cada ciclo de refinamiento se clasifican en dos categorías: la primera tiene relación con los conocimientos científicos y la segunda con los conocimientos de contenido pedagógico; donde ambos se dividen en seis aspectos que son detallados en la tabla 3, la cual fue diseñada por Pintó, Hernández y Constantinou (2013).

Modificaciones		Justificación por cada cambio
<b>Modificaciones de los conocimientos científicos</b>	Respecto al contenido conceptual	
	Respecto a procedimientos del docente	
<b>Modificaciones de los conocimientos de contenido pedagógico</b>	Respecto a la investigación	
	Respecto a los modelos	
	Respecto a la contextualización	
	Respecto a otros aspectos de aprendizaje	

**Tabla 3.2. Transferencia de materiales de Pintó y otros (2013)**

A continuación se explicará detalladamente el criterio de cómo se han categorizado las modificaciones dentro de la tabla, describiendo cada uno de los aspectos que ésta considera.

#### **Respecto al contenido conceptual**

Está relacionado con los cambios referentes a términos o conceptos que puedan dificultar la comprensión de alguna actividad, contextualización, procedimientos, etc. Pueden quitarse tanto términos como párrafos completos si es que estos no cumplen con su fin, o añadirse si es que permiten comprender de mejor manera lo que se trata de enseñar a los estudiantes.

#### **Respecto a procedimientos del docente**

Se enfoca en entregar y complementar las instrucciones que debe seguir el docente a cargo del material didáctico para guiar de una manera más apropiada la clase o actividad a realizar. Estas instrucciones pueden darse a través de preguntas claves en ciertos momentos de la clase, generando puestas en común para abarcar uniformemente los conceptos en los diversos estudiantes, entre otros pasos a seguir.

#### **Respecto a la investigación**

Estas modificaciones apuntan a los cambios en las actividades o procedimientos, los cuales permitirán a los estudiantes generar una mayor comprensión de los fenómenos, es decir, que no solo se queden con un hecho del fenómeno que ocurrirá, sino que puedan visualizar y

percatarse de las diferentes situaciones que pueden ocurrir a través de estas actividades, ya sea teóricas o experimentales.

### **Respecto a los modelos**

Esta sección apunta directamente a las modificaciones relacionadas con las ideas y modelos mentales que poseen los estudiantes, lo que implica que los cambios realizados se enfocan en guiar y permitir al estudiante el apropiarse lo mayor posible de la idea que se espera potenciar en las actividades presentes según el contenido que se trabajará.

### **Respecto a la contextualización**

En este apartado se destaca la importancia que tiene el acercar y conectar los distintos fenómenos, que para algunos estudiantes a veces son hechos que solo se ven en los laboratorios, hacia algo más cercano a lo que uno ve en el día a día.

### **Respecto a otros aspectos de aprendizaje**

Son modificaciones relacionadas con los hechos procedimentales respecto al trabajo práctico, ya sea el cómo usar los distintos materiales, como ayuda el trabajar con los sensores, el hecho de trabajar con programas o software que simulan y permiten recolectar datos de manera más productiva, etc.

Finalmente, las tablas de refinamiento plasmarán los cambios a los que ha sido sometido el material didáctico a lo largo de este Seminario de Grado y ayudarán a demostrar y detallar su refinamiento, el cual se encuentra sustentado por el paradigma del DBR presentado en el Marco Teórico.

## **Capítulo 4. Resultados**

Los resultados se presentan separados en cuatro bloques, correspondientes a las etapas que fueron detalladas en el capítulo anterior, es decir, el primer bloque contemplará los resultados obtenidos del análisis del diseño Inicial Tradicional, el segundo los resultados referentes a la primera implementación y posterior refinación del material didáctico, el tercero, semejante al anterior, los resultados asociados a la segunda implementación y refinación, finalmente el cuarto bloque contemplará resultados obtenidos en la implementación de la actividad N°1 del diseño didáctico Final.

Cada uno de estos bloques contendrá resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al inicio y al final de cada implementación (redes sistémicas), análisis porcentual y/o al refinamiento del material didáctico, según corresponda.

#### **4.1 Primer Bloque**

##### **4.1.1 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico finalizada la primera etapa**

La siguiente tabla contiene algunas de las modificaciones realizadas a la versión inicial tradicional del material didáctico, en cuanto a conocimientos científicos y conocimientos de contenido pedagógico. Cada modificación va acompañada de un ejemplo que permite contrastar el diseño Inicial Tradicional con el diseño N°1, el cual fue el primer diseño implementado.

Refinamiento del material didáctico finalizada la primera etapa								
Modificaciones	Justificación por cada cambio							
Modificaciones de los conocimientos científicos	<p><b>Respecto al contenido conceptual</b></p> <p>En la versión inicial se habla de “transformación” para referirse a la transición de una etapa a otra en el ciclo termodinámico lo que llevaría a pensar en una modificación o cambio total de dicha etapa. Es por esto que este término se ha modificado por “proceso”, puesto que así se da a entender que ambas etapas se relacionan y articulan para llegar a un resultado final.</p>							
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p><b>Versión inicial tradicional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>...describe los cambios que se producen e indica el nombre de las transformaciones en cada caso.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #92d050;">Transformación</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div> </td> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> <p><b>Diseño N°1</b></p> <p><b>Pregunta 8:</b> ...describe cada proceso del ciclo termodinámico completando la tabla 6.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Proceso</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div> </td> </tr> </table>	<p><b>Versión inicial tradicional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>...describe los cambios que se producen e indica el nombre de las transformaciones en cada caso.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #92d050;">Transformación</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div>	Transformación	A -> B	B -> C	<p><b>Diseño N°1</b></p> <p><b>Pregunta 8:</b> ...describe cada proceso del ciclo termodinámico completando la tabla 6.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Proceso</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div>	Proceso	A -> B
<p><b>Versión inicial tradicional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>...describe los cambios que se producen e indica el nombre de las transformaciones en cada caso.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #92d050;">Transformación</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div>	Transformación	A -> B	B -> C	<p><b>Diseño N°1</b></p> <p><b>Pregunta 8:</b> ...describe cada proceso del ciclo termodinámico completando la tabla 6.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="background-color: #4f81bd; color: white;">Proceso</th></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">A -&gt; B</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">B -&gt; C</td></tr> </table> </div>	Proceso	A -> B	B -> C	
Transformación								
A -> B								
B -> C								
Proceso								
A -> B								
B -> C								

**Respecto a procedimientos del docente**

Se generan espacios en el diseño N°1 del material didáctico, para generar puestas en común sobre los conceptos y modelos de los estudiantes, estando presentes en los ítem de compartiendo ideas, además de al principio y al final de comprueba tus respuestas.

**Versión inicial tradicional**

En las prácticas experimentales relacionadas con la guía tradicional, no se disponen de espacios para una puesta en común, sino que esta se hace antes de realizar el experimento, explicando los pasos a seguir y definiendo algunos conceptos a través de la experiencia.

**Diseño N°1**

Compartiendo ideas

Ahora que respondiste las preguntas planteadas, es momento de compartir tus ideas con el resto de tus compañeros(as) y profesor(a). Si deseas corregir o agregar alguna idea, puedes escribirla en el espacio dado a continuación. Es muy importante que no edites tus respuestas iniciales, ya que estas serán utilizadas luego de realizar la experiencia. Se entregan espacios para las puestas en común en el material didáctico para consensuar las ideas y los modelos que surgen de los alumnos, siendo guiados por el docente.

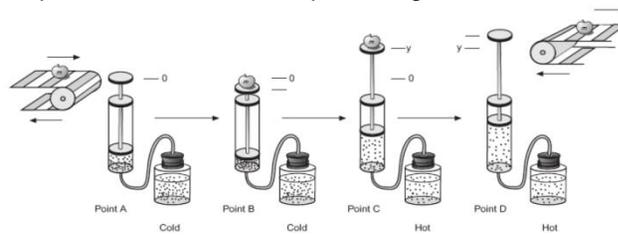
**Modificaciones de los conocimientos de contenido pedagógico**

**Respecto a la investigación**

La pregunta de la versión original apunta a diseñar una estrategia para ejecutar el ciclo termodinámico, sin embargo el diseño N°1 propone que se analice antes de ejecutarlo, a través del estudio y caracterización de sus partes.

**Versión inicial tradicional**

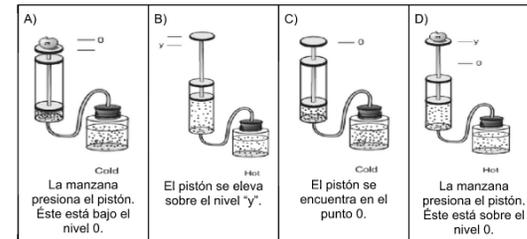
Diseña una estrategia para ejecutar el ciclo a-b-c-d que se muestran en la figura y para medir cada una de las variables termodinámicas involucradas. Esta estrategia debería iniciarse con el pistón en una posición baja y su realización se resume en las etapas indicadas en el esquema siguiente:



Fuente: Anexo 1. Diseño Inicial Tradicional

**Diseño N°1**

Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).



Fuente: Elaboración propia

Pregunta 4. Para cada imagen describe en la siguiente tabla como se encuentra cada parte del sistema:

Etapa	¿Cómo se encuentra esta parte del sistema?
-------	--

**Pregunta 5:** De acuerdo al estado que describiste de cada parte del sistema, intenta asociar cada imagen a un punto del gráfico P (V) que se encuentra a continuación y que permita formar el ciclo termodinámico. No olvides indicar el punto de inicio y sentido del ciclo termodinámico.

**Respecto a los modelos**

1. Se agrega un ítem que presenta un sistema que tiene relación con el ciclo termodinámico a estudiar con el fin de que los estudiantes recurran a su modelo inicial energético para responder ciertas interrogantes.
2. Se incluyen preguntas de predicción del fenómeno a estudiar (Pregunta 6 y 7).
3. Se agrega una pregunta que contraste las ideas iniciales de los estudiantes con las posteriores a la realización de la actividad (Pregunta 11).
4. Se agrega un ítem en donde expresan el modelo consensuado (Pregunta 13 y 14).
5. Se agrega un ítem de aplicación (15 y 16).

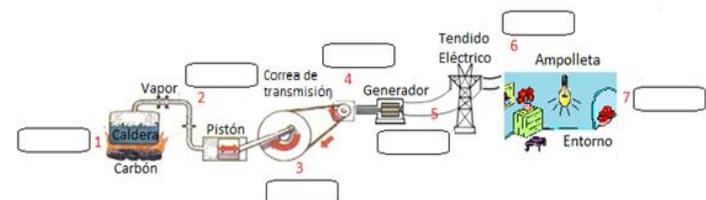
**Versión inicial tradicional**

Para los ejemplos mencionados anteriormente no existen preguntas que se relacionen con las fases de la modelización.

**Diseño N°1**

**Ejemplo 1:**

Observa el siguiente esquema, anota cómo está cada parte, qué mecanismo de transferencia de energía identificas, qué cambios asocias a éstas y cómo crees que será la calidad y cantidad de energía a lo largo del sistema.



Fuente: Elaboración propia.

**Respecto a la contextualización**

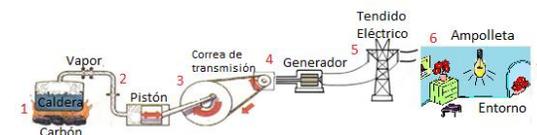
1. Se agrega un párrafo en donde se contextualiza el esquema de la termoeléctrica.
2. Se hace una conexión entre el funcionamiento de una central termoeléctrica, antes estudiada, y el de un motor.

**Versión inicial tradicional**

No existe contextualización sobre el fenómeno a explorar.

**Diseño N°1**

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía (a través de calor). Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo Atacama, Taltal, Tarapacá, Los Cipreses.



Fuente: Elaboración propia

Para tener en cuenta: Al igual que un motor, una central termoeléctrica funciona a través de etapas o ciclos. El combustible fósil se quema para calentar el agua contenida en la caldera hasta que ésta se convierte en vapor, la energía producida en la combustión se transfiere en forma de calor, el vapor sale de la caldera a una temperatura muy alta, al igual

		<p>que la presión, se conduce por tubos hasta una turbina, la cual mueve un generador eléctrico debido a la transferencia de energía del vapor a la turbina en forma de trabajo. El vapor utilizado se enfría hasta licuarse y el agua regresa a la caldera para comenzar nuevamente el ciclo.</p>
<p><b>Respecto a otros aspectos de aprendizaje</b>          Se hace un cambio total en la pregunta de aplicación del diseño original, la cual se enfoca más en un ejercicio de calcular y comparar, alejándose del propósito que es analizar las concepciones finales de los estudiantes. Se cambia por las preguntas 15 y 16.</p>		
	<p><b>Versión inicial tradicional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De no tener medidor de presión, ¿cómo podrías determinarla en cada punto? Calcula y compara con los valores obtenidos por el sensor.</li> </ul>	<p><b>Diseño N°1</b></p> <p>16. Si la primera ley de la termodinámica señala que podemos mantener invariante la energía interna asociada a un estado de un sistema siempre y cuando el calor y trabajo se sustenten entre sí, entonces: ¿Cómo podrías explicar que en los medios de comunicación se hable de crisis energéticas?</p>

Tabla 4.1. Tabla de cambio N°1, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la primera etapa

A modo de resumen, se puede afirmar que las modificaciones realizadas en este bloque estuvieron principalmente dirigidas a establecer las fases de la modelización en el material didáctico, para pasar del diseño Inicial Tradicional al diseño N°1, reformulando las preguntas y en otras ocasiones agregando algunas. Por otro lado, el trabajo práctico que contemplaba el diseño Inicial, enfocado directamente a un análisis cuantitativo, fue ocupado en la fase 3 de la modelización: “evaluar el modelo”, como el momento en que los estudiantes a parte de calcular, manipulan y analizan lo que sucede en el fenómeno. Finalmente, se anexaron párrafos que contextualizan el trabajo práctico, relacionándolo con las termoeléctricas, con el fin que los estudiantes tomen consciencia de la proximidad a la sociedad de los temas relacionados a la energía.

## **4.2 Segundo bloque**

### **4.2.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la segunda etapa**

Las redes que se presentan a continuación, permiten organizar los distintos aspectos de los modelos mentales de los estudiantes, en relación con la energía y sus conceptos asociados, plasmados en las respuestas que éstos dan en su dossier de trabajo.

Estos aspectos de los modelos mentales de los estudiantes dan origen a las categorías de la red: mencionan “aspectos energéticos” como “no energéticos”. En base a esta primera división surgen diferentes dimensiones que nos permiten observar aspectos más concretos mencionados por los estudiantes como por ejemplo nociones en torno al origen de la energía, mecanismos de transferencia, conservación y degradación de ésta.

Tal como fue mencionado en la metodología de esta investigación, se analizaron las respuestas de los estudiantes al inicio y al final de cada implementación, por tanto, las redes que se presentan a continuación hacen referencia a estos dos momentos.

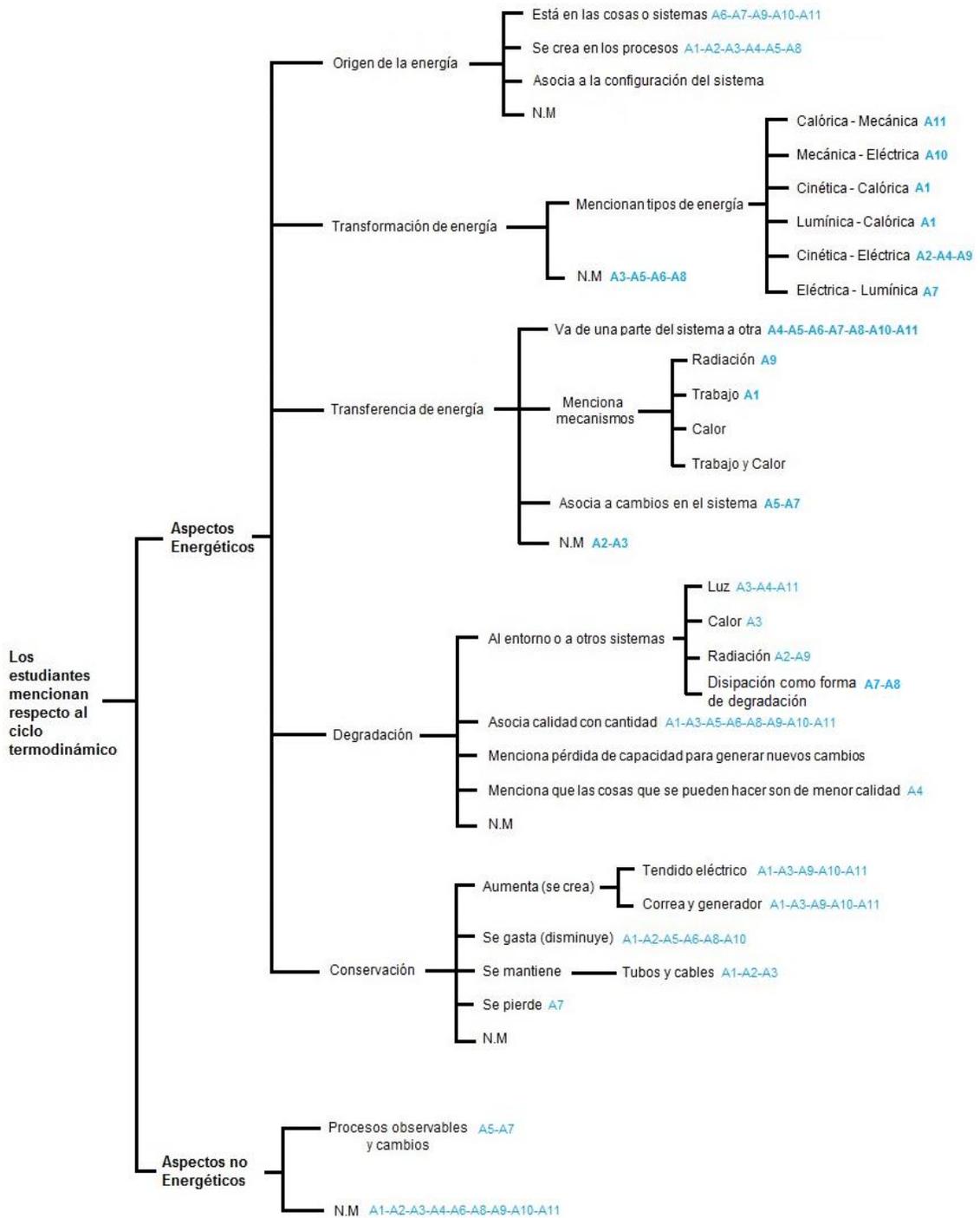


Figura 4.1. Red sistémica N°1. Respuestas de los estudiantes al inicio de la primera implementación

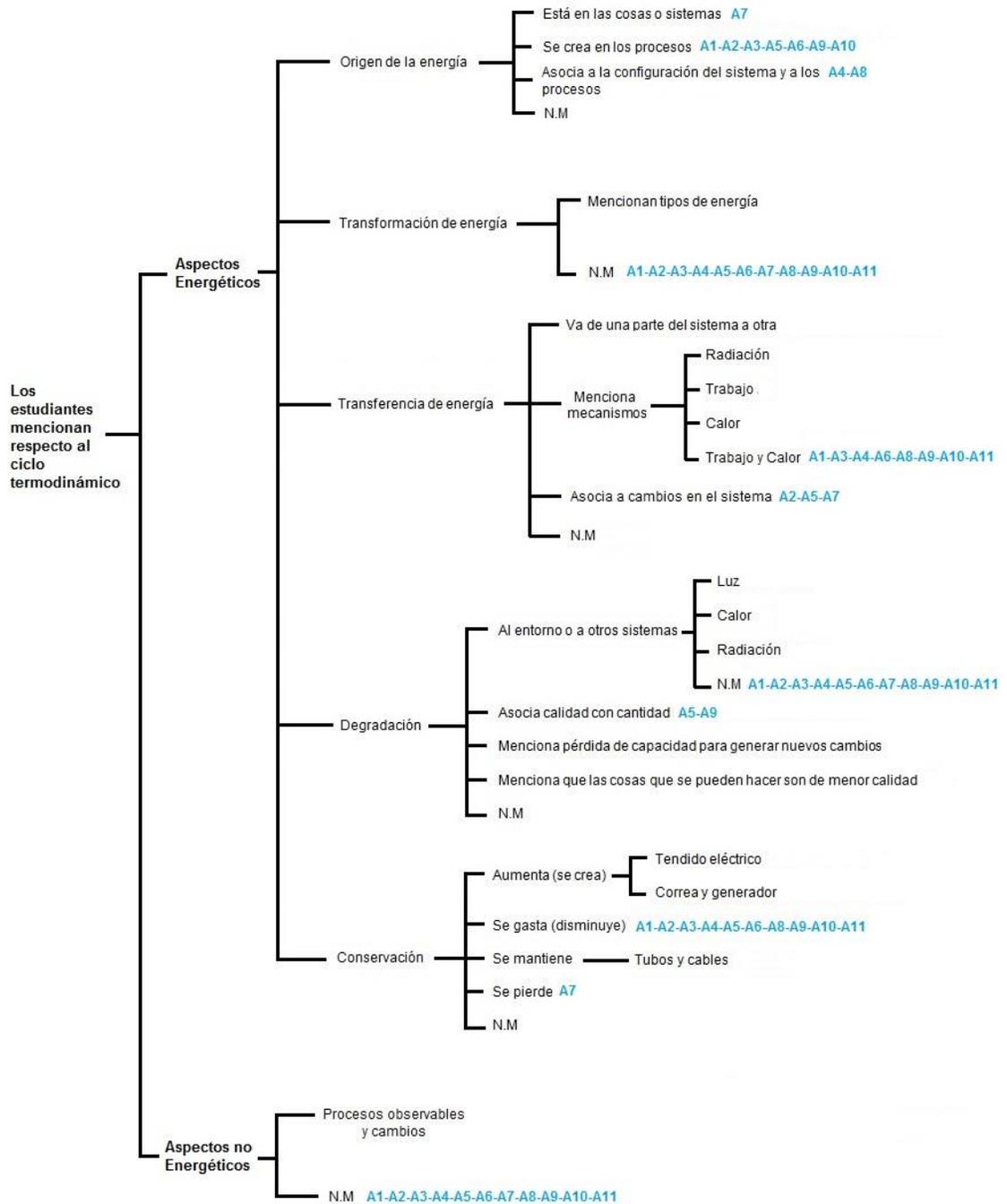


Figura 4.2. Red sistémica N°2. Respuestas de los estudiantes al final de la primera implementación.

## Análisis de las respuestas según las tres ideas al inicio y final de la primera implementación

A continuación se muestra un análisis porcentual de las respuestas de los estudiantes al inicio y final de la primera implementación, el cual es separado en tres partes, correspondientes a las tres ideas del modelo de energía que se espera potenciar.

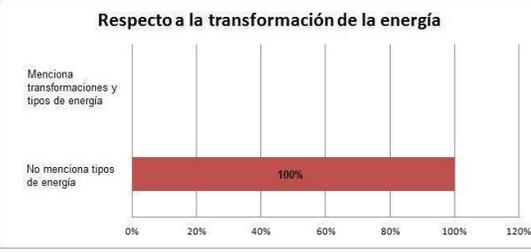
- *Respuestas con respecto a la idea 1: “La energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no es algo almacenado en los cuerpos”.*

Origen de la energía																	
Al inicio de la implementación	Al final de la implementación																
<p style="text-align: center;"><b>Respecto al origen de la energía</b></p> <table border="1"> <caption>Respecto al origen de la energía (Inicio)</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Asocia a los cambios y a la configuración del sistema</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo</td> <td>55%</td> </tr> <tr> <td>Se encuentra en las cosas</td> <td>45%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Asocia a los cambios y a la configuración del sistema	0%	Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo	55%	Se encuentra en las cosas	45%	<p style="text-align: center;"><b>Respecto al origen de la energía</b></p> <table border="1"> <caption>Respecto al origen de la energía (Final)</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Asocia a los cambios y a la configuración del sistema</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Se encuentra en las cosas</td> <td>9%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Asocia a los cambios y a la configuración del sistema	18%	Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo	73%	Se encuentra en las cosas	9%
Categoría	Porcentaje																
Asocia a los cambios y a la configuración del sistema	0%																
Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo	55%																
Se encuentra en las cosas	45%																
Categoría	Porcentaje																
Asocia a los cambios y a la configuración del sistema	18%																
Está en los cambios que ocurren en los procesos del ciclo	73%																
Se encuentra en las cosas	9%																
<p>Un 45% de los estudiantes considera que la energía se encuentra en las cosas o sistemas, tal como señala A11: “Existe una energía mecánica en la correa de transmisión...”, descartando el hecho de asociarla a movimientos o a cómo están las cosas o partes de cada secuencia del sistema.</p> <p>Un 55% evidencia la idea que la energía se crea o asocia a lo que está sucediendo a lo largo del ciclo, sin hacer referencia a cómo están las partes de la secuencia del sistema, por ejemplo A3 señala: “cuando el vapor hace que el pistón se mueva: Energía mecánica”.</p> <p>Finalmente ningún estudiante hace referencia a que la energía se asocia a la configuración del sistema, lo que corresponde a un resultado crítico,</p>	<p>Un 9% de los estudiantes considera que la energía se encuentra en las cosas o sistemas, tal como lo señala A7 respondiendo que asocia “El generador distribuye la energía eléctrica obtenida y se la entrega al tendido eléctrico”. La respuesta obtenida por este estudiante al inicio de la implementación era que la energía igualmente se encuentra en las cosas o sistemas, por lo que podemos apreciar que su idea se mantiene a lo largo del trabajo en el material didáctico.</p> <p>Un 73% evidencia la idea que la energía se crea o asocia a lo que está sucediendo a lo largo del ciclo, por ejemplo A5 menciona el origen de la energía asociándola a: “Energía mecánica, debido al movimiento que se produce en el pistón, provocando posteriormente que la correa de</p>																

<p>que nos permite inferir que una de las tres ideas que esperamos potenciar con el material didáctico no se encuentra presente en las concepciones de este grupo de estudiantes.</p>	<p>transmisión se mueva”. Si bien no asocian la energía a cómo están las partes de la secuencia del sistema, el hecho que algunos estudiantes dejen de mencionar que ésta está en las cosas, da pie a un pequeño avance.</p> <p>El 18% restante menciona tanto que la energía se crea en los procesos relacionándola al movimiento como también señala que ésta se asocia a cómo se encuentra cada parte de la secuencia del sistema. Se destaca que estos estudiantes conservan las ideas que tenían al inicio de la implementación, pero además agregan la idea que la energía se puede asociar a cómo están las cosas o los sistemas.</p>
---	--

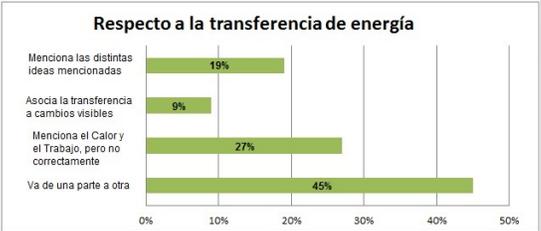
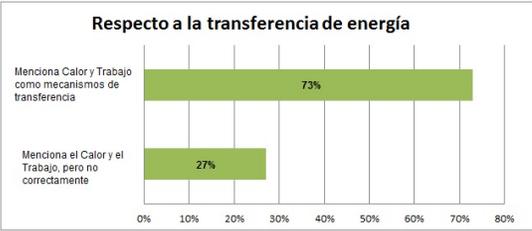
**Tabla 4.2. Análisis porcentual de las respuestas con respecto al origen de la energía**

- *Respuestas con respecto a la idea 2: “El trabajo y el calor son mecanismos de transferencia de energía”*

<i>Transformación de la energía</i>									
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>								
<div style="text-align: center;"> <p><b>Respecto a la transformación de la energía</b></p>  <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>No menciona tipos de energía</td> <td>36%</td> </tr> <tr> <td>Menciona transformaciones y tipos de energía</td> <td>64%</td> </tr> </table> </div>	No menciona tipos de energía	36%	Menciona transformaciones y tipos de energía	64%	<div style="text-align: center;"> <p><b>Respecto a la transformación de la energía</b></p>  <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Menciona transformaciones y tipos de energía</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>No menciona tipos de energía</td> <td>100%</td> </tr> </table> </div>	Menciona transformaciones y tipos de energía	0%	No menciona tipos de energía	100%
No menciona tipos de energía	36%								
Menciona transformaciones y tipos de energía	64%								
Menciona transformaciones y tipos de energía	0%								
No menciona tipos de energía	100%								
<p>Un 64% habla de una transformación de energía, es decir, que esta se transforma de un tipo a otra, destacando el paso de “energía calórica a mecánica (A11)”, “mecánica a eléctrica (A10)”, “cinética y lumínica a calórica (A1)”, “cinética a eléctrica (A2, A4 y A9)” y “eléctrica a lumínica (A7)”. El porcentaje anterior es alto, lo que señala que la idea referente a que existen tipos de energía que se van</p>	<p>Un 100% de los estudiantes no hace referencia a tipos de energía, lo que es un resultado bastante favorable, ya que así estos pueden pasar a hablar de transferencia en vez de transformación de energía, lo que se encuentra acorde a las ideas que se esperan potenciar con el material didáctico.</p>								

<p>transformando unos en otros está presente en la mayoría del grupo de estudiantes de la muestra.</p> <p>En esta categoría, un 36% no hace alusión a tipos de energía, por lo tanto tampoco a la transformación de ésta. Si bien es favorable que los estudiantes no hayan mencionado tipos de energía, esta información no nos asegura que vayan a hablar en términos de la transferencia de ésta.</p>	
--	--

**Tabla 4.3. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transformación de energía.**

<i>Transferencia de energía</i>																	
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>																
<p style="text-align: center;"><b>Respecto a la transferencia de energía</b></p>  <table border="1" data-bbox="305 919 846 1150"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menciona las distintas ideas mencionadas</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Asocia la transferencia a cambios visibles</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>Va de una parte a otra</td> <td>45%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Menciona las distintas ideas mencionadas	19%	Asocia la transferencia a cambios visibles	9%	Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente	27%	Va de una parte a otra	45%	<p style="text-align: center;"><b>Respecto a la transferencia de energía</b></p>  <table border="1" data-bbox="889 919 1421 1150"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menciona Calor y Trabajo como mecanismos de transferencia</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente</td> <td>27%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Menciona Calor y Trabajo como mecanismos de transferencia	73%	Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente	27%
Categoría	Porcentaje																
Menciona las distintas ideas mencionadas	19%																
Asocia la transferencia a cambios visibles	9%																
Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente	27%																
Va de una parte a otra	45%																
Categoría	Porcentaje																
Menciona Calor y Trabajo como mecanismos de transferencia	73%																
Menciona el Calor y el Trabajo, pero no correctamente	27%																
<p>Un 45% menciona que la energía se transfiere desde una parte del sistema a otra, por ejemplo A5 señala que “la energía eléctrica se transfiere por los cables” o A10 responde que “el generador recibe la energía que se produce por la correa”. Este resultado es desfavorable puesto que expresa que un alto porcentaje de estudiantes poseen la concepción que la energía “viaja” o “fluye”, acercándose a la idea que la energía corresponde a un material manipulable y no a que podemos asociarla a la configuración del estado de un sistema y apreciarla a través de los cambios que se evidencian.</p> <p>Un 27% de los estudiantes menciona mecanismos para referirse a la transferencia de energía. De este</p>	<p>Un 27% de los estudiantes menciona mecanismos para referirse a la transferencia de energía, ya sea en forma de trabajo o calor a lo largo del sistema, no obstante no los asocia de manera correcta a los cambios que se producen en el sistema.</p> <p>Un 73% menciona como mecanismos de transferencia de energía el calor y el trabajo, asociando los cambios que ocurren en el sistema a estas transferencias, como variaciones de temperatura y posición debido a fuerzas, respectivamente.</p>																

<p>porcentaje un 9% habla en términos de radiación y el otro 18% de trabajo. Este porcentaje, si bien no es general, refleja que al menos una parte de los estudiantes tiene la noción de que la energía necesita de mecanismos para ser transferida y no lo hace fluyendo de un lugar a otro.</p> <p>Un 9% menciona los cambios que se producen en el sistema para referirse a transferencias de energía, por ejemplo A3 menciona que “el agua ebulle y se transforma en vapor”.</p> <p>Finalmente un 19% indica que la energía se transfiere desde una parte del sistema a otra y además la asocia a los cambios que se producen, A5 describe “aumento de la presión debido al cambio de temperatura” y “la energía eléctrica se transfiere por los cables”, así mismo A7 menciona “varía el estado de inercia del pistón y las diferencias de presión” y “el generador distribuye la energía y se la entrega al tendido eléctrico”. Este tipo de respuestas nos da a conocer que estos estudiantes poseen una mezcla de las ideas anteriormente detalladas en torno a la transferencia de energía.</p>	
---	--

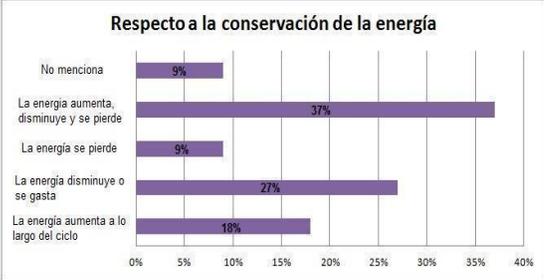
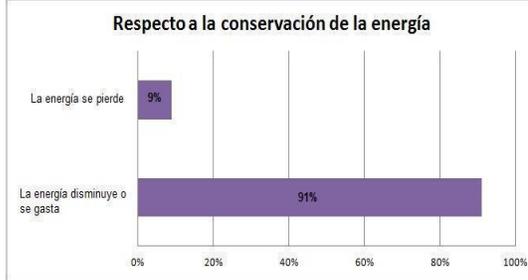
**Tabla 4.4. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transferencia de energía.**

- *Respuestas con respecto a la idea 3: “La energía se conserva en sistemas aislados y se degrada en sistemas abiertos”*

<i>Degradación de energía</i>																					
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>																				
<table border="1"> <caption>Respecto a la degradación de la energía (Inicio)</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>La energía es menos eficiente al final</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Menciona disipación y calidad - cantidad</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>Asocia la calidad con la cantidad de energía</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>Disipación como forma de degradación</td> <td>27%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	La energía es menos eficiente al final	9%	Menciona disipación y calidad - cantidad	27%	Asocia la calidad con la cantidad de energía	37%	Disipación como forma de degradación	27%	<table border="1"> <caption>Respecto a la degradación de la energía (Final)</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>La energía es menos eficiente al final</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Menciona disipación y calidad - cantidad</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Asocia la calidad con la cantidad de energía</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Disipación como forma de degradación</td> <td>82%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	La energía es menos eficiente al final	0%	Menciona disipación y calidad - cantidad	9%	Asocia la calidad con la cantidad de energía	9%	Disipación como forma de degradación	82%
Categoría	Porcentaje																				
La energía es menos eficiente al final	9%																				
Menciona disipación y calidad - cantidad	27%																				
Asocia la calidad con la cantidad de energía	37%																				
Disipación como forma de degradación	27%																				
Categoría	Porcentaje																				
La energía es menos eficiente al final	0%																				
Menciona disipación y calidad - cantidad	9%																				
Asocia la calidad con la cantidad de energía	9%																				
Disipación como forma de degradación	82%																				
<p>Un 27% de los estudiantes evidencian la idea de disipación como forma de degradación de energía. Por ejemplo A2 y A3 mencionan que a través de la luz y la radiación la energía se disipa, respectivamente.</p> <p>Un 37% asocia la realización de cambios a lo largo del sistema con la cantidad de energía, señalando que la calidad variará según la cantidad de energía que se disponga a lo largo del ciclo, tal y como menciona A6 “la calidad disminuye a medida que disminuye la cantidad de energía”. Este porcentaje es desfavorable, ya que se espera que los estudiantes relacionen la realización de cambios con la pérdida de la energía útil en el ciclo, no solamente con la cantidad de energía.</p> <p>Un 27% evidencia tanto la idea de disipación como forma de degradación como también relaciona los cambios que se producen en el sistema con la cantidad de energía.</p> <p>Un 9% evidencia la idea que los cambios que se realizan no son tan eficientes como en un principio y además que la calidad de la energía se relaciona directamente con la cantidad de ésta. Este tipo de</p>	<p>Dentro de la idea de disipación como forma de degradación de energía, se aprecia un aumento en las respuestas de los estudiantes que mencionan que la energía se disipa a lo largo del ciclo, correspondiendo a un 82%.</p> <p>Un 9% asocia la realización de cambios a lo largo del sistema con la cantidad de energía, señalando que la calidad variará según la cantidad de energía que se disponga a lo largo del ciclo. Se observa una disminución de un 27% con respecto a las respuestas iniciales de los estudiantes en esta idea, lo que es favorable debido a que la calidad de la energía no depende de la cantidad que se le asocia.</p> <p>Un 9% evidencia tanto la idea de disipación como una forma de degradación, así como también asocia la realización de cambios a lo largo del sistema con la cantidad de energía. Se observa una disminución del 18% con respecto a las respuestas iniciales de los estudiantes, lo que al igual que el resultado anterior, ya que esta disminución es la que ahora se agrega a la idea de disipación de energía en el ciclo.</p>																				

<p>respuestas por un lado se aproximan a la idea de degradación que deseamos potenciar, entendiendo que los nuevos cambios siempre serán menos eficientes que los anteriores, no obstante igualmente confunden esta idea con la cantidad de energía.</p> <p>Ningún estudiante se refiere a la degradación de energía sólo como la pérdida de capacidad para generar nuevos cambios, es decir, a la utilidad de ésta.</p>	<p>Ningún estudiante se refiere a la degradación de energía como la pérdida de capacidad para generar nuevos cambios, es decir, a la utilidad de ésta.</p>
--	--

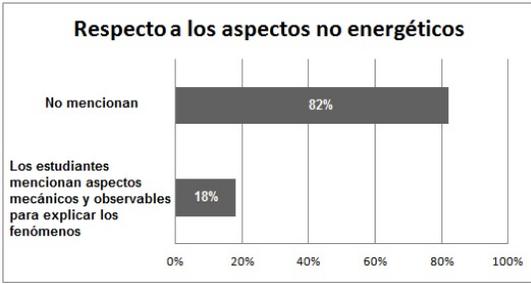
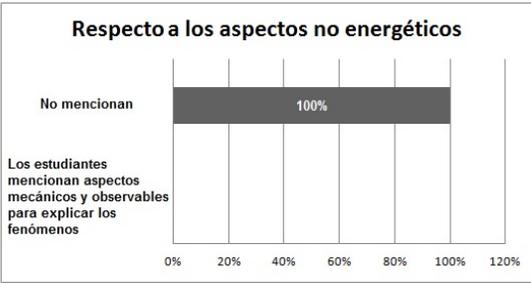
**Tabla 4.5. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la degradación de energía.**

<i>Conservación de la energía</i>																			
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>																		
 <table border="1"> <caption>Respecto a la conservación de la energía (Inicio)</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No menciona</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>La energía aumenta, disminuye y se pierde</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>La energía se pierde</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>La energía disminuye o se gasta</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>La energía aumenta a lo largo del ciclo</td> <td>18%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	No menciona	9%	La energía aumenta, disminuye y se pierde	37%	La energía se pierde	9%	La energía disminuye o se gasta	27%	La energía aumenta a lo largo del ciclo	18%	 <table border="1"> <caption>Respecto a la conservación de la energía (Final)</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>La energía se pierde</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>La energía disminuye o se gasta</td> <td>91%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	La energía se pierde	9%	La energía disminuye o se gasta	91%
Respuesta	Porcentaje																		
No menciona	9%																		
La energía aumenta, disminuye y se pierde	37%																		
La energía se pierde	9%																		
La energía disminuye o se gasta	27%																		
La energía aumenta a lo largo del ciclo	18%																		
Respuesta	Porcentaje																		
La energía se pierde	9%																		
La energía disminuye o se gasta	91%																		
<p>Un 18% habla de aumento o creación de energía a lo largo del ciclo, principalmente en el tendido eléctrico, la correa de transmisión y el generador, lo que es un resultado un tanto negativo, ya que lo que se pretende potenciar se relaciona directamente con las transferencias de energía y no con la creación de ésta.</p> <p>Un 27% señala que la energía disminuye, gastándose a lo largo de las distintas secuencias del sistema, cuya finalidad radica en que se logre el funcionamiento de cada una de las partes que lo</p>	<p>Un 91% señala que la energía disminuye, gastándose a lo largo de las distintas secuencias del sistema, esto con el fin de que se logre el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen. Este aumento (27% a 91%) es significativo, ya que el hecho de que mencionen que la energía se gaste nos indica que existe una noción de la idea de degradación de energía, no obstante no corresponde a una idea completa pues no mencionan cómo se gasta o disipa.</p> <p>Un 9% de los estudiantes habla que la energía se pierde, sin señalar si esta se pierde a través de</p>																		

<p>componen.</p> <p>Otro 9% de los estudiantes habla que la energía se pierde, sin señalar la manera en la cual lo hace, por ejemplo si esta se pierde a través de roce, sonido o se transfiere al entorno, entre otros.</p> <p>Un 36% de los estudiantes evidencia las tres ideas que se mencionan anteriormente: aumento o creación de energía, gasto de energía para el funcionamiento del ciclo y pérdida de energía.</p> <p>Finalmente, un 9% no menciona nada en relación a la idea de conservación de la energía y lo hace en función de la degradación, lo que es positivo, ya que es una de las ideas que se pretende potenciar.</p>	<p>roce, sonido o se transfiere al entorno, entre otros. Cabe mencionar que los estudiantes que forman parte de este porcentaje mantienen sus ideas con respecto a sus ideas iniciales.</p> <p>Un aspecto a destacar es que en la categoría de aumento o creación de energía hay una disminución total de los estudiantes que tenían esta idea, lo que es favorable ya que no se trabaja en un ciclo ideal, si no que real. Por lo tanto, si hablamos sobre la conservación y degradación de la energía, ésta se conserva en sistemas aislados y se disipa en los sistemas abiertos, de manera que la energía que gana o pierde un sistema siempre corresponde a la pérdida o ganancia de otro sistema o del entorno, por lo que el hecho de que aparezca energía de la nada (como sucedió en un inicio) no debería ocurrir.</p>
---	--

**Tabla 4.6. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la conservación de energía.**

- *Resultados en función de los aspectos no energéticos*

<i>Procesos observables y cambios</i>									
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>								
<p style="text-align: center;"><b>Respecto a los aspectos no energéticos</b></p>  <table border="1" data-bbox="310 1312 841 1596"> <tr> <td>No mencionan</td> <td>82%</td> </tr> <tr> <td>Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos</td> <td>18%</td> </tr> </table>	No mencionan	82%	Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos	18%	<p style="text-align: center;"><b>Respecto a los aspectos no energéticos</b></p>  <table border="1" data-bbox="893 1312 1424 1596"> <tr> <td>No mencionan</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos</td> <td>0%</td> </tr> </table>	No mencionan	100%	Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos	0%
No mencionan	82%								
Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos	18%								
No mencionan	100%								
Los estudiantes mencionan aspectos mecánicos y observables para explicar los fenómenos	0%								
<p>Un 18% describe los procesos en función de aspectos mecánicos, es decir lo que se puede observar en el sistema a simple vista, por ejemplo el carbón encendiéndose, el agua calentándose, el pistón moviéndose, entre otras, sin relacionar estas</p>	<p>Ningún estudiante describe los procesos en función de aspectos mecánicos u observables para describir o explicar los distintos fenómenos.</p> <p>El 100% de los estudiantes no hace referencia a los</p>								

<p>situaciones o configuraciones a la energía.</p> <p>Un 82% describe no hace referencia a los cambios en el sistema a través de aspectos no energéticos, por lo que ellos relacionan las diferentes situaciones o configuraciones a algún concepto energético.</p>	<p>cambios en el sistema a través de aspectos no energéticos, por lo que ellos relacionan las diferentes situaciones o configuraciones a la energía.</p>
---	--

**Tabla 4.7. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a procesos y observables.**

Comparación de los resultados obtenidos al inicio y al final de la primera implementación

**Respecto al origen de la energía**

Se analizan las respuestas de los estudiantes referentes a las ideas que poseen sobre el origen de la energía, encontrando un cambio significativo en la idea que la energía se encuentra en las cosas, disminuyendo de un 45% a un 9%. Una parte de este porcentaje, más otro del 18% de los estudiantes que respondieron que la energía aparece en los procesos del ciclo termodinámico, pasaron a responder sobre la idea de que la energía se asocia a la configuración del sistema y además a ciertos cambios en el ciclo. Debido a que el porcentaje de estudiantes que responde en términos de la idea de la configuración del sistema es bajo, y es esta una de las ideas que se pretende potenciar con el material didáctico, es que se plantea en el refinamiento del material didáctico un enfoque distinto y/o alguna modificación en esta pregunta.

**Respecto a la transformación de la energía**

En base a las ideas presentes en las estudiantes, relacionadas con la transformación de la energía, al principio de la implementación existe un significativo 64% que expresa que la energía se transforma, mencionando distintos tipos de energía a lo largo del ciclo termodinámico. Analizando las respuestas finales, encontramos un 100% de respuestas donde los estudiantes no mencionan tipos de energía, lo que es bastante favorable ya que a partir de ello se puede potenciar de mejor manera la idea de transferencia de energía en un sistema. A pesar de este último resultado, el primer porcentaje es elevado, puesto que la pregunta iba dirigida a que respondiesen en función de los tipos de energía: ¿Qué energía puedes asociar?, por lo que de igual manera se considera que debemos reformular el enunciado de esta interrogante y enfocarlo a lo que deseamos potenciar.

**Respecto a la transferencia de la energía**

En esta categoría las respuestas iniciales de los estudiantes se dividen en distintos enfoques, hablando mayoritariamente que la energía se traslada de una parte a otra, asociándola además a cambios y a que se transfiere a través de calor y trabajo, pero sin especificar los cambios de

temperatura o los aspectos mecánicos presentes. Pasando a las ideas finales de los estudiantes, las respuestas se enfocan principalmente en que los mecanismos de transferencia de energía son calor y trabajo, pero se dividen en un 73% que asocia estos mecanismos a cambios en el sistema, mientras que el otro 27% relaciona correctamente el calor y el trabajo en donde el primero se refiere a cambios de temperatura y el segundo a fuerzas y desplazamientos. Si bien existe un avance en el enfoque que tienen los estudiantes referentes a esta idea, se debería modificar la pregunta para lograr que las estudiantes respondan mayoritariamente con los mecanismos de calor y trabajo diferenciándolos y caracterizándolos correctamente.

### ***Respecto a la degradación de la energía***

Las respuestas en torno a la degradación de la energía al inicio de la implementación son variadas, hablando en términos de que se disipa, asociando la calidad de la energía a su cantidad y también que a lo largo del ciclo la energía se vuelve menos útil. Enfocándose en las respuestas finales, se puede apreciar un gran cambio, principalmente en el aumento de la presencia de la idea que la energía se disipa, que va de un 27% a un 82%. Este resultado es positivo si se toma en cuenta que se les presenta un ciclo real, puesto que los estudiantes además llevan a cabo un análisis que la energía se va gastando o disminuyendo a través de los distintos procesos presentes, por lo que finalmente el enfoque de la pregunta basada en la degradación apunta a un cambio favorable en las ideas de las estudiantes acercándose a las ideas sobre la energía que se esperan potenciar. A pesar de lo anterior consideramos que sería propicio hacer hincapié también en la utilidad de la energía y cómo esta se ve influenciada a lo largo del proceso.

### ***Respecto a la conservación de la energía***

Los estudiantes responden, inicialmente, que la energía puede aumentar, disminuir o perderse. Analizando los porcentajes de las respuestas iniciales, se aprecia que ninguna de las ideas predomina sobre otra de manera significativa. Al final de la implementación en cambio, aparece un cambio mayoritario, de un 27% a un 91%, en la idea de que la energía va disminuyendo o gastándose. Si bien el aumento es significativo, el hecho de no tener respuestas específicas que señalen cómo disminuye la energía nos da a conocer que persiste la noción ambigua y sin argumentos de la disipación o conservación de energía. Ante ello se podría generar un cambio en la pregunta relacionada con esta idea, para potenciar el concepto de disipación y así los estudiantes la incluyan a su vocabulario.

### ***Respecto a los aspectos no energéticos - Procesos u observables***

Dentro de esta categoría existe un pequeño grupo (18%) que describe los distintos procesos y mecanismos que ocurren dentro del sistema termodinámico en función de aspectos mecanismos y observables sin hacer alusión a fenómenos energéticos, por lo que dentro del espectro de fundamentos que se espera en las respuestas estas estarían fuera. Si bien este resultado es al principio de la implementación, la cual considera los conceptos propios que posee el estudiante, analizando las respuestas y resultados finales se destaca que este 18% desaparece, por lo que el 100% de los estudiantes pasan a referirse a los procesos y mecanismos presentes en el ciclo termodinámico a través de fundamentos relacionados con la energía.

En resumen, existen bastantes respuestas al final de la implementación que se acercan a las ideas claves que se esperan potenciar con el material didáctico y que nos permiten inferir que a partir de ahora en adelante tendrán estos nuevos puntos de vista incluidos dentro de sus modelos respecto a la energía. A pesar de este resultado siguen existiendo respuestas y análisis ambiguos y lejanos al conocimiento científico vigente y a lo que se propone en el marco teórico, por lo que las modificaciones y refinamiento que se realizarán en este diseño, así como en los posteriores persiguen como mínimo la integración y apropiación de las tres ideas claves a partir de la práctica propuesta.

#### **4.2.2 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico**

La siguiente tabla contiene algunas de las modificaciones realizadas al diseño N°1 del material didáctico luego de su implementación, en cuanto a conocimientos científicos y conocimientos de contenido pedagógico. Cada modificación va acompañada de un ejemplo que permite contrastar el diseño N°1 con el diseño N°2.

**Refinamiento del material didáctico finalizada la segunda etapa**

<b>Modificaciones</b>	<b>Justificación por cada cambio</b>	
<b>Modificaciones de los conocimientos científicos</b>	<p><b><i>Respecto al contenido conceptual</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el diseño N°1, en la pregunta 7, se habla sobre predecir la posición final del pistón, asociándolo al estado final del volumen del gas. Se cambió la frase sobre “posición final del pistón” por el “estado final del volumen del gas” y se dejó esta por si sola, ya que el hablar en términos de un concepto físico como el volumen del gas es más apropiado que mencionar una frase un tanto ambigua como “la posición del pistón”.</li> <li>2. Ante la confusión de lo que realmente era un mecanismo de transferencia de energía, se agregó un párrafo explicativo sobre el trabajo y el calor y sus relaciones a los cambios que se pueden asociar.</li> <li>3. Se cambian los 100 J iniciales por 500 J, puesto que existen estudiantes que calcularon las calorías necesarias para que el agua cambiará de estado, en donde la cantidad de energía asociada a la primera etapa que les mostramos no era suficiente.</li> </ol>	
	<p><i>Ejemplo de modificación respecto al contenido conceptual número 1.</i></p>	
	<p><b><i>Diseño N°1</i></b></p> <p><b><i>Pregunta 7:</i></b> <i>Haz una predicción de la posición final del pistón, asociándolo al estado final del volumen del gas tras realizar el ciclo nuevamente partiendo de las condiciones en las que finalizaste por primera vez, considerando que la energía asociada al inicio del sistema recorre una serie de procesos a través del ciclo.</i></p>	<p><b><i>Diseño N°2</i></b></p> <p><b><i>Pregunta 7:</i></b> <i>Predice el estado final del volumen del gas tras realizar el ciclo nuevamente partiendo de las condiciones en las que finalizaste la primera vez.</i></p>

	<b>Respecto a procedimientos del docente</b>	
	1. Se modifica la puesta en común presente en el diseño N°1, respecto al escribir los pasos a seguir para construir el montaje a realizar, y se presenta una nueva propuesta que se enfoca en que los estudiantes tengan que dibujar el montaje, ya que esto permite un análisis más detallado sobre cómo sería la manera de proceder y manipular los materiales del experimento.	
	<i>Ejemplo de modificación respecto a los procedimientos del docente</i>	
	<b>Diseño N°1</b>	<b>Diseño N°2</b>
	<i>En el espacio a continuación puedes escribir la puesta en común sobre el montaje a realizar.</i>	<i>En el espacio a continuación puedes dibujar la puesta en común sobre el montaje a realizar.</i>
<b>Modificaciones de los conocimientos de contenido pedagógico</b>	<b>Respecto a la investigación</b>	
	No existe alguna modificación que sea significativa en cuanto a esta categoría.	
	<b>Respecto a los modelos</b>	
	1. Cambio de la pregunta 1. ¿Qué energía puedes asociar? ¿Dónde está? A la pregunta ¿A qué asociarías la energía?, puesto que las respuestas que se obtuvieron fueron en función de los tipos de energía, perdiendo el enfoque sobre la idea que se esperaba potenciar, correspondiente a la energía asociada al estado del sistema.	
	2. La pregunta número 4 se edita en función de que las respuestas de las estudiantes se acerquen al vocabulario que deseamos, hablando de presión, volumen o temperatura, y no se plantee como antes la cual apuntaba a una descripción pero de forma general.	

3. La pregunta número 12 contemplaba 3 preguntas en un mismo enunciado, por lo que las respuestas que daban las estudiantes se basaban en una o dos de las tres, no siempre coincidiendo en sus elecciones dificultando el análisis de sus respuestas. Para ello se acortó la pregunta, dejando directamente la interrogante que tiene relación con la idea 3 que se esperaba potenciar.

*Ejemplo de modificación respecto a los modelos número 1*

**Diseño N°1**

¿Qué energía puedes asociar?  
¿Dónde está?

**Diseño N°2**

¿A qué asociarías la energía?

**Respecto a la contextualización**

No existe alguna modificación que sea significativa en cuanto a esta categoría.

**Respecto a otros aspectos de aprendizaje**

1. Se realiza una ejemplificación en la pregunta N°1 en función de cómo se podría describir el cómo se encuentra una parte de la secuencia de un sistema, esto con el fin de que los estudiantes tengan una idea de lo que se espera que ellos logren responder en lo que se les solicita.
2. Ante la degradación de energía en el diseño N°1 se plantean dos preguntas en un mismo enunciado, las cuales poseen enfoques distintos, lo que provocó respuestas incompletas o inconclusas, que no otorgaban información clara. Se procede a separarlas para así analizar por separado las distintas ideas.

	<i>Ejemplo de modificación respecto a otros aspectos de aprendizaje número 1</i>	
	<b>Diseño N°1</b> <b>Pregunta 1:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <i>Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema</i> </div>	<b>Diseño N°2</b> <b>Pregunta 1:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <i>Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema. (Ej: En una hidroeléctrica el agua cae desde cierta altura)</i> </div>

Tabla 4.8. Tabla de cambio N°2, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la segunda etapa

Con el fin de encausar la variedad de contenidos conceptuales y dudas que surgieron en esta segunda implementación según las ideas de energía que se deseaban potenciar en este seminario de grado, es que se hicieron modificaciones de esta naturaleza que evitaran que los estudiantes se alejaran del marco en el que queríamos que estuviesen inmersos y pudiesen integrar de mejor manera un vocabulario cercano a modelo energético propuesto. Así mismo, en cuanto a las modificaciones relacionadas respecto a los modelos, las interrogantes planteadas llevaron a que los estudiantes los expresaran de manera confusa, muchas veces respondiendo en función de temas bastante alejados de la energía, dificultando el posterior análisis que el grupo de investigación debía realizar, por lo que la edición se realizó persiguiendo que estos se acerquen más que alejen a las ideas de energía acordes al conocimiento científico propuestas.

### **4.3 Tercer bloque**

#### **4.3.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la tercera etapa**

Las redes que se presentan a continuación, al igual que las presentadas en el bloque 2, surgen a partir de las respuestas de los estudiantes, y las cuales al ser analizadas dan origen a las distintas categorías, dimensiones y subcategorías que las componen. Dentro de ellas se distinguen, esta vez, sólo aspectos energéticos, en comparación con los resultados del segundo bloque, en las que aparecieron los aspectos no energéticos, por lo cual se incluyen en este bloque las dimensiones en torno a la energía, correspondientes a su origen, mecanismos de transferencia, conservación y degradación de ésta.

Nuevamente las redes que se presentan a continuación, representan dos momentos, el análisis de las respuestas iniciales de los estudiantes y el análisis de sus respuestas finales.

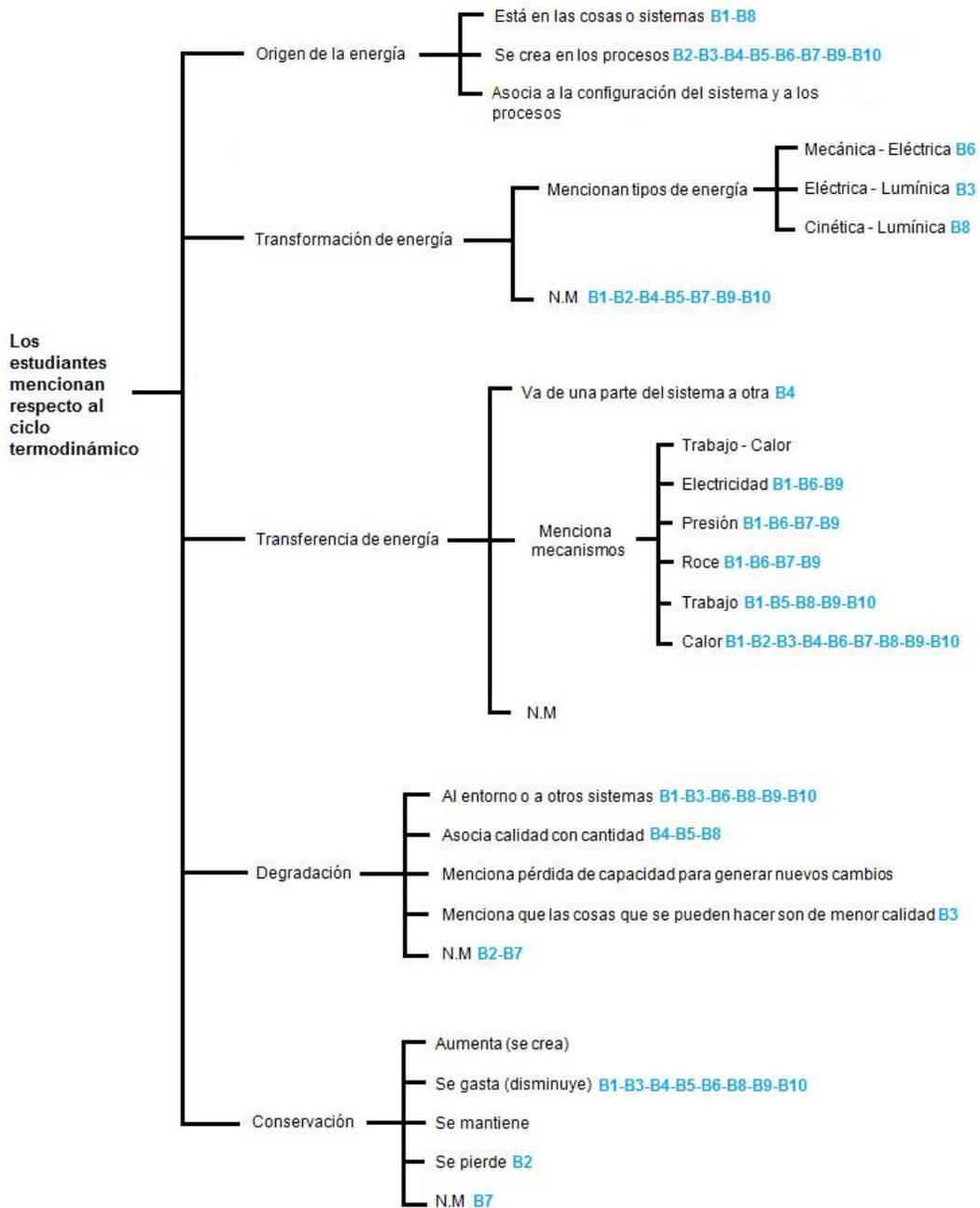


Figura 4.3. Red Sistémica N° 3. Respuestas de los estudiantes al inicio de la segunda implementación

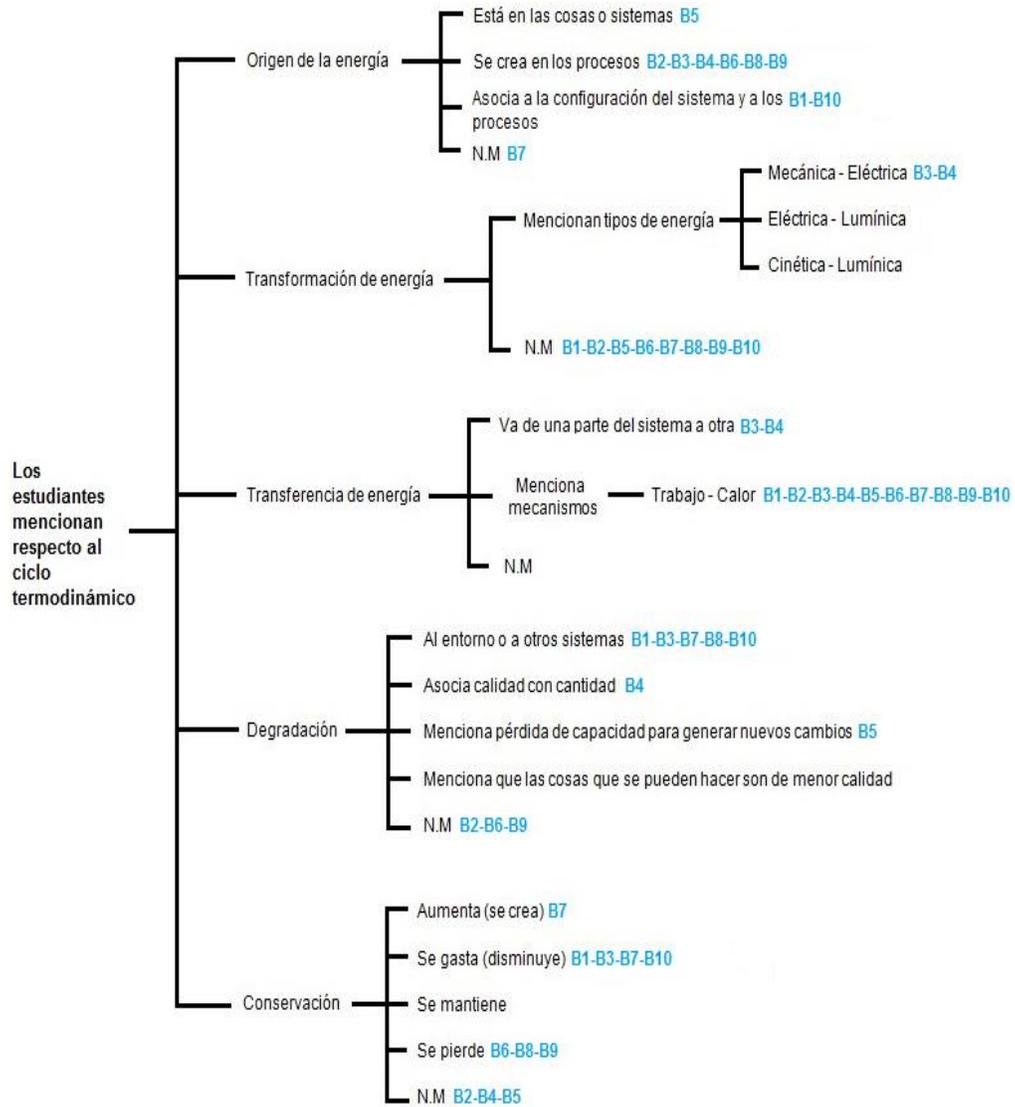


Figura 4.4. Red sistémica N°4. Respuestas de los estudiantes al final de la segunda implementación

## Análisis de respuestas según las tres ideas al inicio y final de la segunda implementación

A continuación se muestra un análisis porcentual de las respuestas de los estudiantes al inicio y final de la segunda implementación, el cual es separado en tres partes, correspondientes a las tres ideas del modelo de energía que se espera potenciar.

- *Respuestas con respecto a la idea 1: “La energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no es algo almacenado en los cuerpos”.*

Origen de la energía	
Al inicio de la implementación	Al final de la implementación
<p style="text-align: center;"><b>Respecto al origen de la energía</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Respecto al origen de la energía</b></p>
<p>Un 20% de los estudiantes considera que la energía se encuentra en las cosas o sistemas, específicamente en el pistón y el generador, tal como lo señala B1: “al generador que tiene la energía en potencia”.</p> <p>Un 80% evidencia la idea de que la energía se crea o asocia a lo que está sucediendo a lo largo del ciclo, por ejemplo B7: “La energía se “nota” en el movimiento de contracción y expansión del pistón.”, sin hacer referencia a cómo están las partes de la secuencia del sistema.</p> <p>Finalmente ningún estudiante hace referencia a que la energía se asocia a la configuración del estado del sistema, lo que evidencia que estas no consideran la energía en función del estado de cada parte del sistema, lo cual es una de las tres ideas que se espera potenciar con el material didáctico.</p>	<p>Un 10% de los estudiantes considera que la energía se encuentra en las cosas o sistemas, tal como lo señala B5 respondiendo que asocia “a ambas cosas (vapor y pistón)” la energía. Cabe destacar que la respuesta obtenida por este estudiante al inicio de la implementación era que la energía se “crea en los procesos”, por lo que podemos apreciar un retroceso en su idea respecto al origen de la energía.</p> <p>Un 60% evidencia la idea de que la energía se crea o asocia a lo que está sucediendo a lo largo del ciclo, por ejemplo B8 asocia a: “el movimiento de la correa hace que el generador funcione”, sin hacer referencia a cómo están las partes de la secuencia del sistema.</p> <p>Un 20% menciona aspectos tanto de que la energía se crea en los procesos asociándola al movimiento, y describen cómo se encuentra cada</p>

	<p>parte de la secuencia del sistema. Se destaca que la mitad de estos estudiantes cambia su idea de que la energía se encuentra en las cosas o procesos, logrando un progreso en los resultados que se esperaban.</p> <p>Finalmente, el 10% restante no menciona algún aspecto significativo relacionado con el origen de la energía, solamente mencionando el mecanismo de transferencia de energía presente.</p>
--	---

**Tabla 4.9. Análisis porcentual de las respuestas con respecto al origen de la energía.**

- *Respuestas con respecto a la idea 2: “El trabajo y el calor son mecanismos de transferencia de energía”*

<i>Transformación de la energía</i>									
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>								
<p><b>Respecto a la transformación de energía</b></p> <table border="1"> <tr> <td>No menciona tipos de energía</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>Menciona transformaciones y tipos de energía</td> <td>30%</td> </tr> </table>	No menciona tipos de energía	70%	Menciona transformaciones y tipos de energía	30%	<p><b>Respecto a la transformación de energía</b></p> <table border="1"> <tr> <td>No menciona tipos de energía</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Menciona transformaciones y tipos de energía</td> <td>20%</td> </tr> </table>	No menciona tipos de energía	80%	Menciona transformaciones y tipos de energía	20%
No menciona tipos de energía	70%								
Menciona transformaciones y tipos de energía	30%								
No menciona tipos de energía	80%								
Menciona transformaciones y tipos de energía	20%								
<p>Un 30% habla de transformaciones de energía mencionando tipos de éstas, siendo las más recurrentes “de energía mecánica a eléctrica en el generador”, “de eléctrica a lumínica en la ampolleta” y “de cinética a lumínica al final del ciclo”.</p> <p>En comparación a la primera implementación, esta vez un 70% no hace alusión a tipos de energía, por lo tanto tampoco a la transformación de ésta. Este resultado demuestra que el refinamiento de la pregunta 1 (detallada en la tabla de cambio 1) fue favorable para que los estudiantes expresen sus</p>	<p>Un 20% habla de transformaciones de energía mencionando sólo un tipo, la cual corresponde a la de “energía mecánica a eléctrica en el generador”. De este porcentaje, un 10% mantiene su idea de la transformación de energía que tenía en el inicio (B3), mientras que el otro 10% genera esta idea, sin tenerla en un comienzo (B4).</p> <p>En esta categoría, un 80% no hace alusión a tipos de energía y tampoco a la transformación de ésta. Este porcentaje es mayor al obtenido al inicio de la implementación, lo que refleja un leve avance en función de las respuestas que se esperan</p>								

modelos en función de las ideas que se pretenden potenciar y no en otras.	obtener.
---	----------

**Tabla 4.10. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transformación de energía.**

<i>Transferencia de energía</i>	
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>
<p>Un 10% menciona que la energía se transfiere desde una parte del sistema a otra, por ejemplo B4 señala que “la ampolleta funciona por el generador que trae la energía”. Este resultado es favorable para potenciar la idea de transferencia de energía puesto que expresa que un bajo porcentaje de estudiantes poseen la concepción que la energía “viaja” o fluye.</p> <p>Un 50% detalla mecanismos como una forma de transferir la energía, ya sea en forma de trabajo o en forma de calor, sin embargo no describen que éstas se refieren a fuerzas y desplazamientos o a variaciones de la temperatura, respectivamente.</p> <p>Por otro lado, un 40% de los estudiantes no menciona mecanismos de transferencia de energía, sino que describen lo que sucede haciendo uso de algunos conceptos físicos, como por ejemplo los estudiantes B1, B6 y B9 menciona a lo menos una vez que la energía se “transfiere” por medio de la presión, el roce o la electricidad.</p>	<p>Un 20% menciona que la energía se transfiere desde una parte del sistema a otra, donde un 10% de este porcentaje, mantiene su idea en torno a la transferencia de energía, mientras que el otro 10% adquiere esta idea al final de la implementación.</p> <p>Un 80% detalla mecanismos como una forma de transferir la energía, ya sea en forma de trabajo o calor, lo que es favorable para los resultados que se esperan obtener, no obstante, un 60% de este porcentaje a pesar de que asocia correctamente el calor como una transferencia de energía a la primera y última secuencia del sistema, responden de manera errónea el mecanismo de transferencia del proceso entre los tubos que trasladan el vapor al pistón, señalando que corresponde al calor y no al trabajo.</p>

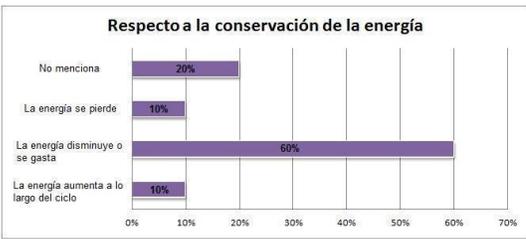
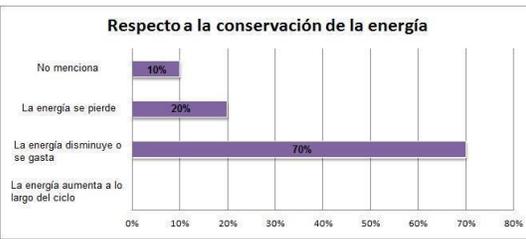
**Tabla 4.11. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la transferencia de energía.**

- *Respuestas con respecto a la idea 3: “La energía se conserva en sistemas aislados y se degrada en sistemas abiertos”*

<i>Degradación de energía</i>																			
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>																		
<p><b>Respecto a la degradación de energía</b></p> <table border="1"> <tr><td>No menciona</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Menciona disipación y calidad con cantidad</td><td>10%</td></tr> <tr><td>La energía final es menos eficiente (útil)</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Asocia calidad con cantidad de energía</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Disipación como forma de degradación</td><td>40%</td></tr> </table>	No menciona	20%	Menciona disipación y calidad con cantidad	10%	La energía final es menos eficiente (útil)	10%	Asocia calidad con cantidad de energía	20%	Disipación como forma de degradación	40%	<p><b>Respecto a la degradación de energía</b></p> <table border="1"> <tr><td>No menciona</td><td>30%</td></tr> <tr><td>La energía final es menos eficiente (útil)</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Asocia calidad con cantidad de energía</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Disipación como forma de degradación</td><td>50%</td></tr> </table>	No menciona	30%	La energía final es menos eficiente (útil)	10%	Asocia calidad con cantidad de energía	10%	Disipación como forma de degradación	50%
No menciona	20%																		
Menciona disipación y calidad con cantidad	10%																		
La energía final es menos eficiente (útil)	10%																		
Asocia calidad con cantidad de energía	20%																		
Disipación como forma de degradación	40%																		
No menciona	30%																		
La energía final es menos eficiente (útil)	10%																		
Asocia calidad con cantidad de energía	10%																		
Disipación como forma de degradación	50%																		
<p>Un 40% de los estudiantes evidencian la idea de disipación como forma de degradación de energía, ya sea al entorno o a otros sistemas, como lo señala B6 “...una parte de ella (energía) perdiéndose por roce, sonido, etc”.</p> <p>Un 20% asocia la realización de cambios a lo largo del sistema con la cantidad de energía, señalando que la calidad variará según la cantidad de energía que se disponga a lo largo del ciclo, es decir, mayor calidad si hay más energía y menor calidad si hay menos energía, tal y como lo menciona B4: “al inicio tenemos más energía y se pueden realizar más cambios que al final, cuando la cantidad de energía es menor”.</p> <p>Ningún estudiante se menciona la degradación de energía refiriéndose a la pérdida de la capacidad del sistema para generar nuevos cambios, o bien menor cantidad de cambios que en la secuencia que lo precede.</p> <p>Un 10% menciona que los cambios que se generan en el sistema son menos eficientes en comparación a los generados en un comienzo, es decir disminuye la energía útil, asociando además estos cambios a la idea de que la calidad de la</p>	<p>Un 50% de los estudiantes evidencian la idea de disipación como forma de degradación de energía, ya sea al entorno o a otros sistemas, como lo señala B3 “la ampollita va perdiendo la energía en el entorno”.</p> <p>Un 10% asocia la realización de cambios a lo largo del sistema con la cantidad de energía, señalando que la calidad variará según la cantidad de energía que se disponga a lo largo del ciclo, en contraste con el 30% obtenido al inicio de la implementación, por lo que se evidencia un cambio positivo en las ideas referentes a cómo se degrada la energía.</p> <p>Ningún estudiante se refiere a la degradación de energía como la pérdida de capacidad para generar nuevos cambios, es decir, a la utilidad de ésta.</p> <p>Un 10% menciona que la capacidad que tiene cada sistema para producir nuevos cambios es menor a la que tenía el sistema en un comienzo, es decir, disminuye la energía útil, así B3 describe “la energía que viene del generador hacia la ampollita se transforma en lumínica y calórica, por lo tanto no será lo bastante eficiente para</p>																		

<p>energía variará según la cantidad. Así B3 describe “la energía que viene del generador hacia la ampolleta se transforma en lumínica y calórica, por lo tanto no será lo bastante eficiente para producir los mismos cambios”.</p> <p>Otro 10% se refiere en términos de la degradación, a que la energía se va disipando a lo largo de los distintos procesos o sistemas, mencionando además la idea de que la calidad está asociada a la cantidad de energía presente.</p> <p>En tanto, un 20% de los estudiantes no menciona algún aspecto relacionado con la degradación de la energía.</p>	<p>producir los mismos cambios”.</p> <p>En tanto, un 30% de los estudiantes no menciona algún aspecto relacionado con la degradación de la energía.</p>
---	---

**Tabla 4.12. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la degradación de la energía.**

<i>Conservación de la energía</i>																					
<i>Al inicio de la implementación</i>	<i>Al final de la implementación</i>																				
 <table border="1"> <caption>Respecto a la conservación de la energía (Inicio)</caption> <tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>No menciona</td><td>20%</td></tr> <tr><td>La energía se pierde</td><td>10%</td></tr> <tr><td>La energía disminuye o se gasta</td><td>60%</td></tr> <tr><td>La energía aumenta a lo largo del ciclo</td><td>10%</td></tr> </table>	Categoría	Porcentaje	No menciona	20%	La energía se pierde	10%	La energía disminuye o se gasta	60%	La energía aumenta a lo largo del ciclo	10%	 <table border="1"> <caption>Respecto a la conservación de la energía (Final)</caption> <tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>No menciona</td><td>10%</td></tr> <tr><td>La energía se pierde</td><td>20%</td></tr> <tr><td>La energía disminuye o se gasta</td><td>70%</td></tr> <tr><td>La energía aumenta a lo largo del ciclo</td><td>0%</td></tr> </table>	Categoría	Porcentaje	No menciona	10%	La energía se pierde	20%	La energía disminuye o se gasta	70%	La energía aumenta a lo largo del ciclo	0%
Categoría	Porcentaje																				
No menciona	20%																				
La energía se pierde	10%																				
La energía disminuye o se gasta	60%																				
La energía aumenta a lo largo del ciclo	10%																				
Categoría	Porcentaje																				
No menciona	10%																				
La energía se pierde	20%																				
La energía disminuye o se gasta	70%																				
La energía aumenta a lo largo del ciclo	0%																				
<p>Un 10% de los estudiantes aumenta progresivamente o mantiene constante la energía en el proceso, de forma específica desde la secuencia que va desde el vapor al pistón y en adelante.</p> <p>Un 60% evidencia la idea de que la energía se gasta para pasar desde una parte del ciclo a la otra, esto con el fin de que se logre el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen, tal y como lo menciona B1 “cada proceso necesita energía para poder funcionar,</p>	<p>Ningún estudiante evidencia la idea de que la energía aumenta o se mantiene a lo largo del proceso, correspondiendo a un resultado favorable, puesto que el sistema que se les presenta corresponde a uno real, donde existe degradación de energía.</p> <p>Un 70% señala que la energía disminuye, gastándose a lo largo de las distintas secuencias del sistema, esto con el fin de que se logre el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen. Este resultado es positivo si se</p>																				

<p>por lo que mientras se avanza se va transmitiendo menos energía, quedándose así cada parte con un poco de la energía para seguir con su funcionamiento”.</p> <p>En relación con la idea que la energía se pierde, o sea, no especifica hacia donde se “va” esta energía, un 10% de los estudiantes hace alusión a esto.</p> <p>Un 20% no hace referencia a la conservación de energía. El ciclo termodinámico del material didáctico corresponde a un sistema abierto, por lo que este resultado es acorde a lo que se pretende potenciar sobre la degradación de la energía.</p>	<p>considera que se presenta un ciclo real, los estudiantes deberían llevar a cabo un planteamiento sobre la idea de que la energía se va gastando o disminuyendo a través de los distintos procesos presentes.</p> <p>Otro 20% de los estudiantes habla de que la energía se pierde, sin señalar si esta se pierde a través de roce, sonido o se transfiere al entorno, entre otros.</p> <p>Finalmente, un 10% no menciona nada en relación a la idea de conservación de la energía.</p>
--	---

**Tabla 4.13. Análisis porcentual de las respuestas con respecto a la conservación de la energía.**

Comparación de los resultados obtenidos al inicio y al final de la segunda implementación

**Respecto al origen de la energía**

A partir de las respuestas iniciales de los estudiantes, se pueden apreciar ideas relacionadas a que la energía se encuentra en las cosas (20%), y que la energía se crea en los procesos del ciclo termodinámico (80%), ninguno haciendo alusión a que la energía se puede asociar a la configuración del sistema. En contraste con estas respuestas, las ideas finales de los estudiantes tienen enfoques más diversos, donde existen menos estudiantes que mencionan que la energía está en las cosas o se crea en los procesos, otros no mencionan ninguna característica sobre el origen de la energía y otros pasan a hablar que la energía se puede asociar a la configuración del estado del sistema. Estos resultados dan a entender que la pregunta en relación a la primera idea del modelo de energía que se presenta aún no está bien enfocada, por lo que se deberá realizar alguna modificación con tal de que los resultados favorables puedan aumentar de manera más significativa.

**Respecto a la transformación de la energía**

Los cambios obtenidos en función de las ideas de los estudiantes en torno a la transformación de la energía son de un cambio leve, debido a que las respuestas y porcentajes obtenidos son muy parecidos. Las ideas presentes en esta categoría son que la energía se transforma, por lo cual aparecen nuevos tipos de energía, presentándose un 30% de estudiantes que piensan esto al inicio de la implementación, pasando a ser un 20% en las respuestas finales. En tanto la segunda idea presente es que los estudiantes no mencionan tipos de energía en un inicio

(reflejado en un 70% de ellos), la cual aumentó a un 80% al final de la implementación, obteniendo así un pequeño cambio que ayuda a “quitar” de cierto modo la idea que existen formas o tipos de energía, lo cual generalmente está ligado a que la energía es algo tangible o material que puede modificarse.

### ***Respecto a la transferencia de energía***

En el apartado de las ideas sobre la transferencia de energía, encontramos tres categorizaciones por parte de los estudiantes, ligadas a que la energía puede transferirse de “una parte a otra”, a través de los mecanismos de transferencia de energía como el calor y el trabajo sin especificar a qué asocian estos y solo describen esta transferencia como un cambio físico que se puede apreciar a la vista. Luego del trabajo realizado en base al material didáctico, las respuestas finales de los estudiantes pasan a dividirse en 2 categorías, la de que la energía va de “una parte a otra”, la cual aumenta de un 10% a un 20%, lo cual no es un cambio positivo, pero el 80% restante de las respuestas se enfocan en que los mecanismos de transferencia de energía son el calor y el trabajo mencionando a la vez el cambio que ocurre en la parte del sistema termodinámico al que se asocia dicho mecanismo. Este resultado es importante y notorio debido a que las respuestas finales van enfocadas y bastante cercanas a las ideas con respecto al modelo energético que se presenta en este Seminario de Grado.

### ***Respecto a la degradación de la energía***

En torno a las respuestas de los estudiantes obtenidas en las preguntas relacionadas con la degradación de la energía, se encontraron diversas ideas que se mezclan, por ejemplo señalando que la energía se disipa (la disipación es una forma de degradación) hacia el entorno u otros procesos presentes en el ciclo termodinámico (40%), asociando también la calidad de la energía con la cantidad de esta misma (20%) y haciendo referencia a que la energía es menos útil (10%). El resto de estudiantes menciona que la energía se disipa hacia otros lugares y a la vez lo relacionan con la calidad y la cantidad de energía presente o simplemente no nombra alguna característica propia de la degradación de la energía, siendo 10% y 20% respectivamente las respuestas obtenidas. La mayoría de estas categorías tienen leves cambios en sus respuestas hacia el final de la implementación que se pueden considerar productivos y cada vez más cercanos a las ideas del modelo energético que se espera potenciar, no obstante no corresponden a cambios significativos. Ante ello se puede inferir que es necesario una nueva reformulación en la construcción de la pregunta dirigida a la idea de degradación de la energía, para así lograr un incremento de respuestas en función de las ideas que se espera que den los estudiantes.

### ***Respecto a la conservación de la energía***

En esta categoría los estudiantes responden al inicio y mayoritariamente que la energía disminuye o se gasta, siendo un 60% las que hablan en función de esta idea. Por otro lado aparecen en bajos porcentajes sobre las ideas referentes a que la energía aumenta o se mantiene, se pierde sin especificar hacia donde lo hace y finalmente existen otros que no mencionan ningún aspecto relacionado a lo que sucede con la energía. Analizando las respuestas finales se puede observar una disminución total sobre la idea que la energía aumenta, por otro lado existe también una disminución de un 20% a un 10% en las respuestas que no mencionan nada sobre la conservación de la energía, no obstante a lo anterior la idea que la energía se pierde sin mencionar ninguna característica al respecto aumenta de un 10% a un 20%. Finalmente, aparece un aumento rescatable de un 60% a un 70% en las respuestas relacionadas con la disminución o gasto de la energía en algún mecanismo o proceso del ciclo termodinámico. Todas estas pequeñas variaciones hacen mención de que la pregunta aún da pie a que existan una variedad de respuestas al final de la implementación del material didáctico, por lo que es necesario que ésta esté más focalizada para así lograr que surjan respuestas menos dispersas sobre la idea de la degradación de energía, propias del modelo energético a trabajar en este Seminario de Grado.

### ***Respecto a los aspectos no energéticos***

Finalmente como ya se hacía mención, en la categorización y análisis de respuestas de los estudiantes, se encuentra que estos no mencionan o relacionan mecanismos o procesos a través de aspectos mecanismos u observables ni al principio ni al final de la implementación, por lo que los fundamentos en las respuestas están relacionadas de alguna manera con energía.

#### **4.3.2 Resultados respecto al refinamiento del material didáctico**

La siguiente tabla contiene las modificaciones realizadas al diseño didáctico N°2 del material didáctico luego de su implementación, en cuanto a conocimientos científicos y conocimientos de contenidos pedagógicos. Cada modificación va acompañada de un ejemplo que permite contrastar el diseño didáctico N°2 con el diseño Final.

**Refinamiento del material didáctico finalizada la tercera etapa**

Modificaciones	Justificación por cada cambio				
<p><b>Modificaciones de los conocimientos científicos</b></p>	<p><b><u>Respecto al contenido conceptual</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza una modificación en la presentación de las imágenes de la actividad enfocada a los mecanismo de transferencia de energía debido a que al momento de realizar la descripción de cómo se encontraba cada parte del sistema los estudiantes no tenían claridad con respecto a qué debían realizarlo, lo que dificultaba la siguiente actividad del diseño didáctico que consistía en ordenar cada imagen para simular un ciclo termodinámico. Se presentan ahora cada imagen ordenada y los estudiantes deben predecir qué ocurrirá con el pistón al ejercer un trabajo sobre el sistema o bien al cambiar la temperatura.</li> </ul> <p align="center"><i>Ejemplo</i></p> <table border="1" data-bbox="415 873 1923 1430"> <thead> <tr> <th data-bbox="415 873 1192 917"><b>Diseño didáctico N°2</b></th> <th data-bbox="1192 873 1923 917"><b>Diseño didáctico Final</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="415 917 1192 1430"> <p>...Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico 2 de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).</p> <div data-bbox="472 1055 1144 1372"> <p>A) Aire frío La manzana presiona el pistón. Éste está bajo el nivel 0.</p> <p>B) Aire caliente El pistón se eleva sobre el nivel "b".</p> <p>C) Aire frío El pistón se encuentra en el punto 0.</p> <p>D) Aire caliente La manzana presiona el pistón. Éste está sobre el nivel 0.</p> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p> </td> <td data-bbox="1192 917 1923 1430"> <p>...el pistón puede moverse de forma mecánica y también producto de la acción de introducir el tubo en agua a diferentes temperaturas.</p> <div data-bbox="1249 1023 1879 1339"> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<b>Diseño didáctico N°2</b>	<b>Diseño didáctico Final</b>	<p>...Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico 2 de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).</p> <div data-bbox="472 1055 1144 1372"> <p>A) Aire frío La manzana presiona el pistón. Éste está bajo el nivel 0.</p> <p>B) Aire caliente El pistón se eleva sobre el nivel "b".</p> <p>C) Aire frío El pistón se encuentra en el punto 0.</p> <p>D) Aire caliente La manzana presiona el pistón. Éste está sobre el nivel 0.</p> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p>	<p>...el pistón puede moverse de forma mecánica y también producto de la acción de introducir el tubo en agua a diferentes temperaturas.</p> <div data-bbox="1249 1023 1879 1339"> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p>
<b>Diseño didáctico N°2</b>	<b>Diseño didáctico Final</b>				
<p>...Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico 2 de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).</p> <div data-bbox="472 1055 1144 1372"> <p>A) Aire frío La manzana presiona el pistón. Éste está bajo el nivel 0.</p> <p>B) Aire caliente El pistón se eleva sobre el nivel "b".</p> <p>C) Aire frío El pistón se encuentra en el punto 0.</p> <p>D) Aire caliente La manzana presiona el pistón. Éste está sobre el nivel 0.</p> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p>	<p>...el pistón puede moverse de forma mecánica y también producto de la acción de introducir el tubo en agua a diferentes temperaturas.</p> <div data-bbox="1249 1023 1879 1339"> </div> <p align="center">Fuente: Elaboración propia</p>				

Para cada imagen describe en la siguiente tabla como se encuentra cada parte del sistema utilizando magnitudes físicas y términos energéticos (volumen, presión, temperatura, transferencia de energía, entre otros).

Etapa	¿Cómo se encuentra esta parte del sistema?
A	
B	
C	
D	

Tabla 3

Dentro de las cuatro situaciones que se presentan, dos se relacionan con diferencias de temperatura y las otras dos en donde intervienen fuerzas y desplazamientos.

En la tabla siguiente deberás completar lo que crees que ocurrirá en el pistón al realizar diferentes variaciones:

	PREDICCIÓN (individual) ¿Qué esperas que pase con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas.
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo.	
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.	
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente.	
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón.	

### Respecto a procedimientos del docente

- Uno de los aspectos que se debe considerar al momento de realizar una práctica educativa es el rol que tiene el profesor en el aula, es por ello y en conjunto con los resultados y la participación del grupo investigador en las implementaciones es que surge la necesidad de agregar indicaciones al docente al material didáctico diseñado, de modo que el profesor pueda guiar a los estudiantes en las discusiones o posibles interrogantes que surjan a lo largo de la implementación y así generar un mayor acercamiento de los estudiantes hacia las ideas de energía que se pretenden potenciar en este Seminario de Grado. Cabe mencionar que las recomendaciones al docente no se habían realizado para los diseños N° 1 y N° 2.

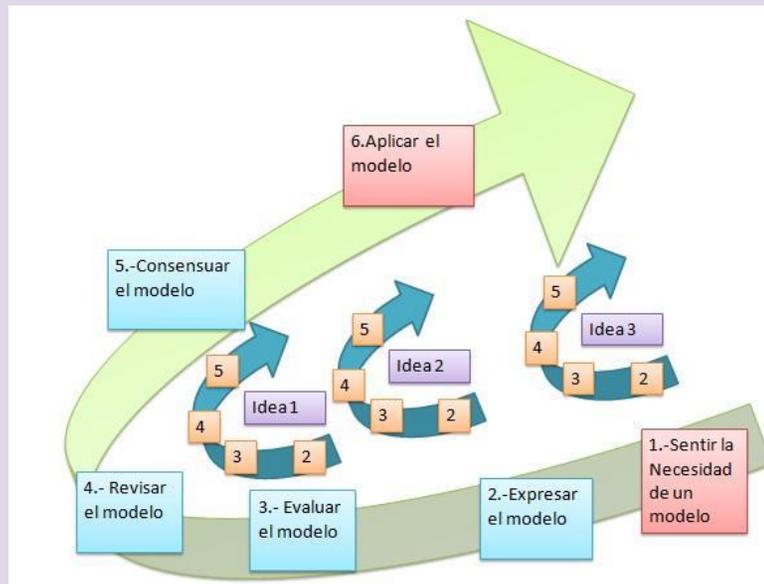
*Ejemplo*

	<p>OBSERVACIÓN (individual) ¿Qué pasa realmente con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas</p> <p><u>Recomendaciones el docente:</u> <i>Potenciar que los estudiantes de forma individual se refieran a las variables que cambian en cada situación, utilizando términos como temperatura, presión, fuerza, desplazamiento, entre otros.</i></p>	<p>INTERPRETACIÓN ¿Por qué crees que pasa esto?</p> <p><u>Recomendaciones el docente:</u> <i>Relacionar las magnitudes antes descritas con la energía transferida.</i></p>
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo		
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.		
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente		
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón		

**Modificaciones de los conocimientos de contenido pedagógico**

**Respecto a la investigación**

En el diseño didáctico N°2 se plantea una actividad en donde se estudian las tres ideas de forma paralela lo que, en base a los resultados, provoca que las ideas no se desarrollen y potencien de forma óptima, además del progreso de una idea por sobre la otra, lo cual no es el objetivo principal de este Seminario de Grado. Es por ello que se decide en el diseño N°3 realizar actividades por separado para cada una de las ideas que se potenciarán. Este nuevo diseño permite que el profesor pueda implementar el diseño didáctico en distintos momentos de la unidad de termodinámica y no obligatoriamente en dos sesiones seguidas de forma lineal. El siguiente esquema se puede apreciar el método de construcción del material didáctico.



Fuente: Elaboración propia

Las tres ideas que se potenciarán fueron desarrolladas en mini-ciclos de modelización, considerando las seis fases que se describieron en el marco metodológico. Las fases 1 y 6, referentes a “Sentir la necesidad de un modelo” y “Aplicar el modelos” respectivamente serán comunes para las tres ideas, mientras que las fases 2 (expresar el modelo), 3 (evaluar el modelo), 4 (revisar el modelo) y 5 (consensuar el modelo), se trabajarán por separado, con la finalidad de profundizarlos a lo largo de todo el diseño didáctico.

Para visualizar todos los cambios ver Apéndice 3.

### Respecto a los modelos

En base a los resultados obtenidos de la implementación del diseño didáctico N°2 y como se mencionó en el apartado anterior se modifican y agregan algunas actividades con el fin de potenciar de forma óptimas las tres ideas con respecto a la energía. De las tres ideas que se pretenden potenciar las que sufren mayores modificaciones son las ideas 1 “la energía es una propiedad que se asocia a la configuración de un sistema y no algo que se almacena en las cosas” y 3 “La energía se conserva en sistemas aislados y se degrada en sistemas abierto”; debido a que son estas las que menos se potenciaron con el diseño didáctico, mientras que la idea 2 “El trabajo es un mecanismo de transferencia de energía donde intervienen fuerzas y desplazamientos, mientras que el calor es un mecanismo de transferencia de energía debido a diferencias de temperatura” es la idea que se potencia más se potencia y por tanto las modificaciones que se realizan son menores.

A continuación se presenta un breve ejemplo con respecto a la idea 1 de nuestro modelo energético, en función de actividades que se agregan, se modifican con el fin de instaurar la idea de configuración y de los cambios que puede provocar un sistema y se complementa como por ejemplo la inclusión de un video en donde se visualiza directamente el funcionamiento de una central termoeléctrica y los procesos que van ocurriendo para su funcionamiento. Las modificaciones realizadas a las otras ideas se pueden observar con mayor detalle en el Apéndice 3.

#### *Ejemplo*

- **Con respecto a la actividad 1**

- Actividad que se agrega:

Si nos enfocamos en el funcionamiento de la termoeléctrica desde su primer proceso, es decir el sistema carbón - agua en la caldera ¿Crees que bastaría tener sólo carbón para que el agua hierva?

¿Cómo se encuentra el carbón?	Según las características que recién mencionaste, ¿Qué cambios se pueden provocar?	Si en ambas situaciones disponemos de una misma cantidad de carbón, entonces, ¿A qué asociarías la energía que nos lleva a poder hervir el agua?
-------------------------------	--	--

- Actividad que se modifica:

**Diseño didáctico N°2**

<b>Secuencia del Sistema</b>	Describe cómo está cada parte del sistema, (Ej: en una hidroeléctrica el agua cae desde cierta altura	¿A qué asociarías la energía?
------------------------------	---	-------------------------------

**Diseño didáctico Final**

<b>Secuencia del Sistema</b>	¿Cómo se encuentra cada parte del sistema?	¿Qué cambios puedes provocar con esta configuración asociada a esta interacción?	¿Cómo puedes explicar a qué asociarías la energía que nos lleva a realizar los diferentes cambios, la energía está en las cosas?
------------------------------	--	--	--

- Actividad que se complementa:

... como no podemos ver en directo el funcionamiento de una central termoeléctrica, te invitamos a explorar y analizar a través de la siguiente simulación, el funcionamiento de este tipo de centrales.

<https://youtu.be/nUDub1aH0jM>

	<b><u>Respecto a la contextualización</u></b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para facilitar el acercamiento de los estudiantes a la idea de conservación de la energía en sistemas abierto y la degradación de esta misma en sistemas aislados es que se agrega en la actividad N°3 un párrafo en donde se sitúa a los estudiantes en una situación específica que tiene relación y conexión con lo realizado en la actividad anterior.</li> </ul>	
	<i>Ejemplo</i>	
	<b>Diseño didáctico N°2</b>	<b>Diseño didáctico Final</b>
	No se observa contextualización para referirnos a la idea de degradación y conservación de la energía en sistemas abiertos y aislados, respectivamente.	<p>Con el montaje de la actividad experimental anterior lograste identificar que la energía se transfiere en las diferentes partes de los sistemas a través de mecanismo de trabajo y calor, lo interesante es que podemos utilizar estas transferencias para ir generando nuevos cambios, que sean útiles para nuestras diferentes finalidades.</p> <p>Centrémonos en el tubo metálico del experimento de la actividad N°2 (conectado al pistón) cuando se introducía en el agua caliente. Imagina que este recipiente de agua caliente es equivalente a la caldera de una central termoeléctrica, de modo que a partir de ella se pueden ir generando nuevos cambios, por ejemplo levantar el pistón y que este llegue tan alto que pueda presionar un botón y encender algún artefacto.</p>

Tabla 4.14 Tabla de cambio N°3, correspondiente refinamiento del material didáctico finalizada la tercera etapa

Este último refinamiento se basó principalmente en un reordenamiento de las actividades en función de las tres ideas claves del modelo de energía a potenciar. La modificación más sustancial corresponde a la división del material didáctico en tres actividades, donde cada una de ellas se relaciona con cada una de estas ideas que componen el modelo energético de este Seminario de Grado, con la intención de permitir que los estudiantes fortalezcan de manera específica los temas relacionados a ellas, y también que el docente pueda utilizar cada actividad de manera continua o separada, dependiendo de los temas que quiere enseñar y sus intenciones curriculares.

#### **4.4 Cuarto Bloque**

##### **4.4.1 Resultados respecto a las respuestas de los estudiantes al concluir la cuarta etapa**

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a las respuestas que dan los estudiantes en la implementación de la tercera versión del material didáctico, específicamente a la actividad N°1, dirigida a potenciar la idea 1 de energía de este Seminario de Grado: “La energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no algo que se almacena en las cosas”. Estos resultados se obtienen a través de un análisis cualitativo e interpretativo y se representan a través de porcentajes para su comparación.

En primer lugar, los estudiantes entregan respuestas a las interrogantes que se les plantean que se pueden clasificar en dos grandes grupos, referentes a la configuración de un sistema y a que la energía no se encuentra en las cosas.

Con respecto al primer grupo, existen algunas ideas que apuntan a que cada parte del sistema se encuentra asociada con la siguiente (12%), permitiendo inferir que el concepto de sistema para estos estudiantes se relaciona con el ciclo termodinámico completo de una manera macro, y no necesariamente que cada una de las partes de éste podría considerarse como un sistema (sistema carbón-agua caldera, vapor-pistón, pistón-correa de transmisión, etc.); otras respuestas destacan que cada parte del sistema interacciona con la otra (12%), produciendo así una configuración determinada distinta a otro tipo de configuración dado por otras interacciones, tal y como lo señala C5 *“las partes del sistema interactúan entre sí, puestas en un orden correspondiente”*; por otra parte un estudiante (4%) señala explícitamente que *“distintas configuraciones provocan distintos cambios”*, la cual es una sub idea de la idea a potenciar. Pese a que un bajo porcentaje redactó sus respuestas tal y como se esperaba, las otras ideas que nacieron de esta implementación también son favorables, pues el concepto de configuración está ahora presente en su vocabulario, es decir, cómo se encuentran las cosas, acercando a los estudiantes al modelo de energía que se espera que conozcan. Finalmente, un alto porcentaje (58%) expresa sus ideas de configuración en función de aprovechar la energía, es decir, una determinada configuración del sistema permitirá de alguna manera ocupar la

energía de forma óptima para los fines que deseamos, como lo señala C11 *“Las partes del sistema están dispuestas para aprovechar la energía”*, lo que corresponde a una sub idea de la idea a potenciar y también permite introducir el concepto de energía útil correspondiente a la idea 3 de este Seminario de Grado.

En cuanto al segundo grupo, referente a que la energía no se encuentra en las cosas, algunas de las respuestas apuntan a que la energía se encuentra en los sistemas (23%), permitiendo inferir que hacen alusión al ciclo termodinámico completo dado el porcentaje similar a la idea macro de las respuestas del primer grupo; por otro lado un porcentaje parecido, pero mayor (31%) señala que la energía se encuentra en la manera en que interaccionan las partes de un sistema, por ejemplo C12 señala que *“La energía no está presente en los objetos, sino que en la interacción entre ellos”*, dando a entender que un objeto por sí solo no se le asocia energía a diferencia de un grupo de ellos. Por otro lado parte del porcentaje restante de estudiantes no responden o bien señalan que la energía se transmite entre las partes del sistema, lo cual es un buen referente para poder introducir la idea 2 de este Seminario de grado correspondiente a que podemos transferir energía entre las partes de un sistema a través de mecanismos como el calor o el trabajo.

Haciendo referencia a la idea 1 de energía de este Seminario de grado, para lo cual estaba diseñada esta parte del diseño didáctico Final, las respuestas son favorables, pues en gran medida apuntan a que los estudiantes visualizan el ciclo termodinámico como un sistema, o un conjunto de sistemas, donde la energía que se asocia al funcionamiento de éste no proviene del carbón, del agua o del pistón, si no que de cómo se encuentran estas partes y cómo se relacionan unas con otras. Además surgen, de manera interesante, señales de las ideas 2 y 3, como la transferencia de energía y la utilidad de esta, como por ejemplo escrito por C22 *“Concluyo que la energía se transfiere entre cada parte del sistema de la manera más óptima”* y C23 *“Gracias a la correcta configuración del sistema se puede aprovechar la energía correctamente”*, por lo que consideramos que esta actividad está bien ubicada al inicio del material didáctico, permitiendo al docente ocuparla tanto para potenciar la idea de que la energía se asocia al estado de un sistema y no a las cosas como también para introducir las otras dos.

#### 4.5 Resultados globales respecto a las tres ideas

Los resultados encontrados a lo largo de las tres implementaciones con respecto a cada una de las tres ideas que constituyen el modelo de energía que se pretende potenciar se pueden visualizar a nivel global en el siguiente esquema.

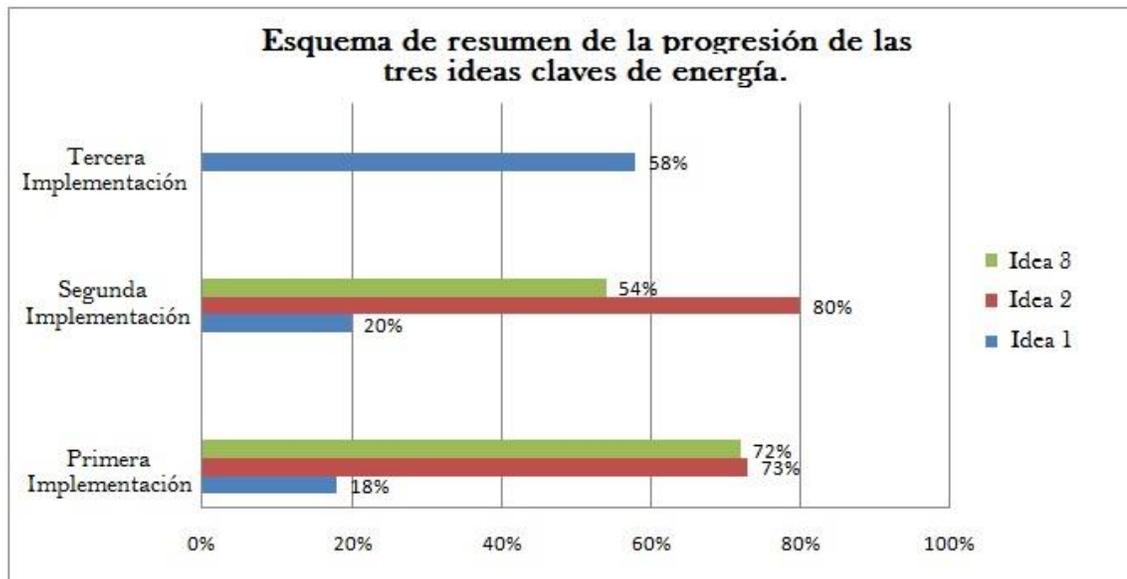


Figura 4.5. Esquema de resumen de la progresión de las tres ideas claves de energía.

Aquí se puede observar explícitamente cómo las respuestas referentes a la idea 1 (en color azul) tanto en la primera como en la segunda implementación, fueron mínimas en comparación con las otras dos. Como fue explicado anteriormente, este resultado fue la casual de la determinación de implementar la actividad 1 (relacionada con la idea de configuración del sistema) del diseño didáctico Final, con el fin de determinar si las últimas modificaciones en torno a esta idea provocaron resultados más favorables que los anteriores. Los análisis de esta tercera implementación muestran que, efectivamente, se logró un avance significativo en la apropiación de ella por parte de los estudiantes.

Además, cabe destacar que los porcentajes muestran una mayoría de respuestas (más de un 50% en cada caso e implementación) que se acercan a las ideas 2 y 3 del modelo energético de forma correcta y por lo tanto favorable para esta investigación, lo que justifica la decisión de no implementar las actividades relacionadas con ellas presentes en el diseño didáctico Final.

## Capítulo 5: Conclusiones

La polisemia del concepto de energía y las diferentes interpretaciones que se le pueden dar a este mismo, detectadas por la investigación en didáctica, muestra que tanto enseñarlo cómo aprenderlo puede tornarse como una acción difícil de realizar. Como la energía es un concepto comúnmente utilizado en múltiples contextos, formales como no formales, y que debido a sus complejidades intrínsecas asociadas, se decidió potenciar en función de las tres ideas claves de ella en este Seminario de Grado.

Las ideas en torno a la energía que se decidieron dar a conocer y potenciar en el material didáctico, diseñado para estudiantes de cuarto año medio del plan electivo, forman parte de un modelo energético que tiene sus orígenes en Ogborn, pero que ha sido sofisticado y expuesto por Pintó (1991) y posteriormente por López y Pintó (2012). Algunos aspectos de este modelo también son compartidos por otros autores como Solbes y Tarín (2014) o Doménech y otros (2013), entre otros.

Ante todas las aristas que componen el trabajo realizado en este Seminario de Grado, a continuación se presentan las principales reflexiones realizadas en base a los resultados obtenidos:

### 5.1 Respecto a las estrategias metodológicas

- En cuanto a las redes sistémicas, consideramos que constituyen un buen instrumento para trabajar con las respuestas de los estudiantes ante preguntas abiertas, pues la variada gama de ideas que éstos señalan pueden ser visualizadas a través de esta herramienta como un inventario ordenado, debido a su formato de categorías y secciones que permite una lectura lineal. Es importante señalar, que una de las dificultades que asociamos al uso de las redes sistémicas, es que al ser construidas en base al análisis interpretativo de las respuestas de los estudiantes, en ocasiones es difícil nominar de una u otra forma a una determinada categoría, pero a través de la constante discusión entre los integrantes del grupo seminario y un nuevo análisis de los datos se puede superar este tipo de obstáculo.
- En cuanto a las tablas de cambios propuestas por Pintó y otros (2013), los tipos de modificaciones asociadas a conocimiento científico y contenido pedagógico, utilizadas en los refinamientos del material didáctico propuesto en este Seminario de Grado, permiten identificar y dar a conocer detalladamente el proceso de toma de decisiones efectuadas por los integrantes del grupo seminario, haciendo que este proceso sea más transparente al lector e incluso dando la posibilidad de que sea una estrategia metodológica que inspire a otros docentes que no saben cómo adaptar un material didáctico concreto a otro contexto

distinto. Además, las respectivas dimensiones en las que se divide cada tipo de modificación, por ejemplo modificaciones con respecto a la contextualización, investigación o con respecto a los modelos, permiten observar que las ediciones realizadas al material poseen una clasificación determinada y ayudan al diseñador a considerar estos aspectos al momento de crear una pregunta o actividad.

- En cuanto a la Investigación Basada en el Diseño (DBR), consideramos que su uso es un aporte sustancial, ya que al ser investigaciones de tipo iterativa, intervencionistas e interactivas, permiten que el producto que se obtiene a partir de ellas, es decir el material didáctico, sea consistente, pues los análisis teóricos en conjunto con los empíricos, son discutidos y consensuados con los integrantes del grupo de seminario, se reciben aportes de externos que también proporcionan sugerencias que complementan el refinamiento del material didáctico y los implementadores de las secuencias didácticas están conscientes de estos aspectos, siendo partes de una investigación que pretende ser transformadora e influyente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- El aspecto que más se destaca del DBR es el trabajo en equipo, considerando que los futuros profesores y profesores en ejercicio se pueden retroalimentar con la participación en comunidades de aprendizaje colaborativo, ya que las distintas visiones se discuten, analizan, consensuan y fortalecen los distintos objetivos didácticos.
- En cuanto a la modelización, si bien no es posible dar sugerencias a los futuros o actuales docentes con respecto a cuál es la mejor forma de enseñar ciencias, estamos conscientes de qué sugerencias dar con respecto a lo que no se debería hacer en las aulas, tal como lo señala Sanmartí (2002) y coherente con la mirada de las finalidades de la educación científica planteadas por Aleixandre y Sanmartí (1997), la construcción de modelos es una finalidad de la educación científica actual, ya que constituye una de las ocho prácticas científicas expuestas por Osborne (2014), por lo que permite a los estudiantes conocer aspectos en torno a la naturaleza de las ciencias y potencia a que éstos puedan razonar, interpretar, explicar y tomar decisiones, acercándose a un modelo científico escolar coherente con el conocimiento científico vigente. Por lo anterior, estamos convencidos que en nuestra investigación, el uso de esta estrategia didáctica fomentó un mejor acercamiento a las tres ideas del modelo de energía, tal como se presentará en las conclusiones en relación al modelo de energía, más adelante.

## **5.2 Respecto al refinamiento del material didáctico**

- El diseño Inicial Tradicional del material didáctico fue el que sufrió más modificaciones, puesto que era necesario agregar todas las fases de la modelización, que corresponde a la estrategia didáctica de enseñanza escogida.

- Las modificaciones más complejas de realizar fueron las en torno a los modelos, ya que fue necesario pensar en situaciones que pudiesen ser atractivas para los estudiantes, modificar el sentido de ciertas preguntas que en ocasiones eran muy cerradas a preguntas más abiertas que brindaran más información, opuesto a esto, también dirigir un poco más otras preguntas, para guiar a los estudiantes a responder en ciertos términos (de carácter más energéticos) y no otros (que en ocasiones eran explicaciones en torno a aspectos más mecánicos). Se tuvo que realizar consensos, con respecto al uso de ciertos conceptos científicos, pensando en escoger las palabras adecuadas que no generaran conflictos o confusiones en los estudiantes. Que este tipo de cambios hayan sido los más complejos, es coherente con nuestro marco teórico, pero implica un constante reto y desafío para próximas investigaciones.
- Cabe destacar, que si bien, las modificaciones disminuyen entre los diseños Inicial Tradicional, N°1 y N°2, aumentan hacia el diseño Final, al darnos cuenta que el diseño era muy extenso y se abarcaban todos los aspectos del modelo energético en una misma actividad, por lo que se decidió realizar un nuevo refinamiento. La mayoría de los cambios realizados para este último diseño están relacionados con los conocimientos de contenido pedagógico, principalmente los relacionados con los aspectos de investigación y a los modelos. Estas modificaciones apuntan principalmente a un cambio de enfoque en la actividad, en el que se pensó en potenciarlas tres ideas del modelo de energía, trabajándolas por separado en tres actividades, pero que a su vez están conectadas entre sí, a través de la misma necesidad de construir el modelo, un mismo contexto y una aplicación que se puede desarrollar de manera óptima, trabajando las tres actividades. Por este motivo el ciclo de modelización utilizado se dividió en mini ciclos, que permiten obtener actividades más cortas pero que potencian, de manera más profunda, cada uno de los aspectos del modelo de energía de López y Pintó (2012).
- En los diseños N°1 y N°2, las tres ideas del modelo de energía, se trabajan de manera paralela, y los resultados evidenciaron que si bien hubo progresos de una implementación a otra, los resultados obtenidos no fueron los esperados, sobre todo con respecto a la idea de configuración de los sistemas. En base a estos resultados, se realizó el diseño Final separado en tres actividades, y se implementó la actividad que permitía construir el modelo de la idea más débil recién mencionada. La experiencia en el aula demostró, que fue una actividad más fácil de manejar, se pudo desarrollar en un menor tiempo, dando incluso la posibilidad de haber implementado la segunda actividad a continuación de ésta, potenció la discusión de los estudiantes más que en las versiones anteriores implementadas y también acercó a los estudiantes más a la idea de configuración de los sistemas, tal como se presentará en las conclusiones con respecto a los aspectos del modelo.

- Un diseño didáctico que interrelaciona las tres ideas del modelo de energía, pero que a su vez se encuentra dividido en actividades referentes a cada una de las ideas a potenciar, permite al docente escoger el uso de éstas cuando lo estime conveniente, es decir, éste puede utilizar el material didáctico de manera completa o bien realizar cada actividad en diferentes momentos de la unidad de termodinámica en el orden correspondiente.

### **5.3 Respecto a las ideas del modelo de energía a potenciar**

- Por un lado, en los diseños didácticos N°1 y N°2 la idea que más se potencia corresponde a la que hace alusión de que el trabajo y el calor son mecanismos de transferencia de energía y por el otro la idea de la energía como propiedad de la configuración de un sistema, fue la que obtuvo menos resultados favorables, es decir, las respuestas dadas por los estudiantes se acercaron débilmente a ella una vez finalizadas las implementaciones estos diseños. Sin embargo, a medida que se refinó el material didáctico, se puede observar siempre un progreso con respecto a las ideas de configuración del sistema y transferencia de energía, de modo que en el último refinamiento se realizaron cambios para intentar aumentar este porcentaje, en base a las debilidades detectadas en base al análisis de las respuestas de los estudiantes y con la última implementación realizada solo con respecto a esta idea más débil se observó que un 58% de los estudiantes, se acercó a esta idea a potenciar.
- En la tercera implementación, además de obtener resultados positivos en cuanto al incremento de estudiantes que logra hablar en términos de la configuración de los sistemas, se obtuvo un resultado que no se esperaba, ya que algunas de las preguntas fomentaron a los estudiantes a comenzar a nombrar aspectos en torno a la transferencia y degradación de la energía, lo cual es muy positivo considerando que estas ideas pueden ser utilizadas para introducir las siguientes actividades referentes a las otras dos ideas del modelo e incluso el docente podría haberlas utilizado en la fase de “evaluar el modelo” para que los estudiantes las pusieran a la prueba en el desarrollo de las actividades.
- En concreto podemos mencionar que considerando las tres implementaciones, un 42,5% habla en términos cercanos a las tres ideas a potenciar, un 27,7% habla en función de dos ideas del modelo, un 21,3 % solo menciona una de las tres ideas y un 8% no se acerca a ninguna de las ideas del modelo que se pretendía potenciar. Resultados que consideramos positivos y nos incentivan a seguir realizando, en nuestro ejercicio como futuros docentes, diseños didácticos sustentados en la investigación educativa y que contemplen refinamientos en base a los resultados que nos manifiestan los estudiantes.

#### **5.4 Respecto al ejercicio docente**

- Como futuros docentes podemos concluir que el proceso de enseñanza-aprendizaje de un determinado tema, necesita de un trabajo detallado y consistente, primero considerando la importancia de mantenernos actualizados respecto a los conocimientos científicos vigentes y no seguir basando nuestras clases en definiciones que quizás fueron sofisticadas e incluso modificadas gracias a las variadas investigaciones que se realizan en el campo de la didáctica de las ciencias.
- Consideramos esencial mantenernos actualizados en el uso de las distintas estrategias didácticas, ya que así como docentes podemos tener un abanico de posibilidades que nos permitan saber cuál utilizar de acuerdo al contexto, tipos de estudiantes, ritmos de aprendizaje, entre otros aspectos de diversidad que están siempre presentes en las aulas. Consideramos que la modelización es coherente con el modelo didáctico socio-constructivista y destacamos su contribución en la formación de estudiantes participativos, activos y conscientes de su aprendizaje, sin embargo, también estamos de acuerdo que existen otras estrategias didácticas complementarias a ésta y que permitan potenciar otro tipo de competencias.
- Poner a prueba un material didáctico, en base al impacto que causa en nuestros estudiantes, nos revela la riqueza de información que se puede obtener de las respuestas que éstos nos dan y nos permite evaluar nuestra práctica y ser conscientes de nuestro discurso, tipos de preguntas y actividades que permitan obtener un tipo de respuestas u otros. Además consideramos que el uso del DBR es una herramienta práctica tanto para investigadores, como para los docentes, ya que luego de realizar este Seminario de Grado, consideramos esencial que el material didáctico esté sustentado y de una u otra forma será una estrategia que seguiremos implementando como futuros profesores.

#### **5.5 Respecto a los aportes y las proyecciones de este Seminario de Grado**

- Este Seminario de Grado aporta principalmente con un material didáctico concreto y mejorado bajo la mirada de la Investigación Basada en el Diseño, y que en base a los resultados obtenidos evidencia acercar a los estudiantes al modelo de energía propuesto por López y Pintó (2012) y que es coherente con el conocimiento científico vigente.
- También se realiza un aporte teórico, dando a conocer o explicitando aspectos en torno a la energía que en libros de textos escolares y universitarios e incluso en el currículum chileno, presentan aspectos no coherentes con este conocimiento científico vigente.
- Se realiza un aporte metodológico dando a conocer la forma de trabajo en base a la investigación basada en el diseño; se dan a conocer las tablas de cambio y redes

sistémicas como instrumentos de análisis de datos, las cuales pueden inspirar a próximas investigaciones.

- Como proyección, este Seminario de Grado puede inspirar a una próxima investigación en esta misma línea, ya que sólo se abarcan tres ideas con respecto al modelo propuesto por López y Pintó (2012) y en el contexto de la termodinámica, por lo tanto, se podrían realizar nuevos materiales didácticos abarcando otras ideas del modelo en la termodinámica e incluso se podrían potenciar estas mismas ideas u otras en otros contenidos como la mecánica o calorimetría. Y siendo más optimistas se podrían desarrollar unidades didácticas que potencien estas ideas del modelo energético en conexión con otras disciplinas como la química o la biología.

Otro tipo de investigación podría ser de carácter más curricular, realizando un análisis exhaustivo del currículum de enseñanza media para hacer más explícitos aquellos aspectos que son coherentes con los aspectos del modelo que este Seminario de Grado pretendía potenciar y explicitando también aquellos alejados del modelo con las respectivas propuestas didácticas que permitan direccionarlos.

## Referencias Bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A., y Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física-consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 79-91.
- Alomá, E., y Malaver, M. (2007). Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y el teorema de Carnot en textos universitarios de termodinámica. In *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 25, pp. 387-400)
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., y Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The models fifth-grade approach and findings. In *Models and modeling* (pp. 195-218).Springer Netherlands.
- Bliss, J., Monk, M., Ogborn, J., y Black, P. (1983). *Qualitative data analysis for educational research: A guide to uses of systemic networks*. London: Croom Helm.
- Bolívar, J. A. M., y De Cardona Ortín, M. S. (2005). *Nociones fundamentales de termodinámica*. Anaya.
- Couso, D. y López, V. (En prensa). La enseñanza de la energía en la etapa 12-16.
- Crujeiras, B. y Jiménez, MP (2012). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19
- Doménech, J. L. L., Pérez, D. G., Gras-Martí, A., Aranzabal, J. G., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper, R. y Valdés, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(3), 285.
- Doménech, J. L., Menargues, A., y Limiñana, R. (2013). La superficialidad en la enseñanza del concepto de energía: una causa del limitado aprendizaje alcanzado por los estudiantes de bachillerato. In *Enseñanza de las ciencias* (Vol. 31, pp. 0103-119).
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19(2), 59-66.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material. *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea Ediciones.

Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Ediciones Colihue SRL.

García Carmona, A. (2006). Una propuesta de situaciones problemáticas en la enseñanza del principio de conservación de la energía.

Garrido, A. y Couso, D. (En prensa). Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In *developing models in science education* (pp. 3-17). Springer Netherlands.

Golombek, D. (2008). Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. *IV Foro Latinoamericano de Educación: Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades*.

Harrison, A. G., y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Hernández, M. (2012). Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.

Hernández Rodríguez, M. I., Couso, D., y Pintó, R. (2013). Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre propietats acústiques dels materials.

Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.

Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*, 99-117.

López Simó, V., y Pintó y Casulleras, R. (2012). Ensenyar energia a secundària. *Recursos de Física*, (09).

Martínez, J. M. O., y del Mar Aragón-Méndez, M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(2), 195-208.

MINEDUC (2004) Cobertura curricular en segundo ciclo básico y enseñanza media, sector Ciencias Naturales. Santiago.

MINEDUC (2009) Física Termodinámica. Programa de Estudio, Cuarto Año Medio, Formación Diferenciada Humanístico-Científica. Unidad 2: Leyes de la Termodinámica.

Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *High school science laboratories: Role and vision*.

Ogborn, J. (1986). Energy and Fuel: The Meaning of "The Go of Things". *School Science Review*, 68(242), 30-35.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.

Pintó, R. (1991). Algunos conceptos implícitos en la 1ª y la 2ª Leyes de la Termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.

Pintó, R., Aliberas y Maymí, J., y Gómez Carrillo, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.

Pintó, R., Couso, D., y Gutiérrez, R. (2005). Using research on teachers transformations of innovations to inform teacher education. The case of energy degradation. *Science Education*, 89(1), 38-55.

Pérez, B. C., y Aleixandre, M. P. J. (2012). Participar en las prácticas científicas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (72), 12-19.

Prieto Ruz, T., Brero Peinado, V., y Blanco López, Á. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos. In *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 20, pp. 003-14).

Sanmartí, N. (2002). Capítulo 1: Enseñar ciencias e los inicios del siglo XXI. *Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Educación Secundaria*. Madrid: Síntesis, 11-33.

Schwarz, C., Gwekwerere, Y. (2006). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching.

Sevilla Segura, C. (1986). Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. (Vol. 4, pp. 247-252).

Sidrach, M., y Molina, J. A. (2005). Nociones fundamentales de termodinámica. *Madrid: Anaya*.

Solbes, J., y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 185-194.

Sotoa, M. (2013) Evolución de los modelos conceptuales de los estudiantes en la implementación de la práctica “disipación de energía por rozamiento” y sugerencias de refinamiento de ésta. Tesina de máster. Universitat Autònoma de Barcelona.

The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 5-8.

Trumper, R., y Gorsky, P. (1993). Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 637-648.

Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.

## Apéndice

### Apéndice 1. Diseño didáctico N°1

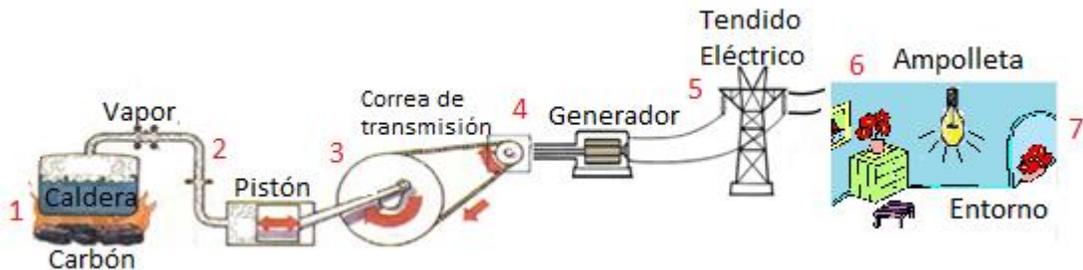
Este apéndice corresponde al diseño didáctico N°1, producto del primer refinamiento realizado de manera teórica, gracias a bibliografía y opiniones de expertos.

#### Experiencia Laboratorio “Ciclos Termodinámicos”

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía (a través de calor). Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo Atacama, Taltal, Tarapacá, Los Cipreses.

Observa el siguiente esquema en el que se ilustran las partes que componen<sup>3</sup> una termoeléctrica tipo. Luego, responde las preguntas que se presentan.



Referencia: creación propia

1. Anota en el espacio dado cómo está cada parte de la secuencia del sistema, que energía puedes asociar a cada secuencia y donde está.

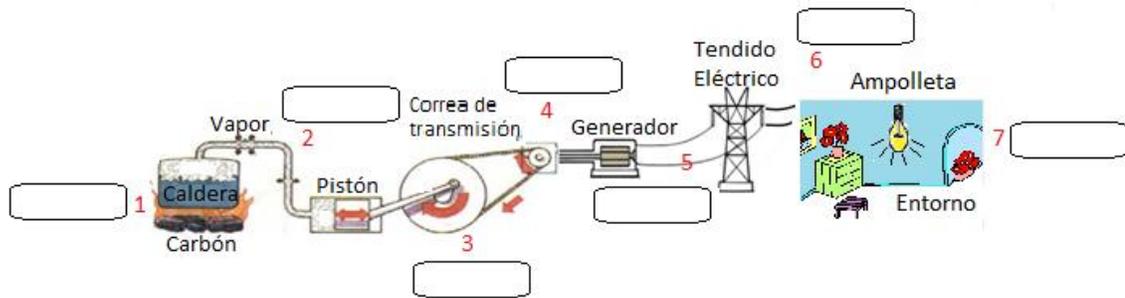
Secuencia del Sistema	Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema.	¿Qué energía puedes asociar? ¿Dónde está?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		

<sup>3</sup> Se compone de una caldera, un pistón, una correa de transmisión y un generador eléctrico.

4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Tendido Eléctrico		
6) Tendido Eléctrico – Ampolleta		
7) Ampolleta – Entorno		

Tabla 1

2. Escribe en las etiquetas del dibujo qué mecanismos de transferencia de energía identificas e intenta asociarlos a los cambios que estos producen en el sistema.

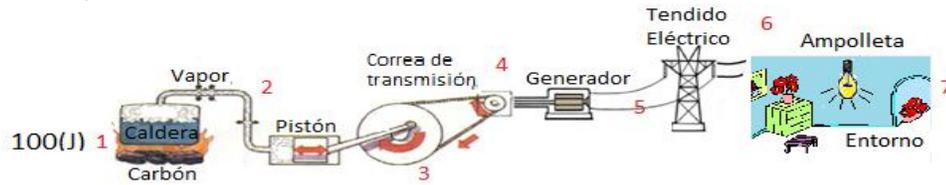


Referencia: creación propia

Etapas	¿Qué cambios se asocian a estas transferencias de energía?
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Tabla 2

3. Se dispone de 100 Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Referencia: creación propia

Si comparamos la energía al inicio y al final del proceso ¿Cómo crees que será su calidad? ¿Crees que toda la energía invertida en la caldera es utilizada para encender la ampolleta? Explica.

### Compartiendo ideas

Ahora que respondiste las preguntas planteadas, es momento de compartir tus ideas con el resto de tus compañeros(as) y profesor(a). Si deseas corregir o agregar alguna idea, puedes escribirla en el espacio dado a continuación. **Es muy importante que no edites tus respuestas iniciales, ya que estas serán utilizadas luego de realizar la experiencia.**

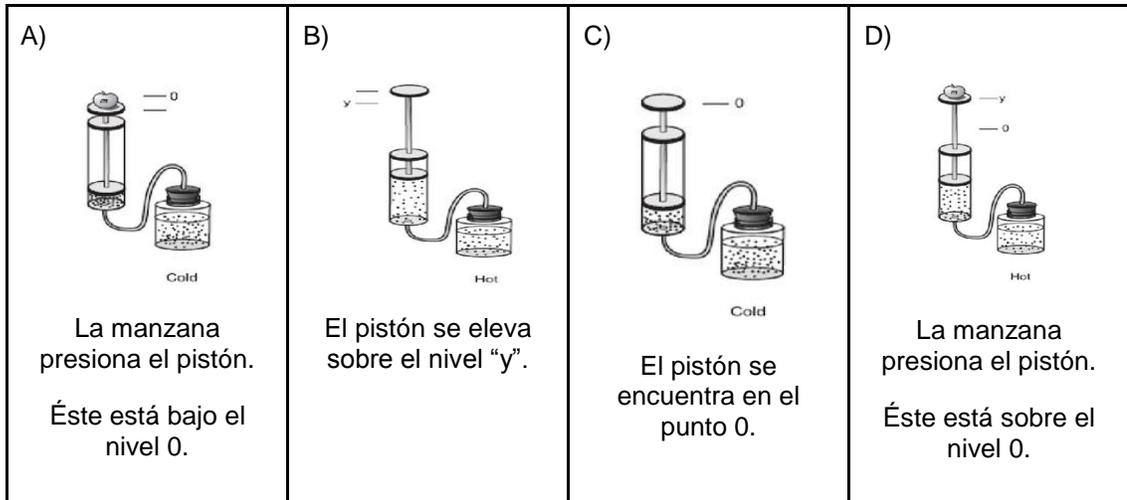
---

- Como ya analizaste a grandes rasgos el funcionamiento de una central termoeléctrica e identificaste las transferencias de energía y los cambios asociados a ella en cada parte del sistema, te invitamos a analizar de otra forma los cambios que ocurren en otros procesos como en el caso de los motores, tratando de identificar las magnitudes físicas que se encuentran involucradas y que permiten su funcionamiento.

Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico<sup>4</sup> de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).

---

<sup>4</sup>Serie de procesos termodinámicos, en los que un sistema parte de un estado inicial y tras aplicar dichos procesos regresa al estado inicial.



Referencia: creación propia

4. Para cada imagen describe en la siguiente tabla como se encuentra cada parte del sistema:

Etapa	¿Cómo se encuentra esta parte del sistema?
A	
B	
C	
D	

Tabla 3

5. De acuerdo al estado que describiste de cada parte del sistema, intenta asociar cada imagen a un punto del gráfico P(V) que se encuentra a continuación y que permita formar el ciclo termodinámico. No olvides indicar el punto de inicio y sentido del ciclo termodinámico. Recuerda que en un ciclo termodinámico para ir de una etapa a otra, sólo puedes modificar una de las tres magnitudes físicas que se encuentran involucradas (presión, volumen o temperatura), siendo los demás cambios un efecto de dicha modificación.

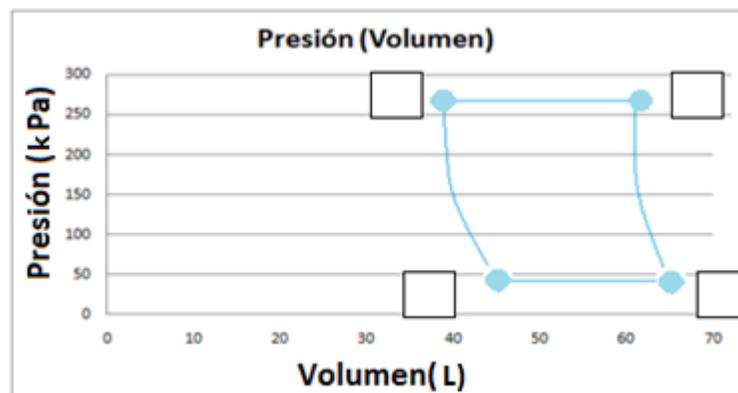


Gráfico 1. Referencia: creación propia

6. Anota en el orden correspondiente cada proceso, y de acuerdo a esto completa la siguiente tabla:

Proceso (Escribir las letras asociadas a cada proceso)	¿Qué magnitud física debemos modificar para que ocurra este proceso?	¿Qué crees que sucederá con las otras magnitudes?	¿Qué mecanismos de transferencia de energía se asocian a estos cambios?
->			
->			
->			
->			

Tabla 4

7. Predice el estado final del volumen del gas tras realizar el ciclo nuevamente partiendo de las condiciones en las que finalizaste la primera vez.



**Para tener en cuenta:** Al igual que un motor, una central termoeléctrica funciona a través de etapas o ciclos. El combustible fósil se quema para calentar el agua contenida en la caldera hasta que ésta se convierta en vapor, la energía producida en la combustión se transfiere en forma de calor, el vapor sale de la caldera a una temperatura muy alta, al igual que la presión, se conduce por tubos hasta una turbina, la cual mueve un generador eléctrico debido a la transferencia de energía del vapor a la turbina en forma de trabajo.

El vapor utilizado se enfría hasta licuarse y el agua regresa a la caldera para comenzar nuevamente el ciclo.

### ¡Comprueba tus respuestas!

Piensa ¿Cómo podrías recrear el ciclo anterior? Propón un procedimiento escribiendo en el espacio dado a continuación y teniendo en cuenta que dispones de los siguientes materiales e instrumentos:

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Calorímetro o termo            | Hervidor                           |
| Cilindro de aluminio con tapón | Hielo                              |
| Pistón                         | Cubeta para agua                   |
| 2 Vaso de precipitado (1000ml) | Computador con programa DataStudio |
| Regla métrica                  | Interfaz Pasco                     |
| Termómetro                     |                                    |
| Sensor de baja presión Pasco   |                                    |
| Masas (100g y 200g)            |                                    |

En el espacio a continuación puedes escribir la puesta en común sobre el montaje a realizar.

---



---

- Ahora que ya has hecho tus supuestos sobre los distintos procesos y mecanismos de transferencia de la energía que pueden influir en este ciclo termodinámico, te invitamos a investigar directamente a través del montaje que prepararás, lo que ocurrirá en el ciclo.

8. No olvides medir los datos de presión, volumen y temperatura en cada etapa del ciclo completando la tabla 5 y luego describe cada proceso del ciclo termodinámico completando la tabla 6.

Etapas	Presión (kPa)	Volumen(L)	Temperatura(K)

Tabla 5

Proceso	¿Qué magnitud física debemos modificar para que ocurra este proceso?	¿Qué sucedió con las otras magnitudes?	¿Qué mecanismos de transferencia de energía se asocian a estos cambios?
->			
->			
->			
->			
->			

Tabla 6

Utilizando los datos de presión y volumen, realiza un gráfico P(V) y completa la tabla 4:

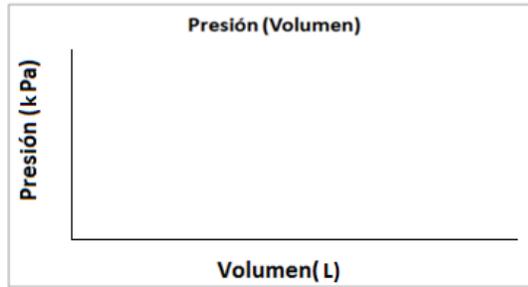


Gráfico 2

Recordando que la primera ley de la termodinámica relaciona las magnitudes físicas de presión, volumen y temperatura a través de las variaciones de trabajo, calor y energía interna, te invitamos a calcular estas magnitudes, de acuerdo a los valores que has obtenido en la experimentación y que anotaste en las tablas anteriores.

Isotérmico	Isocórico	Isobárico
En una transformación isotérmica la temperatura del sistema permanece constante	En una transformación isocórica el volumen permanece constante.	En una transformación isobárica la presión del sistema no varía.
$\Delta W_{if} = nRT_0 \ln \frac{V_f}{V_i}$	$\Delta W_{if} = p_i (V_f - V_i) = 0$	$\Delta W_{if} = p_i (V_f - V_i)$
$\Delta Q_{if} = W_{if} + \Delta U_{if} = nRT_0 \ln \frac{V_f}{V_i}$	$\Delta Q_{if} = \Delta W_{if} + \Delta U_{if} = \Delta U_{if}$	$\Delta Q_{if} = nC_p(T_f - T_i)$
$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i) = 0$	$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i) = \Delta Q_{if}$	$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i)$

10. Calcula las variables que se relacionan con la primera ley de la termodinámica para el primer proceso, la primera vez que lo realizaste y la segunda.

Proceso	Nombre del proceso	$\Delta W$	$\Delta U$	$\Delta Q$
->				
->				

Tabla 7

- Las siguientes dos preguntas se discutirán en un plenario luego de que cada uno(a) de ustedes, las responda individualmente.

11. Compara lo predicho en la tabla 4 con lo que ya verificaste y escribiste en la tabla 5. ¿Coincidieron tus predicciones con lo ocurrido en la experiencia? ¿En qué se diferencian? ¿En qué es igual?

---



---

12. Observa la tabla 7. En términos cuantificables ¿La transferencia de energía asociada al primer proceso<sup>5</sup> del sistema (de la primera a la segunda etapa) es la misma que la asociada al realizar el primer proceso nuevamente? ¿Qué variaciones permanecen constantes? ¿Cuál(es) varia(n)? Da una explicación de lo que podría estar ocurriendo.

---



---

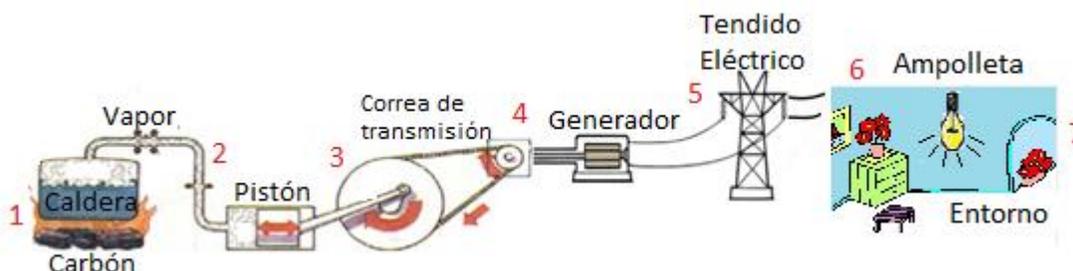
Anota aquí las ideas que surgieron en el plenario como coincidentes y consensuadas.

---



---

- Ahora que ya sabes cómo funcionan las centrales termoeléctricas y algunos motores responde las siguientes preguntas basándote en los datos obtenidos en la experimentación.



Referencia: creación propia

¡Volvamos al inicio! Luego de haber puesto a pruebas tus ideas iniciales responde nuevamente las preguntas planteadas al inicio de la experiencia.

13. Anota en el espacio dado cómo está cada parte de la secuencia del sistema, qué energía puedes asociar a cada secuencia y donde está.

Secuencia del Sistema	Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema.	¿Qué energía puedes asociar? ¿Dónde está?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		

<sup>5</sup> Unión de dos puntos de un ciclo, donde el primero es el inicio del proceso y el segundo el final.

5) Generador – Tendido Eléctrico		
6) Tendido Eléctrico – Ampolleta		
7) Ampolleta – Entorno		

Tabla 8

14. Escribe en las etiquetas del dibujo qué mecanismos de transferencia de energía identificas e intenta asociarlos a los cambios que estos producen en el sistema.



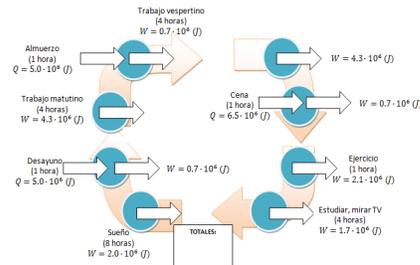
Referencia: creación propia

Etapas	¿Qué cambios se asocian a estas transferencias de energía?
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Tabla 9

## Aplicación

15. Todos los días, nuestro cuerpo (un sistema termodinámico) realiza un proceso termodinámico cíclico, es decir vuelve al mismo estado inicial. Se agrega calor  $Q$  metabolizando comida, y el cuerpo realiza un trabajo  $W$  al respirar, caminar y efectuar otras actividades. Si volvemos al mismo estado al final del día verifica que ocurre con el cambio neto de energía interna de acuerdo al siguiente ejemplo:



Referencia: creación propia

16. Si la primera ley de la termodinámica señala que podemos mantener invariante la energía interna asociada a un estado de un sistema siempre y cuando el calor y trabajo se sustenten entre sí, entonces: ¿Cómo podrías explicar que en los medios de comunicación se hable de crisis<sup>6</sup> energéticas?

---

<sup>6</sup> Cambio profundo y de consecuencias importantes en un proceso o una situación.

## Apéndice 2. Diseño didáctico N°2

Este apéndice corresponde al diseño didáctico N°2, producto del segundo refinamiento realizado de manera empírica luego de la primera implementación.

### Experiencia Laboratorio “Ciclos Termodinámicos” IV medio Electivo

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

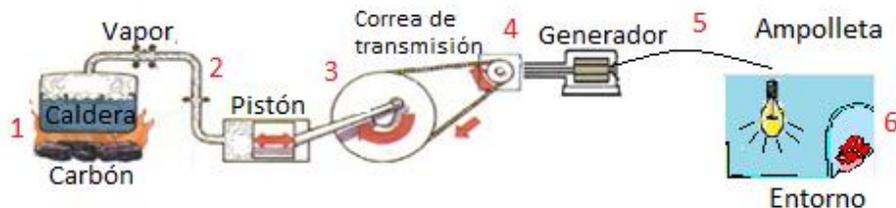
#### Aprendizaje esperado:

Comprender el principio de funcionamiento de máquinas que operan mediante transferencias de energía.

#### Activando tus conocimientos previos

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía (a través de calor). Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo en Atacama, Taltal, Tarapacá, Santiago.

Observa el siguiente esquema en el que se ilustran las partes que componen<sup>7</sup> una termoeléctrica tipo. Luego, responde las preguntas que se presentan.



Referencia: creación propia

<sup>7</sup> Se compone de una caldera, un pistón, una correa de transmisión y un generador eléctrico.

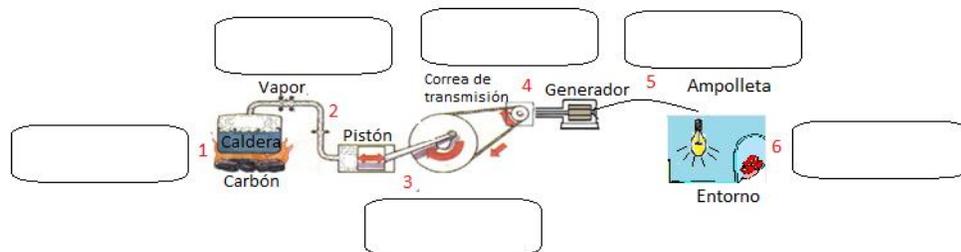
1. Anota en el espacio dado en la tabla 1 cómo está cada parte de la secuencia del sistema y a qué asociarías la energía en cada caso.

Secuencia del Sistema	Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema. (Ej: En una hidroeléctrica el agua cae desde cierta altura)	¿A qué asociarías la energía?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Ampolleta		
6) Ampolleta – Entorno		

Tabla 1

2. En las cadenas energéticas la energía se va transfiriendo, y se manifiesta a través de cambios en el sistema, que se pueden asociar a diferencias de temperatura o a fuerzas y desplazamientos.

Escribe en las etiquetas del dibujo qué mecanismos de transferencia de energía identificas. Posteriormente describe en la tabla 2 los cambios que se observan en el sistema a causa de cada una de estas transferencias de energía

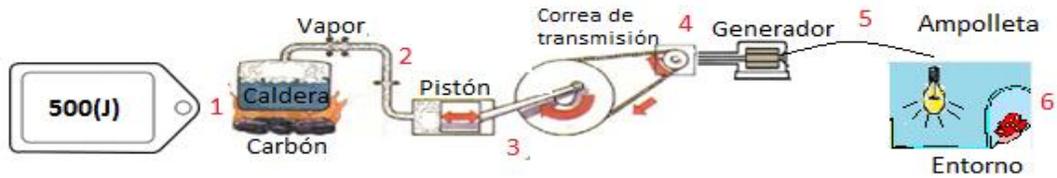


Referencia: creación propia

1	2	3	4	5	6

Tabla 2

3. Se dispone de 500Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta, como la mostrada en el dibujo, indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Referencia: creación propia

Si comparamos la energía al inicio y al final del proceso:

¿Cómo crees que será su calidad?, es decir, ¿Crees que la energía que queda al final del proceso puede generar los mismos cambios que la que disponías al inicio? Explica.

¿Crees que toda la energía invertida en la caldera es utilizada para encender la ampolleta? Explica.

Compartiendo ideas

Ahora que respondiste las preguntas planteadas, es momento de compartir tus ideas con el resto de tus compañeros(as) y profesor(a). Si deseas corregir o agregar alguna idea, puedes escribirla en el espacio dado a continuación. **Es muy importante que no edites tus respuestas iniciales, ya que estas serán utilizadas luego de realizar la experiencia.**

---



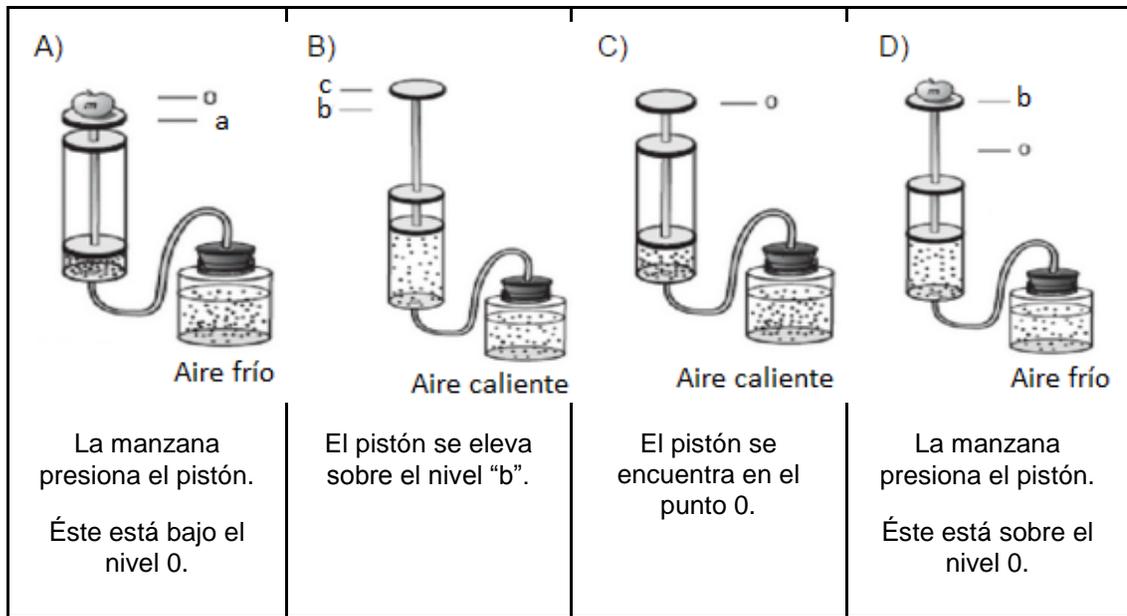
---

**Aplicando los conocimientos previos**

- Como ya analizaste a grandes rasgos el funcionamiento de una central termoeléctrica e identificaste las transferencias de energía y los cambios asociados a ella en cada parte del sistema, te invitamos a analizar de una nueva forma los cambios que ocurren en otros procesos como en el caso de los motores, tratando de identificar las magnitudes físicas que se encuentran involucradas y que permiten su funcionamiento.

Las siguientes imágenes se asocian al ciclo termodinámico<sup>8</sup> de un motor. Cada una de estas se representa con una letra y se relaciona con una etapa del ciclo. (Nota: las imágenes no están en orden).

<sup>8</sup>Serie de procesos termodinámicos, en los que un sistema parte de un estado inicial y tras aplicar dichos procesos regresa al estado inicial.



Referencia: creación propia

4. Para cada imagen describe en la siguiente tabla como se encuentra cada parte del sistema utilizando magnitudes físicas y términos energéticos (volumen, presión, temperatura, transferencia de energía, entre otros).

Etapa	¿Cómo se encuentra esta parte del sistema?
A	
B	
C	
D	

Tabla 3

5. De acuerdo al estado que describiste de cada parte del sistema, intenta asociar cada imagen a un punto del gráfico P(V) que se encuentra a continuación y que permita formar el ciclo termodinámico. No olvides indicar el punto de inicio y sentido del ciclo termodinámico. Recuerda que en un ciclo termodinámico para ir de una etapa a otra, sólo puedes modificar una de las tres magnitudes físicas que se encuentran involucradas (presión, volumen o temperatura), siendo los demás cambios un efecto de dicha modificación.

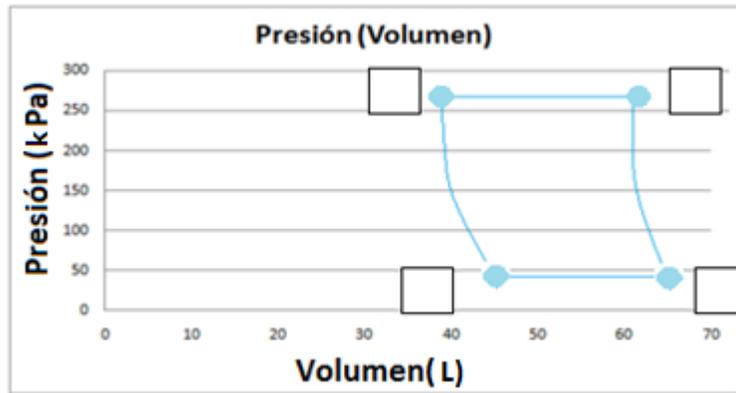


Gráfico 1. Referencia: creación propia

6. Anota en el orden correspondiente cada proceso, y de acuerdo a esto completa la siguiente tabla:

Proceso (Escribir las letras asociadas a cada proceso)	¿Qué magnitud física debemos modificar para que ocurra este proceso?	¿Qué crees que sucederá con las otras magnitudes?	¿Qué mecanismos de transferencia de energía se asocian a estos cambios?
->			
->			
->			
->			
->			

Tabla 4

7. Haz una predicción de la posición final del pistón, asociándolo al estado final del volumen del gas tras realizar el ciclo nuevamente partiendo de las condiciones en las que finalizaste la primera vez, considerando que la energía asociada al inicio del sistema recorre una serie de procesos a través del ciclo.

**Para tener en cuenta:** Al igual que un motor, una central termoeléctrica funciona a través de etapas o ciclos. El combustible fósil se quema para calentar el agua contenida en la caldera hasta que ésta se convierta en vapor, la energía producida en la combustión se transfiere en forma de calor, el vapor sale de la caldera a una temperatura muy alta, al igual que la presión, se conduce por tubos hasta una turbina, la cual mueve un generador eléctrico debido a la transferencia de energía del vapor a la turbina en forma de trabajo. El vapor utilizado se enfría hasta licuarse y el agua regresa a la caldera para comenzar nuevamente el ciclo.

#### Poniendo a prueba tus ideas

- Ahora que ya has hecho tus supuestos sobre los distintos procesos y mecanismos de transferencia de la energía que pueden influir en este ciclo termodinámico, te invitamos a investigar directamente a través del montaje que prepararás, lo que ocurrirá en el ciclo.

Con los siguientes instrumentos y materiales debes recrear el ciclo anterior. Con ayuda de tu profesor/a describan un procedimiento para poder realizarlo, considera las variables que describiste anteriormente.

Cilindro de aluminio con tapón

Hervidor

Pistón

Hielo

2 Vaso de precipitado (1000ml)

Cubeta para agua

Regla métrica

Computador con programa DataStudio

Termómetro

Interfaz Pasco

Sensor de baja presión Pasco

Masas (100g y 200g)

En el espacio a continuación puedes dibujar la puesta en común sobre el montaje a realizar.

¡A experimentar!

8. No olvides medir los datos de presión, volumen y temperatura en cada etapa del ciclo completando la tabla 5 y luego describe cada proceso del ciclo termodinámico completando la tabla 6.

Etapas	Presión (kPa)	Volumen(mL)	Temperatura(K)

Tabla 5

Proceso	¿Qué magnitud física debemos modificar para que ocurra este proceso?	¿Qué sucedió con las otras magnitudes?	¿Qué mecanismos de transferencia de energía se asocian a estos cambios?
->			
->			
->			
->			
->			

Tabla 6

9. Utilizando los datos de presión y volumen, realiza un gráfico P(V)

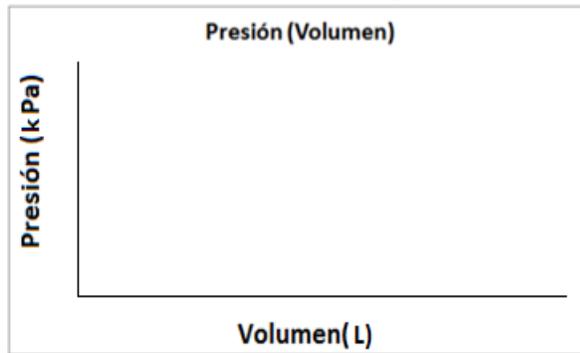


Gráfico 2

Recordando que la primera ley de la termodinámica relaciona las magnitudes físicas de presión, volumen y temperatura a través de las variaciones de trabajo, calor y energía interna, te invitamos a calcular estas magnitudes completando la tabla 7, de acuerdo a los valores que has obtenido en la experimentación y que anotaste en la tabla 5.

Isotérmico	Isocórico	Isobárico
En una transformación isotérmica la temperatura del sistema permanece constante	En una transformación isocórica el volumen permanece constante.	En una transformación isobárica la presión del sistema no varía.
$\Delta W_{if} = nRT_0 \ln \frac{V_f}{V_i}$	$\Delta W_{if} = p_i (V_f - V_i) = 0$	$\Delta W_{if} = p_i (V_f - V_i)$
$\Delta Q_{if} = W_{if} + \Delta U_{if} = nRT_0 \ln \frac{V_f}{V_i}$	$\Delta Q_{if} = \Delta W_{if} + \Delta U_{if} = \Delta U_{if}$	$\Delta Q_{if} = nC_p(T_f - T_i)$
$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i) = 0$	$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i) = \Delta Q_{if}$	$\Delta U_{if} = nC_v(T_f - T_i)$

Referencia: creación propia

10. Calcula las variables que se relacionan con la primera ley de la termodinámica para el primer proceso, la primera vez que lo realizaste y la segunda.

Proceso	Nombre del proceso	$\Delta W$	$\Delta U$	$\Delta Q$
->				
->				

Tabla 7

**Contrasta tus respuestas**

- Las siguientes dos preguntas se discutirán en un plenario luego de que cada uno(a) de ustedes, las responda individualmente.

11. Compara lo predicho en la tabla 4 con lo que ya verificaste y escribiste en la tabla 6. ¿Coincidieron tus predicciones con lo ocurrido en la experiencia? ¿En qué se diferencian? ¿En qué son iguales?

---

12. Observa la tabla 7. En términos cuantificables ¿La transferencia de energía asociada al primer proceso<sup>9</sup> del sistema (de la primera a la segunda etapa) es la misma que la asociada al realizar el primer proceso nuevamente? Da una explicación de lo que podría estar ocurriendo.

---

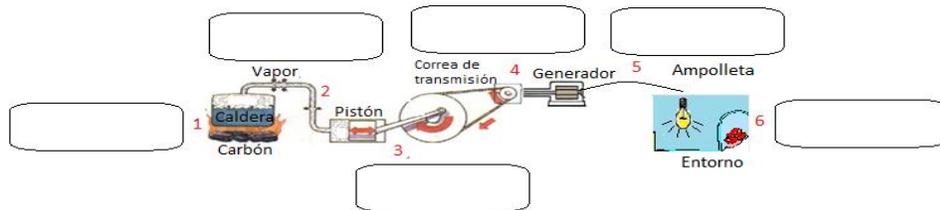
Anota aquí las ideas que surgieron en el plenario como coincidentes y consensuadas.

---

**Considerando lo aprendido**

¡Volvamos al inicio! Luego de haber puesto a prueba tus ideas iniciales responde nuevamente las preguntas planteadas al inicio de la experiencia.

13. Anota en las etiquetas del dibujo los mecanismos de transferencia de energía que asocias a cada secuencia del ciclo y posteriormente escribe en el espacio dado de la tabla 8 a qué asociarías la energía.



Referencia: creación propia

Secuencia del Sistema	¿A qué asociarías la energía?
1) Carbón – Agua (Caldera)	
2) Vapor Caldera – Pistón	
3) Pistón – Correa de Transmisión	

<sup>9</sup> Unión de dos puntos de un ciclo, donde el primero es el inicio del proceso y el segundo el final.

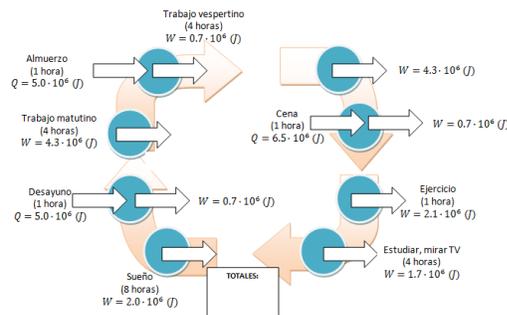
4) Correa de Transmisión – Generador	
5) Generador – Ampolleta	
6) Ampolleta – Entorno	

Tabla 8

14. ¿Crees que la energía que queda al final del proceso puede generar los mismos cambios que la que disponías al inicio? Explica.

**Aplicando lo aprendido**

15. Todos los días, nuestro cuerpo (un sistema termodinámico) realiza un proceso termodinámico cíclico, es decir vuelve al mismo estado inicial. Se agrega calor  $Q$  metabolizando comida, y el cuerpo realiza un trabajo  $W$  al respirar, caminar y efectuar otras actividades. Si volvemos al mismo estado al final del día verifica que ocurre con el cambio neto de energía interna de acuerdo al siguiente ejemplo y anota tus cálculos en el recuadro.



Referencia: creación propia

16. Si la primera ley de la termodinámica señala que podemos mantener invariante la energía interna asociada a un estado de un sistema siempre y cuando el calor y trabajo se sustenten entre sí, entonces: ¿Cómo podrías explicar que en los medios de comunicación se hable de crisis<sup>10</sup> energéticas?

<sup>10</sup> Cambio profundo y de consecuencias importantes en un proceso o una situación.

### Apéndice 3. Diseño didáctico Final.

Este apéndice corresponde al diseño didáctico Final, producto del tercer refinamiento realizado de manera empírica luego de la segunda implementación.

## GUÍA DE TERMODINÁMICA

Nombre:

Curso:

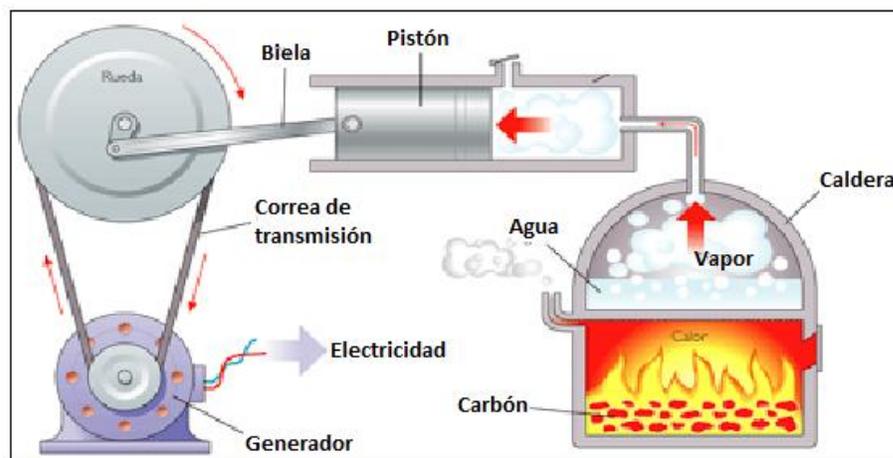
### Aprendizaje esperado:

Comprender el principio de funcionamiento de máquinas que operan mediante transferencias de energía.

### ACTIVIDAD N°1

#### 1. Sentir la necesidad de un modelo

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía. Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo en Atacama, Taltal, Tarapacá, Santiago.



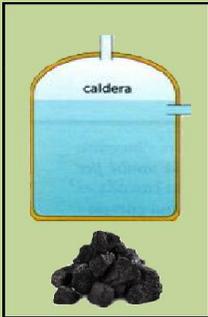
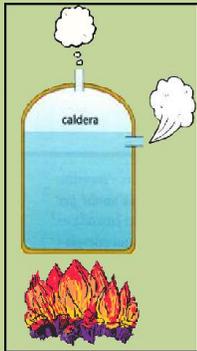
Referencia: creación propia

- ¿Qué debería ocurrir para que la termoeléctrica funcione?
- ¿Qué magnitudes físicas asocias a lo largo de esta cadena de cambios?
- ¿La cantidad de energía es la misma al inicio y al final de este sistema? ¿Es igual de aprovechable la energía de la ampollita encendida con la energía asociada al movimiento del pistón para generar nuevos cambios?

**2. Expresar el modelo y utilizarlo**

Si nos enfocamos en el funcionamiento de la termoeléctrica desde su primer proceso, es decir el sistema carbón - agua en la caldera ¿Crees que bastaría tener sólo carbón para que el agua hierva?

A partir de este fenómeno, completa en forma individual la siguiente tabla tratando de dar una explicación a la situación recién descrita.

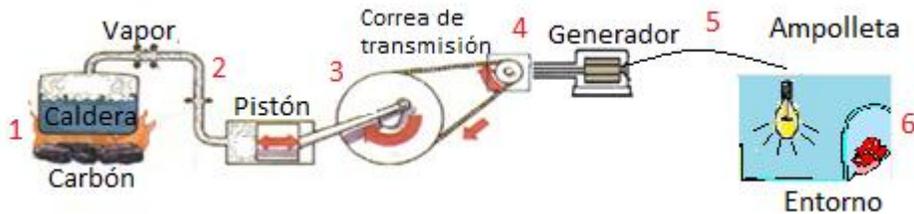
	¿Cómo se encuentra el carbón?	Según las características que recién mencionaste, ¿Qué cambios se pueden provocar?	Si en ambas situaciones disponemos de una misma cantidad de carbón, entonces, ¿A qué asociarías la energía que nos lleva a poder hervir el agua?
 <p>Referencia: creación propia</p>			
 <p>Referencia: creación propia</p>			

### 3.-Evaluar el modelo

Como no podemos ver en directo el funcionamiento de una central termoeléctrica, te invitamos a explorar y analizar a través de la siguiente simulación, el funcionamiento de este tipo de centrales.

Link: <https://youtu.be/nUDub1aH0jM>

En el siguiente esquema se ilustran las partes que componen una termoeléctrica del tipo vista en la simulación.



Referencia: creación propia

De acuerdo a lo observado, completa la siguiente tabla:

Secuencia del Sistema	¿Cómo se encuentra cada parte del sistema?	¿Qué cambios puedes provocar con esta configuración asociada a esta interacción?	¿Cómo puedes explicar a qué asociarías la energía que nos lleva a realizar los diferentes cambios, la energía está en las cosas?
1) Carbón – Agua (Caldera)			
2) Vapor Caldera – Pistón			
3) Pistón – Correa de Transmisión			
4) Correa de Transmisión – Generador			
5) Generador – Ampolleta			
6) Ampolleta – Entorno			

#### 4.-Revisar el modelo

Te invitamos a contrastar y complementar tus ideas con las de tus otros compañeros, registrando las opiniones que surjan en la siguiente tabla, proponiendo una explicación consensuada a las interrogantes planteadas.

<b>Secuencia del Sistema</b>	¿Cómo se encuentra cada parte del sistema?	¿Cómo puedes explicar a qué asociarías la energía que nos lleva a realizar los diferentes cambios, la energía está en las cosas?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Ampolleta		
6) Ampolleta – Entorno		

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°1

¿Qué puedes concluir...

...respecto a la configuración de las partes del sistema?  
...respecto a que la energía no se encuentra en las cosas?

## 5.-Consensuar un modelo

En conjunto, de sus compañeros y profesor, realicen una puesta en común de sus conclusiones con respecto a la que la energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no es algo que se almacena en los cuerpos.

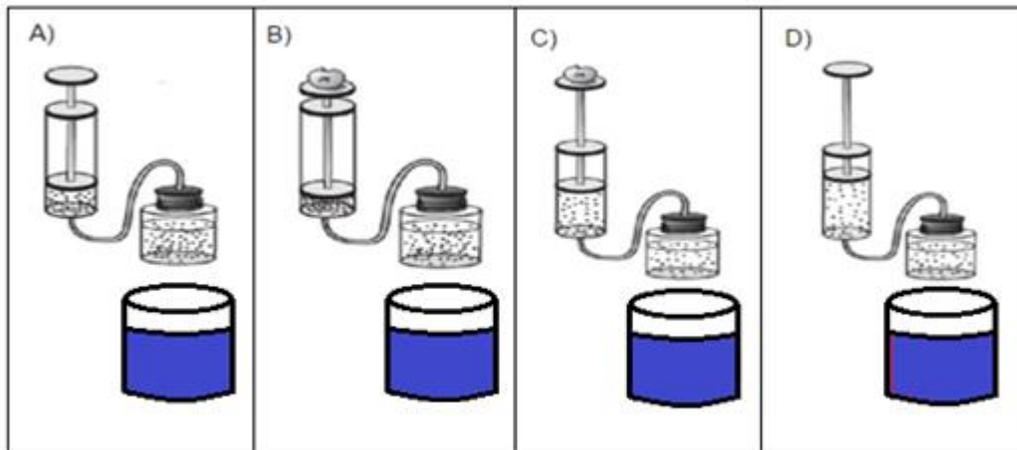
### ACTIVIDAD N°2

#### 2. Expresar el modelo y utilizarlo

#### DESDE LO QUE PASA A NUESTRO ALREDEDOR...

Como habrás notado en la actividad anterior los cambios ocurridos en los diferentes procesos de la termoeléctrica fueron asociados a las distintas configuraciones del sistema, es decir, a cómo estaban sus partes.

Como no podemos recrear una termoeléctrica, simularemos un ciclo termodinámico, pero antes imagina que dispones de un pistón conectado a un tubo metálico con aire en su interior. El pistón puede moverse de forma mecánica y también producto de la acción de introducir el tubo en agua a diferentes temperaturas.



Referencia: creación propia

Dentro de las cuatro situaciones que se presentan, dos se relacionan con diferencias de temperatura y las otras dos en donde intervienen fuerzas y desplazamientos.

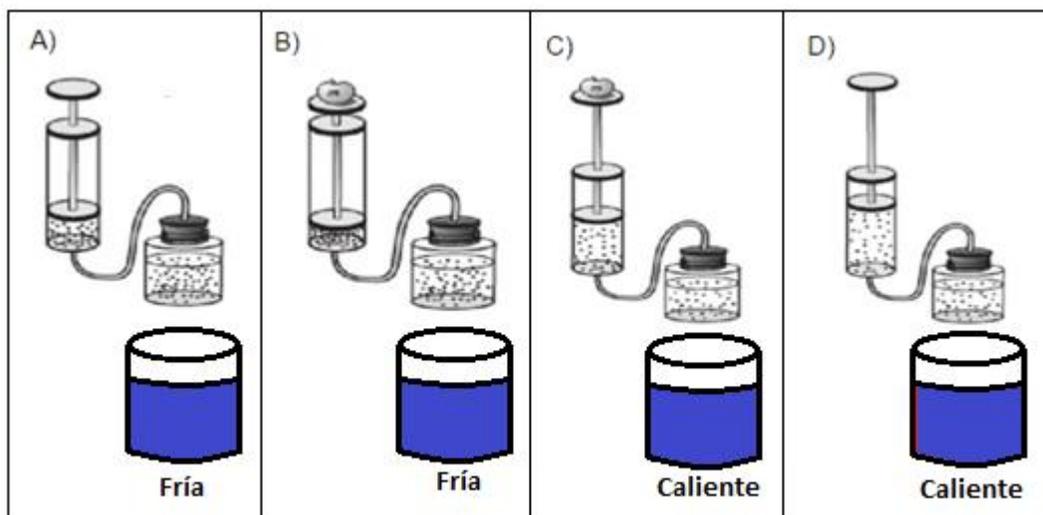
En la tabla siguiente deberás completar lo que crees que ocurrirá en el pistón al realizar diferentes variaciones:

	<b>PREDICCIÓN</b> (individual) ¿Qué esperas que pase con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas.
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo.	
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.	
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente.	
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón.	

### 3.-Evaluar el modelo

Ya identificaste algunas magnitudes físicas asociadas al ciclo de la termoeléctrica. Para corroborarlas de manera concreta y utilizando los materiales que se detallan a continuación deberás recrear este ciclo termodinámico que simulará el funcionamiento de la termoeléctrica. Con ayuda de tu profesor/a prepara y realiza el siguiente montaje experimental:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro de aluminio con tapón</li> <li>• Pistón</li> <li>• 2 Vaso de precipitado (1000ml)</li> <li>• Regla métrica</li> <li>• Termómetro o sensor de temperatura</li> <li>• Sensor de baja presión Pasco</li> <li>• Masas (100g y 200g)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hervidor</li> <li>• Hielo</li> <li>• Cubeta para agua</li> <li>• Computador con programa DataStudio</li> <li>• Interfaz Pasco</li> </ul>
--	---



Referencia: creación propia

	OBSERVACIÓN (individual) ¿Qué pasa realmente con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas	INTERPRETACIÓN ¿Por qué crees que pasa esto?
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo		
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.		
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente		
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón		

	EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué relaciones existen entre la energía, los cambios que se experimentan en el sistema y las magnitudes físicas que identificaste en el experimento anterior?
Al colocar el tubo en el agua fría	
Al colocar el tubo en el agua caliente	
Al colocar una masa sobre el pistón	
Al sacar la masa sobre el pistón	

#### 4.-Revisar el modelo

Relaciona lo que describiste anteriormente y los resultados experimentales con los conceptos de energía, trabajo, calor, temperatura, fuerza y desplazamiento, y realiza una puesta en común con tus compañeros y construyan una explicación de estas cuatro situaciones.

	EXPLICACIÓN (grupal) ¿Qué relaciones existen entre la energía, los cambios que se experimentan en el sistema y las magnitudes físicas que identificaste en el experimento anterior?
Al colocar el tubo en el agua fría	
Al colocar el tubo en el agua caliente	
Al colocar una masa sobre el pistón	
Al sacar la masa sobre el pistón	

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°2

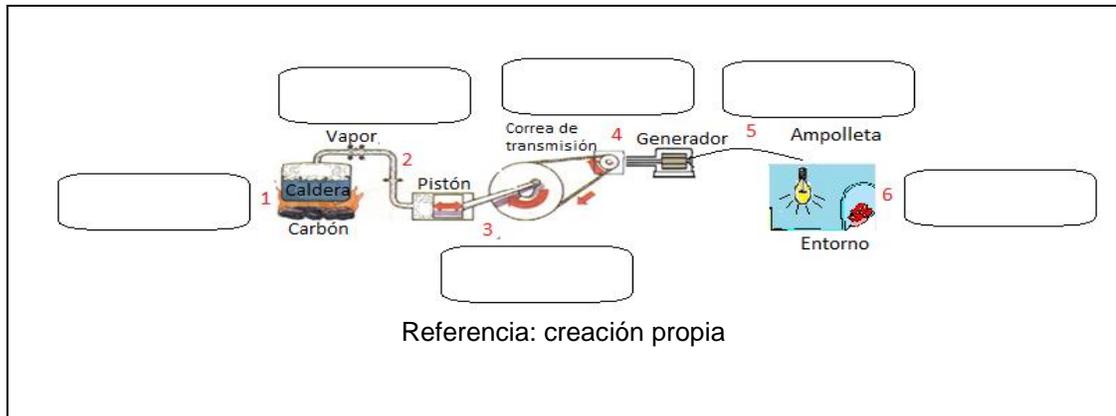
¿Qué puedes concluir...

...respecto a qué pasa cuando ponemos dos objetos a diferente temperatura en contacto?  
 ...respecto a que genera el poner o quitar cuerpos con cierta masa en el mecanismo del pistón?

**5.-Consensuar un modelo**

Realiza una puesta en común con los demás grupos, mencionando las ideas que han aprendido y luego realicen un consenso de éstas con su profesor.

ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya dominas estas ideas sobre la los mecanismos de transferencia de energía, vuelve a repasar tus ideas y menciona cuales asociarías a cada proceso presente en la termoelectrica.



**ACTIVIDAD N°3**

**2. Expresar el modelo y utilizarlo (responden individualmente)**

Con el montaje de la actividad experimental anterior lograste identificar que la energía se transfiere en las diferentes partes de los sistemas a través de mecanismo de trabajo y calor. Lo interesante es que podemos utilizar estas transferencias para ir generando nuevos cambios, que sean útiles para nuestras diferentes finalidades.

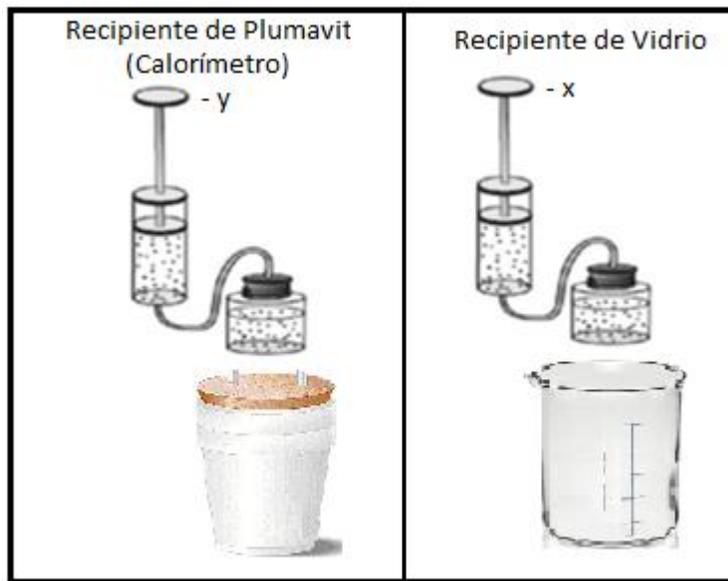
Centrémonos en el tubo metálico del experimento de la actividad N°2 (conectado al pistón) cuando se introducía en el agua caliente. Imagina que este recipiente de agua caliente es equivalente a la caldera de una central termoelectrica, de modo que a partir de ella se pueden ir generando nuevos cambios, por ejemplo levantar el pistón y que este llegue tan alto que pueda presionar un botón y encender algún artefacto.

Pensando en estas ideas intenta predecir qué sucederá completando la siguiente tabla:

¿Qué sucedería con la temperatura del agua si cubrimos la caldera con algún material de plumavit o chaleco?	¿Qué sucedería con la temperatura del agua de la caldera si la dejamos abierta al ambiente?	¿En cuál de los dos casos el pistón se elevaría más?

### 3.-Evaluar el modelo

Ahora, realiza el montaje de la actividad N°2 correspondiente al proceso donde está involucrada la caldera, utilizando los materiales anteriormente descritos y además dos recipientes: uno de vidrio y otro de plumavit (calorímetro).



Referencia: creación propia

Te invitamos a completar la siguiente tabla, considerando que dejamos ambos recipientes con agua caliente “reposar” durante unos minutos, para luego introducir el tubo metálico en ellos:

	¿Qué sucede con la temperatura del agua en el calorímetro?	¿Qué sucede con la energía asociada a esta configuración?	¿Qué sucede con la temperatura del agua en el recipiente de vidrio?	¿Qué sucede con la energía asociada a esta configuración?
Al cabo de unos minutos				

	En una de las dos configuraciones descritas el pistón alcanza una altura mayor ¿En cuál de las dos crees que sucede esto? Explica este fenómeno en términos de utilidad de la energía.
Al introducir el tubo en el agua caliente	

#### 4.-Revisar el modelo

Te invitamos a contrastar y complementar tus ideas con las de tus otros compañeros, registrando las opiniones que surjan en la siguiente tabla, proponiendo una explicación consensuada a la pregunta planteada.

	¿Qué sucede con la energía asociada a la temperatura del agua en el calorímetro?	¿Qué sucede con la energía asociada a la temperatura del agua en el recipiente de vidrio?
Al cabo de unos minutos		

	En una de las dos configuraciones descritas el pistón alcanza una altura mayor ¿En cuál de las dos crees que sucede esto? Explica este fenómeno en términos de transferencia de energía.
Al introducir el tubo en el agua caliente	

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°3

¿Qué puedes concluir...

...respecto a la conservación de energía?
...respecto a la energía útil, y a los cambios que se pueden generar?

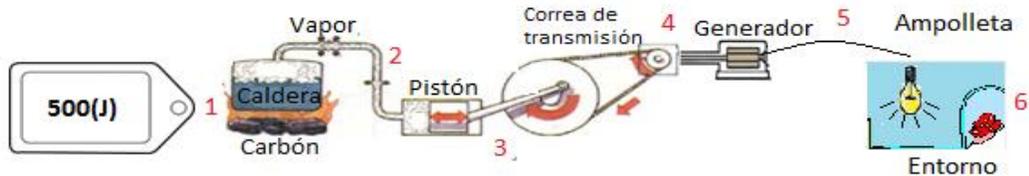
#### 5.-Consensuar un modelo

Realiza una puesta en común con los demás grupos, mencionando las ideas que han aprendido y luego realicen un consenso de éstas con su profesor.

**6.-Utilizar el modelo para explicar un nuevo fenómeno (enviar de tarea)**

- ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya algunas ideas respecto a la conservación y degradación de la energía, analiza la siguiente situación:

Se dispone de 500Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta, como la mostrada en el dibujo, indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Referencia: creación propia

- Con respecto a la actividad 2, anota y mide los datos de presión, volumen y temperatura en cada etapa de la actividad completando la siguiente tabla.

Etapas	Presión (kPa)	Volumen (mL)	Temperatura (K)

- Calcula las variables que se relacionan con la primera ley de la termodinámica para el primer proceso, la primera vez que lo realizaste y la segunda.

Proceso	Nombre del proceso	$\Delta W$	$\Delta U$	$\Delta Q$
->				
->				

¿Cómo podrías interpretar las diferencias en cada una de las variables?

#### Apéndice 4. Indicaciones al docente

### INDICACIONES AL DOCENTE MATERIAL DIDÁCTICO TERMODINAMICA

Nombre:

Curso:

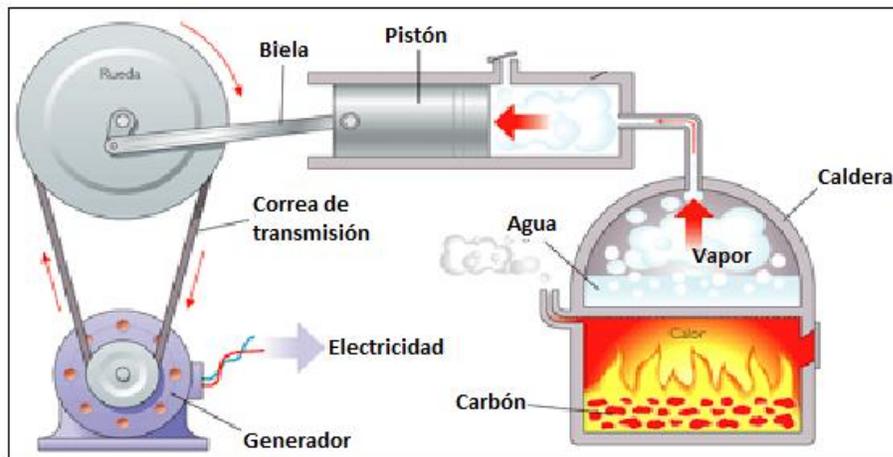
**Aprendizaje esperado:**

Comprender el principio de funcionamiento de máquinas que operan mediante transferencias de energía.

#### ACTIVIDAD N°1

##### 1. Sentir la necesidad de un modelo

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía. Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo en Atacama, Taltal, Tarapacá, Santiago.



Referencia: creación propia

Recomendación al docente: El docente plantea las siguientes interrogantes, motivando la expresión de las ideas que poseen los estudiantes.

1. ¿Qué debería ocurrir para que la termoeléctrica funcione?

Recomendación al docente: Se sugiere al docente que los estudiantes analicen cada parte del sistema.

2. ¿Qué magnitudes físicas asocias a lo largo de esta cadena de cambios?

Recomendación al docente: Se sugiere que el docente incentive que los estudiantes hablen en términos físicos, como lo son la temperatura, presión, fuerzas, energía, entre otros.

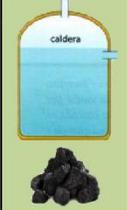
3. ¿La cantidad de energía es la misma al inicio y al final de este sistema? ¿Es igual de aprovechable la energía de la ampolla encendida con la energía asociada al movimiento del pistón para generar nuevos cambios?

## 2. Expresar el modelo y utilizarlo

Si nos enfocamos en el funcionamiento de la termoeléctrica desde su primer proceso, es decir el sistema carbón - agua en la caldera ¿Crees que bastaría tener sólo carbón para que el agua hierva?

A partir de este fenómeno, completa en forma individual la siguiente tabla tratando de dar una explicación a la situación recién descrita.

Recomendación al docente: Hacer hincapié en que esta sección se completa de forma individual.

	<p>¿Cómo se encuentra el carbón?</p> <p><i>Recomendación al docente: Potenciar que los estudiantes se refieran específicamente en términos de la variable que cambia... como la temperatura.</i></p>	<p>Según las características que recién mencionaste, ¿Qué cambios se pueden provocar?</p> <p><i>Recomendación al docente: Hacer énfasis en que las distintas características que nombran los estudiantes hacen referencia a cómo están las cosas es decir a su configuración.</i></p>	<p>Si en ambas situaciones disponemos de una misma cantidad de carbón, entonces:</p> <p>¿A qué asociarías la energía que nos lleva a poder hervir el agua?</p>
 <p>Referencia: creación propia</p>			
 <p>Referencia: creación propia</p>			

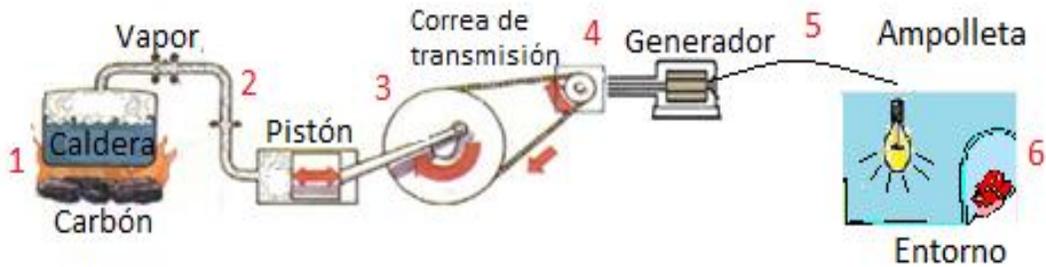
### 3.-Evaluar el modelo

Como no podemos ver en directo el funcionamiento de una central termoeléctrica, te invitamos a explorar y analizar a través de la siguiente simulación, el funcionamiento de este tipo de centrales.

Link: <https://youtu.be/nUDub1aH0jM>

*Recomendación al docente:* Al mostrar la simulación, enfatizar que los estudiantes observen lo que sucede en video y no tomen en cuenta las etiquetas de texto que aparecen en él.

En el siguiente esquema se ilustran las partes que componen una termoeléctrica del tipo vista en la simulación.



Referencia: creación propia

De acuerdo a lo observado, completa la siguiente tabla:

*Recomendación al docente:* Destacar que las dos primeras columnas se responden para cada una de las secuencias del sistema, sin embargo la última debe ser respondida en forma general.

Secuencia del Sistema	¿Cómo se encuentra cada parte del sistema? <i>Recomendación al docente: Pedir que describan la interacción entre las partes.</i>	¿Qué cambios puedes provocar con la configuración asociada a esta interacción?	¿Cómo puedes explicar a qué asociarías la energía que nos lleva a realizar los diferentes cambios, la energía está en las cosas?
1) Carbón – Agua (Caldera)			
2) Vapor Caldera – Pistón			
3) Pistón – Correa de Transmisión			
4) Correa de Transmisión –			

Generador			
5) Generador – Ampolleta			
6) Ampolleta – Entorno			

#### 4.-Revisar el modelo

Te invitamos a contrastar y complementar tus ideas con las de tus otros compañeros, registrando las opiniones que surjan en la siguiente tabla, proponiendo una explicación consensuada a las interrogantes planteadas.

*Recomendaciones el docente:* En esta sección los estudiantes deben compartir sus ideas con sus demás compañeros de grupo y explicitarlas en la tabla. Posteriormente debe rellenarse esta misma en la pizarra, con las respuestas consensuadas a las que han llegado los estudiantes. Si existen ideas confusas, el docente debe dirigir la discusión comparando las ideas de un grupo con otro.

Secuencia del Sistema	¿Cómo se encuentra cada parte del sistema?	¿Cómo puedes explicar a qué asociarías la energía que nos lleva a realizar los diferentes cambios, la energía está en las cosas?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Ampolleta		
6) Ampolleta – Entorno		

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°1

*Recomendaciones el docente:* Se debe verificar que estas conclusiones sean escritas de forma individual.

¿Qué puedes concluir...

...con respecto a la configuración de las partes del sistema?  
...con respecto a que la energía no se encuentra en las cosas?

### 5.-Consensuar un modelo

En conjunto, de sus compañeros y profesor, realicen una puesta en común de sus conclusiones con respecto a la que la energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no es algo que se almacena en los cuerpos.

*Recomendaciones el docente:* En esta sección el docente debe formalizar la idea que se presenta a continuación:

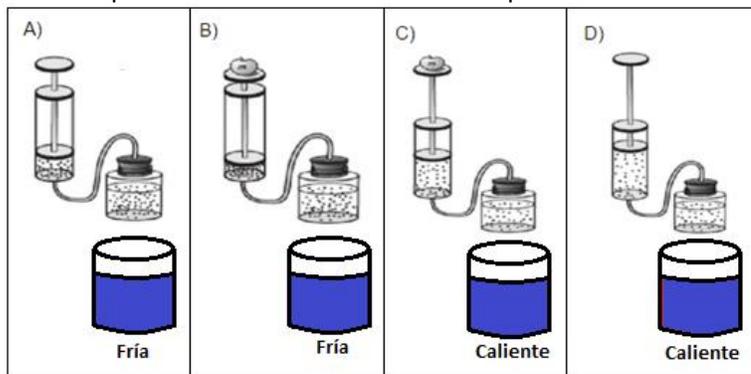
## ACTIVIDAD N°2

### 2. Expresar el modelo y utilizarlo

#### DESDE LO QUE PASA A NUESTRO ALREDEDOR...

Como habrás notado en la actividad anterior los cambios ocurridos en los diferentes procesos de la termoeléctrica fueron asociados a las distintas configuraciones del sistema, es decir, a cómo estaban sus partes.

Como no podemos recrear una termoeléctrica, simularemos un ciclo termodinámico, pero antes imagina que dispones de un pistón conectado a un tubo metálico con aire en su interior. El pistón puede moverse de forma mecánica y también producto de la acción de introducir el tubo en agua a diferentes temperaturas. En relación a esto completa la tabla.



Referencia: creación propia

	<p style="text-align: center;"><b>PREDICCIÓN</b> (individual)</p> <p style="text-align: center;">¿Qué esperas que pase con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas.</p> <p><i>Recomendaciones el docente: Potenciar que los estudiantes de forma individual se refieran a las variables que cambian en cada situación, es decir, temperatura, presión, fuerza, desplazamiento.</i></p>
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo	
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.	
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente	
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón	

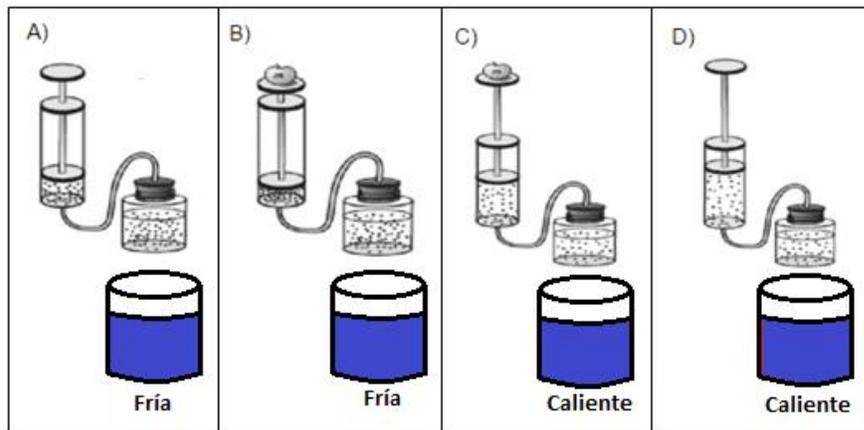
### 3.-Evaluar el modelo

Ya identificaste algunas magnitudes físicas asociadas al ciclo de la termoeléctrica. Para corroborarlas de manera concreta y utilizando los materiales que se detallan a continuación deberás recrear este ciclo termodinámico que simulará el funcionamiento de la termoeléctrica.

Con ayuda de tu profesor/a prepara y realiza el siguiente montaje experimental:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro de aluminio con tapón</li> <li>• Pistón</li> <li>• 2 Vaso de precipitado (1000ml)</li> <li>• Regla métrica</li> <li>• Termómetro o sensor de temperatura</li> <li>• Sensor de baja presión Pasco</li> <li>• Masas (100g y 200g)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hervidor</li> <li>• Hielo</li> <li>• Cubeta para agua</li> <li>• Computador con programa DataStudio</li> <li>• Interfaz Pasco</li> </ul>
--	---

*Recomendaciones el docente: Esta sección se debe realizar de forma grupal. Se fija el pistón a cierto volumen de gas y se cierran las dos válvulas de aire, a continuación se conecta al pistón el cilindro de aluminio y el sensor de baja presión, éste a su vez se conecta a la interfaz; se abre la válvula de aire que va conectada al tubo de aluminio. Se conecta a la interfaz el sensor de temperatura. Desde el computador se inicia el programa DataStudio, se inicia una nueva actividad seleccionando los medidores de presión absoluta y de temperatura en los canales correspondientes. Los vasos de precipitado deben contener agua fría y caliente*



Referencia: creación propia

	OBSERVACIÓN (individual) ¿Qué pasa realmente con el pistón? Utiliza en tu lenguaje las magnitudes físicas involucradas  <i>Recomendaciones el docente:</i> <i>Potenciar que los estudiantes de forma individual se refieran a las variables que cambian en cada situación, utilizando términos como temperatura, presión, fuerza, desplazamiento, entre otros.</i>	INTERPRETACIÓN ¿Por qué crees que pasa esto?  <i>Recomendaciones el docente:</i> <i>Relacionar las magnitudes antes descritas con la energía transferida.</i>
A) El tubo metálico se introduce en el agua con hielo		
B) Manteniéndose el tubo metálico en el agua fría, se pone una masa sobre el pistón.		
C) Manteniéndose la masa sobre el pistón, se cambia el tubo metálico al agua caliente		
D) Manteniendo el tubo metálico en el agua caliente, se saca la masa del pistón		

*Recomendación al docente:* Recordar conectar esta parte de la actividad con la recolección de datos presente en el ejercicio final del material didáctico.

	EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué relaciones existen entre la energía, los cambios que se experimentan en el sistema y las magnitudes físicas que identificaste en el experimento anterior?
Al colocar el tubo en el agua fría	
Al colocar el tubo en el agua caliente	
Al colocar una masa sobre el pistón	
Al sacar la masa sobre el pistón	

**4.-Revisar el modelo**

Te invitamos a contrastar y complementar tus ideas, surgidas de los resultados experimentales, con las de tus otros compañeros, registrando las opiniones que surjan en la siguiente tabla, proponiendo una explicación consensuada a las interrogantes planteadas sin olvidar considerar algunos términos como energía, trabajo, calor, temperatura, fuerza, entre otros.

	EXPLICACIÓN (grupal) ¿Qué relaciones existen entre la energía, los cambios que se experimentan en el sistema y las magnitudes físicas que identificaste en el experimento anterior?  <i>Recomendaciones el docente: guiar la discusión hacia la idea de transferencias de energía por diferencias de temperatura o por la intervención de fuerzas y desplazamientos.</i>
Al colocar el tubo en el agua fría	
Al colocar el tubo en el agua caliente	
Al colocar una masa sobre el pistón	
Al sacar la masa sobre el pistón	

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°2

Recomendaciones el docente: Se debe verificar que estas conclusiones sean escritas de forma individual.

¿Qué puedes concluir...

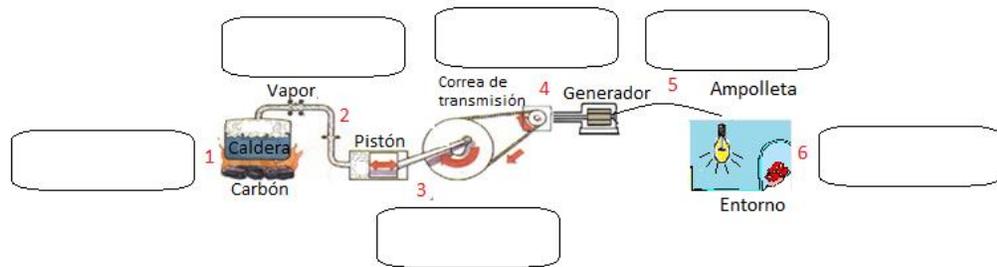
...respecto a qué pasa cuando ponemos dos objetos a diferente temperatura en contacto?  
...respecto a que genera el poner o quitar cuerpos con cierta masa en el mecanismo del pistón?

### 5.-Consensuar un modelo

Realiza una puesta en común con los demás grupos, mencionando las ideas que han aprendido y luego realicen un consenso de éstas con su profesor.

Recomendaciones el docente: En esta sección el docente debe formalizar la idea que se presenta a continuación:

- ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya dominas estas ideas sobre la los mecanismos de transferencia de energía, vuelve a repasar tus ideas y menciona cuales asociarías a cada proceso presente en la termoelectrica.



Referencia: creación propia

### ACTIVIDAD N°3

#### 2. Expresar el modelo y utilizarlo (responden individualmente)

Con el montaje de la actividad experimental anterior lograste identificar que la energía se transfiere en las diferentes partes de los sistemas a través de mecanismo de trabajo y calor. Lo interesante es que podemos utilizar estas transferencias para ir generando nuevos cambios, que sean útiles para nuestras diferentes finalidades.

Centrémonos en el tubo metálico del experimento de la actividad N°2 (conectado al pistón) cuando se introducía en el agua caliente. Imagina que este recipiente de agua caliente es equivalente a la caldera de una central termoelectrica, de modo que a partir de ella se pueden ir generando nuevos cambios, por ejemplo levantar el pistón y que este llegue tan alto que pueda presionar un botón y encender algún artefacto.

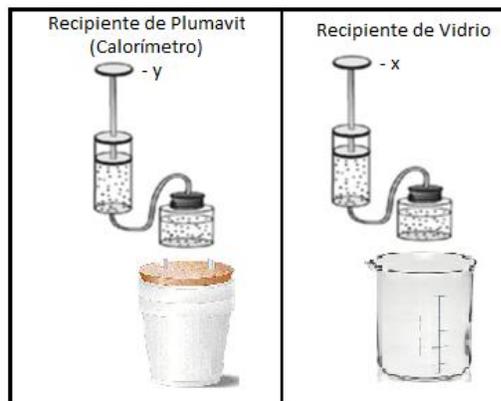
Pensando en estas ideas intenta predecir qué sucederá completando la siguiente tabla:

¿Qué sucedería con la temperatura del agua si cubrimos la caldera con algún material de plumavit o chaleco?	¿Qué sucedería con la temperatura del agua de la caldera si la dejamos abierta al ambiente?	¿En cuál de los dos casos el pistón se elevaría más?

*Recomendación al docente:* Guiar a los estudiantes a introducir el concepto de conservación de energía

### 3.-Evaluar el modelo

Ahora, realiza el montaje de la actividad N°2 correspondiente al proceso donde está involucrada la caldera, utilizando los materiales anteriormente descritos y además dos recipientes: uno de vidrio y otro de plumavit (calorímetro).



Referencia: creación propia

Te invitamos a completar la siguiente tabla, considerando que dejamos ambos recipientes con agua caliente “reposar” durante unos minutos, para luego introducir el tubo metálico en ellos:

	¿Qué sucede con la temperatura del agua en el calorímetro?	¿Qué sucede con la energía asociada a esta configuración?  <i>Recomendación al docente: Guiar a los estudiantes a introducir el concepto de disipación de energía</i>	¿Qué sucede con la temperatura del agua en el recipiente de vidrio?	¿Qué sucede con la energía asociada a esta configuración?
Al cabo de unos minutos				

	En una de las dos configuraciones descritas el pistón alcanza una altura mayor ¿En cuál de las dos crees que sucede esto? Explica este fenómeno en términos de utilidad de la energía.
Al introducir el tubo en el agua caliente	

#### 4.-Revisar el modelo

Te invitamos a contrastar y complementar tus ideas con las de tus otros compañeros, registrando las opiniones que surjan en la siguiente tabla, proponiendo una explicación consensuada a la pregunta planteada.

	¿Qué sucede con la energía asociada a la temperatura del agua en el calorímetro?	¿Qué sucede con la energía asociada a la temperatura del agua en el recipiente de vidrio?
Al cabo de unos minutos		

	En una de las dos configuraciones descritas el pistón alcanza una altura mayor ¿En cuál de las dos crees que sucede esto? Explica este fenómeno en términos de transferencia de energía.
Al introducir el tubo en el agua caliente	

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°3

¿Qué puedes concluir...

...respecto a la conservación de energía?  
 ...respecto a la energía útil, y a los cambios que se pueden generar?

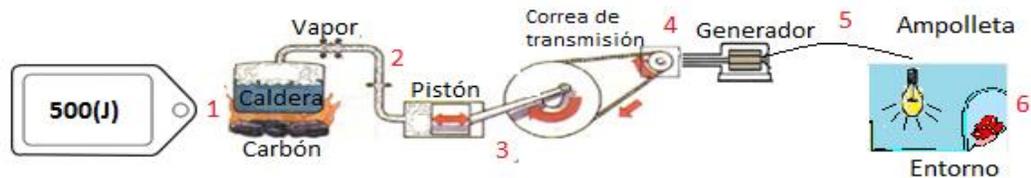
**5.-Consensuar un modelo**

Realiza una puesta en común con los demás grupos, mencionando las ideas que han aprendido y luego realicen un consenso de éstas con su profesor.

**6.-Utilizar el modelo para explicar un nuevo fenómeno (enviar de tarea)**

- ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya algunas ideas respecto a la conservación y degradación de la energía, analiza la siguiente situación:

Se dispone de 500Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta, como la mostrada en el dibujo, indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Referencia: creación propia

- Con respecto a la actividad 2, anota y mide los datos de presión, volumen y temperatura en cada etapa de la actividad completando la siguiente tabla.

*Recomendación al docente:* Recordar conectar este ejercicio con la actividad 2, para que anoten los valores y puedan realizar el análisis matemático y experimental.

Etapas	Presión (kPa)	Volumen (mL)	Temperatura (K)

- Calcula las variables que se relacionan con la primera ley de la termodinámica para el primer proceso, la primera vez que lo realizaste y la segunda.

Proceso	Nombre del proceso	$\Delta W$	$\Delta U$	$\Delta Q$
->				
->				

¿Cómo podrías interpretar las diferencias en cada una de las variables?

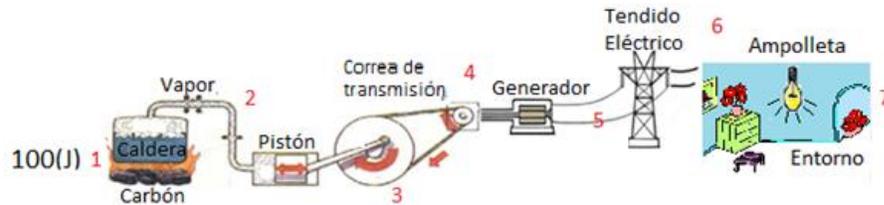
## Apéndice 5. Instrumentos de recolección de datos

### - Preguntas seleccionadas del diseño didáctico N°1

Con respecto a la configuración del sistema se seleccionó la pregunta N°1, la cual se repite al final del material didáctico (pregunta N°13), con el propósito de realizar una comparación entre las ideas de los estudiantes y así identificar si son capaces de describir la configuración de las diferentes partes del sistema y posteriormente asociar la energía a los cambios que se produzcan en ella o bien si la almacenan en algún lugar.

Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía (a través de calor). Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo Atacama, Taltal, Tarapacá, Los Cipreses.

Observa el siguiente esquema en el que se ilustran las partes que componen una termoeléctrica tipo. Luego, responde las preguntas que se presentan.



Fuente: Elaboración propia

Anota en el espacio dado cómo está cada parte de la secuencia del sistema, que energía puedes asociar a cada secuencia y donde está.

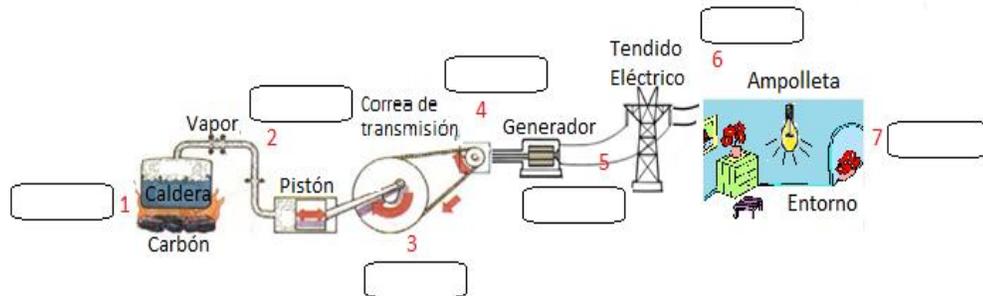
Secuencia del Sistema	Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema.	¿Qué energía puedes asociar? ¿Dónde está?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		

3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Tendido Eléctrico		
6) Tendido Eléctrico – Ampolleta		
7) Ampolleta – Entorno		

**Pregunta N°1 y N°13 del Diseño Didáctico N°1.**

Con respecto a la transferencia de energía se seleccionó la pregunta N°2, la cual se repite al final del material didáctico (pregunta N°14) con el propósito de realizar una comparación entre las ideas de los estudiantes e identificar si reconocen los mecanismos de trabajo y calor en el proceso de funcionamiento de una central termoeléctrica y si pueden asociar esta transferencia a los cambios que ocurren en los sistemas.

Escribe en las etiquetas del dibujo qué mecanismos de transferencia de energía identificas e intenta asociarlos a los cambios que estos producen en el sistema.



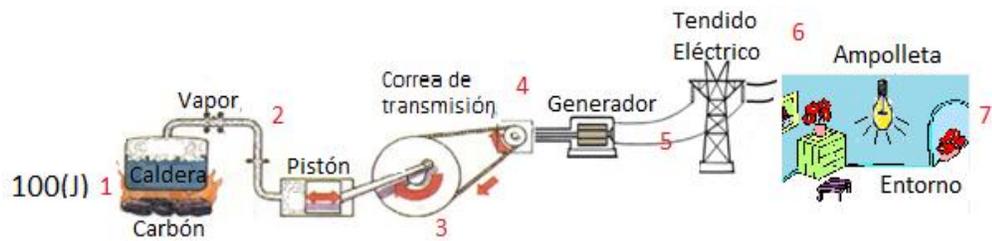
Fuente: Elaboración propia

Etapas	¿Qué cambios se asocian a estas transferencias de energía?
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

**Pregunta N°2 y N°14 del Diseño Didáctico N°1**

Con respecto a la degradación de energía se seleccionó la pregunta N°3, comparando estas respuestas con las ideas de los estudiantes que surgen sobre este tema a lo largo del material didáctico, esperando identificar si reconocen que la energía se degrada, es decir, que pierde utilidad a lo largo del proceso y también mencionando que la energía disponible a lo es de menor calidad en relación a la etapa anterior. También se pretende identificar a través del etiquetado cuantificado de la cantidad de energía si existen nociones de conservación, pérdida o creación de energía a lo largo del proceso.

Se dispone de 100 Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Fuente: Elaboración propia

Si comparamos la energía al inicio y al final del proceso ¿Cómo crees que será su calidad? ¿Crees que toda la energía invertida en la caldera es utilizada para encender la ampollita? Explica.

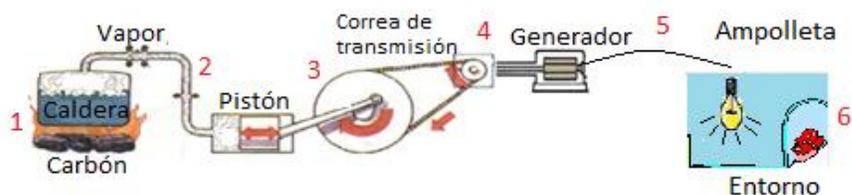
**Pregunta N°3 del Diseño Didáctico N°1**

**- Preguntas seleccionadas del diseño didáctico N°2**

Con respecto a la configuración del sistema se seleccionó la pregunta N°1. Con el propósito de realizar una comparación entre estas ideas con las que surgen, mantienen y/o modifican los estudiantes al finalizar del material didáctico es que se establece la pregunta N°13 considerando la primera y tercera columna de la pregunta N°1, con la intención de identificar si son capaces de asociar la energía a los cambios que se produzcan en la configuración de los sistemas o bien si la almacenan en algún lugar.

**Pregunta N°1.**Una central termoeléctrica es una instalación empleada para producir electricidad a partir de la transferencia de energía (a través de calor). Esta comienza en una caldera pasando por distintos canales de distribución para llegar a las casas de la ciudad. Se les considera las centrales más económicas y rentables, debido al bajo costo de su construcción y los grandes niveles de energía que generan. Su extensión es mundial, pero su impacto ambiental es muy criticado. En Chile, hasta el año 2010 existían más de 100 centrales termoeléctricas, como por ejemplo en Atacama, Taltal, Tarapacá, Santiago.

Observa el siguiente esquema en el que se ilustran las partes que componen una termoeléctrica tipo. Luego, responde las preguntas que se presentan.



Fuente: Elaboración propia

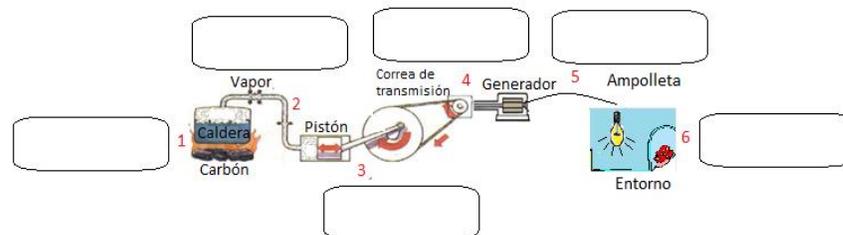
Anota en el espacio dado en la Tabla 1 cómo está cada parte de la secuencia del sistema y a qué asociarías la energía en cada caso.

Secuencia del Sistema	Describe cómo está cada parte de la secuencia del sistema.  (Ej: En una hidroeléctrica el agua cae desde cierta altura)	¿A qué asociarías la energía?
1) Carbón – Agua (Caldera)		
2) Vapor Caldera – Pistón		
3) Pistón – Correa de Transmisión		
4) Correa de Transmisión – Generador		
5) Generador – Ampolleta		
6) Ampolleta – Entorno		

Tabla 1.

**Pregunta N°1 del Diseño Didáctico N°2**

**Pregunta N°13.** Anota en las etiquetas del dibujo los mecanismos de transferencia de energía que asocias a cada secuencia del ciclo y posteriormente escribe en el espacio dado de la Tabla 8 a qué asociarías la energía.



Fuente: Elaboración propia

Secuencia del Sistema	¿A qué asociarías la energía?
1) Carbón – Agua (Caldera)	
2) Vapor Caldera – Pistón	
3) Pistón – Correa de Transmisión	
4) Correa de Transmisión – Generador	
5) Generador – Ampolleta	
6) Ampolleta – Entorno	

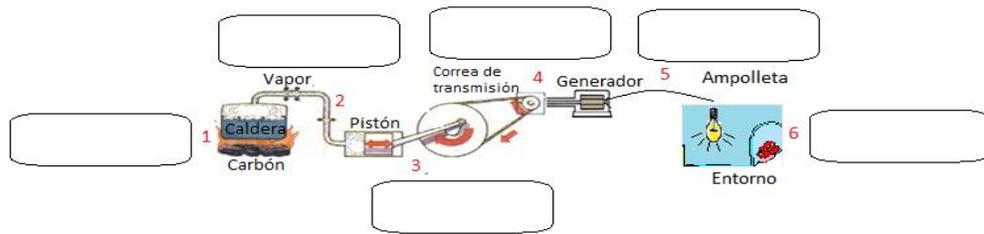
Tabla 8

**Pregunta N°13 del Diseño Didáctico N°2**

Con respecto a la transferencia de energía se seleccionó la pregunta N°2, la cual se repite al final del material didáctico (Pregunta N°13) con el propósito de realizar una comparación entre las ideas que surgen, modifican y/o mantienen los estudiantes e identificar si reconocen los mecanismos de trabajo y calor en el proceso de funcionamiento de una central termoeléctrica y si pueden asociar esta transferencia a los cambios que ocurren en los sistemas.

**Pregunta N°2.** En las cadenas energéticas la energía se va transfiriendo, y se manifiesta a través de cambios en el sistema, que se pueden asociar a diferencias de temperatura o a fuerzas y desplazamientos.

Escribe en las etiquetas del dibujo qué mecanismos de transferencia de energía identificas. Posteriormente describe en la tabla 2 los cambios que se observan en el sistema a causa de cada una de estas transferencias de energía.

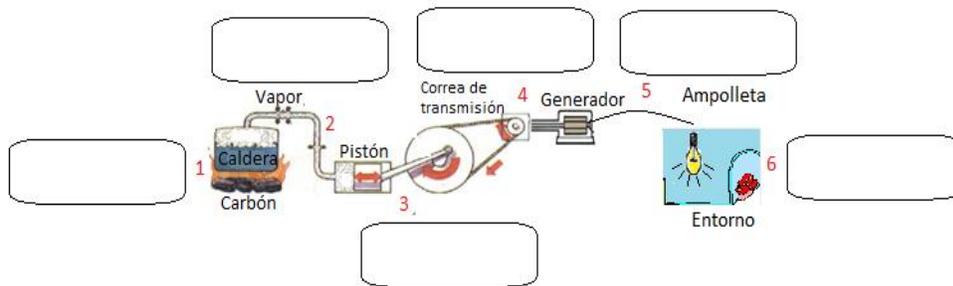


Fuente: Elaboración propia

1	2	3	4	5	6

**Pregunta N°2 del Diseño Didáctico N°2**

**Pregunta N°13.** Anota en las etiquetas del dibujo los mecanismos de transferencia de energía que asocias a cada secuencia del ciclo y posteriormente escribe en el espacio dado de la Tabla 8 a qué asociarías la energía.



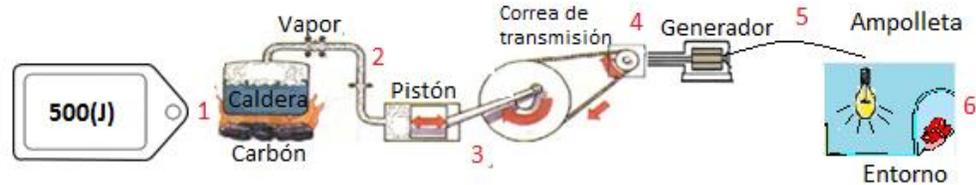
Fuente: Elaboración propia

**Pregunta N°13 del Diseño Didáctico N°2**

Con respecto a la idea de degradación de energía se seleccionó la pregunta N°3 y N°14 del material didáctico, estas con el fin de realizar una comparación en las ideas de los estudiantes al inicio y al final de la implementación. Esto con el fin de identificar si reconocen que la energía se degrada a lo largo del proceso, es decir, que pierde su utilidad; si mencionan que la energía disponible al finalizar una etapa del ciclo es de menor calidad en relación a la etapa anterior y

también si existen nociones de conservación, pérdida o creación de energía a lo largo del proceso.

**Pregunta N°3.** Se dispone de 500 Joule iniciales de energía, asociados al primer estado del sistema. Con la ayuda de una etiqueta, como la mostrada en el dibujo, indica la cantidad de energía que tú crees que se encuentra asociada a cada cambio que ocurre dentro del sistema.



Fuente: Elaboración propia

Si comparamos la energía al inicio y al final del proceso:

¿Cómo crees que será su calidad?, es decir, ¿Crees que la energía que queda al final del proceso puede generar los mismos cambios que la que disponías al inicio? Explica.

¿Crees que toda la energía invertida en la caldera es utilizada para encender la ampolleta? Explica.

#### Pregunta N°3 del Diseño Didáctico N°2

**Pregunta N°14.** ¿Crees que la energía que queda al final del proceso puede generar los mismos cambios que la que disponías al inicio? Explica.

#### Pregunta N°14 del Diseño Didáctico N°2

#### - Preguntas seleccionadas del diseño didáctico Final

La pregunta seleccionada para la recolección de datos en esta etapa corresponde a las conclusiones finales de la actividad número 1 del diseño didáctico Final (Apéndice 3), dirigida a potenciar la idea 1 del seminario de grado. Esta selección se realizó con la finalidad de observar y analizar si ésta actividad acerca o no a los estudiantes a la idea de que la energía es una propiedad asociada a la configuración de un sistema y no se encuentra en las cosas.

Luego de realizar esta actividad en conjunto con tus compañeros, detalla a continuación y de forma individual tus conclusiones con respecto a las ideas que han surgido o se han fortalecido en la actividad N°1

¿Qué puedes concluir...

... respecto a la configuración de las partes del sistema?

... respecto a que la energía no se encuentra en las cosas?

#### Reflexión final de la actividad 1 del Diseño Didáctico Final.

## Anexo

### Anexo 1. Diseño Inicial Tradicional

Este anexo corresponde al diseño Inicial Tradicional de la asignatura de termodinámica de la carrera de Pedagogía en Educación de Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile, sin modificaciones ni refinamientos.

#### LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS

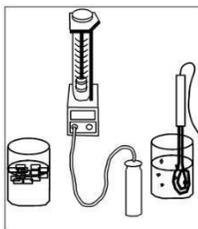
#### EXPERIENCIA Nº 5: “MÁQUINAS TÉRMICAS”

**OBJETIVO:** Analizar el principio de funcionamiento de máquinas que operan mediante la conversión de energía calórica en otras formas de energía.

**INTRODUCCIÓN:** En este taller se realizarán una serie de actividades que están diseñadas para lograr una mejor comprensión de las máquinas térmicas y la segunda ley de la termodinámica.

#### Actividad 1: Máquinas Térmicas

**Materiales e Instrumentos:** Aparato para estudio de las leyes de los gases y de la máquina de calor, calorímetro o termo, cilindro de aluminio con tapón, vaso de precipitado ~1000 ml para hielo y agua, regla métrica, termómetro, sensor de baja presión Pasco, pie de metro, masas (100g y 200g), hervidor, hielo y 1 cubeta para agua, computador, programa Data Studio e Interfaz Pasco.



#### PROCEDIMIENTO:

- Prepara el montaje experimental mostrado. El agua en el calorímetro deberá mantenerse a  $\sim 70^{\circ}\text{C}$ .
- Lleva el extremo del pistón en el interior del tubo hasta una posición intermedia (baja) de la escala de éste.
- Verifica el buen funcionamiento del pistón del aparato antes de realizar cualquier toma de datos introduciendo alternadamente y varias veces la cámara de aire en el calorímetro y en el matraz con hielo y agua. El pistón debería subir y bajar suavemente.
- Diseña una estrategia para ejecutar el ciclo a-b-c-d que se muestran en la figura y para medir cada una de las variables termodinámicas involucradas. Esta estrategia debería iniciarse con el pistón en una posición baja y su realización se resume en las etapas indicadas en el esquema siguiente:

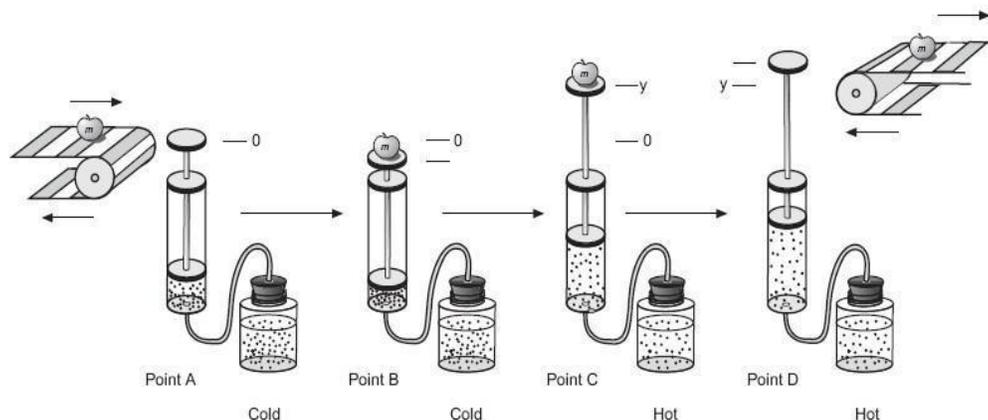


Figure 5.3. A simplified diagram of the mass lifter heat engine at different stages of its cycle.

- En la siguiente tabla anota los valores de Temperatura (T), Presión (P) y Volumen (V) de cada estado, determina la ecuación de estado para gases  $PV/T=nR$  y a partir de su resultado encuentra el número de moles n:

Estado	T[K]	P[Pa]	V[m <sup>3</sup> ]	(PV) /T	N
a					
b					
c					
d					

- En la siguiente tabla anota los valores iniciales y finales de T, P y V de cada proceso, el trabajo realizado en él, describe los cambios que se producen e indica el nombre de las transformaciones en cada caso.

Transformación	Ti	Tf	Pi	Pf	Vi	Vf	W	Descripción de la transformación y su nombre
a → b								
b → c								
c → d								
d → a								

- Dibuja en un gráfico P (V) el ciclo termodinámico.

- Con la información obtenida determina, si es posible, el trabajo total realizado por la máquina, su eficiencia y las variaciones de entropía.

- De no tener medidor de presión, ¿Cómo podrías determinarla en cada punto? Calcúlala y compara con los valores obtenidos por el sensor.